



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

**SOLUNUM KASLARINA YÖNELİK ISINMA
EGZERSİZLERİNİN AEROBİK VE ANAEROBİK GÜÇE
ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

Mustafa ÖZDAL

**Samsun
Nisan-2015**



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

**SOLUNUM KASLARINA YÖNELİK ISINMA
EGZERSİZLERİNİN AEROBİK VE ANAEROBİK GÜCE
ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

Mustafa ÖZDAL

Danışman
Yrd.Doç.Dr. Özgür BOSTANCI

Samsun
Nisan-2015

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mustafa ÖZDAL tarafından Yrd.Doç.Dr. Özgür BOSTANCI danışmanlığında hazırlanan Solunum Kaslarına Yönelik Isınma Egzersizlerinin Aerobik ve Anaerobik Güce Etkisi başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 03/04/2015 tarihinde yapılan sınav ile Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalında DOKTORA Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Seydi Ahmet AĞAOĞLU, Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Üye : Yrd.Doç.Dr. Özgür BOSTANCI, Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Üye : Prof.Dr. Mehmet EMİRZEOĞLU, Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Üye : Doç.Dr. Önder DAĞLIOĞLU, Gaziantep Üniversitesi



Üye : Doç.Dr. Burçin ÖLÇÜCÜ, Gaziosmanpaşa Üniversitesi



ONAY:

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

.... / /

Doç.Dr. Aydın HİM
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Solunum kaslarına yönelik ısınma egzersizlerinin aerobik ve anaerobik güce etkisini incelediğim bu çalışmanın her aşamasında elindeki imkanları tereddütsüz paylaşan; ilgisini, bilgisini ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli büyüğüm, rehberim ve danışmanım Yrd.Doç.Dr. Özgür BOSTANCI'ya;

Lisansüstü eğitimim boyunca bilgisini paylaşmaktan çekinmeyen ve desteğini her zaman hissettiğim Gaziantep Üniversitesi B.E.S.Y.O. Öğretmenlik Bölüm Başkanı ve Öğretim Üyesi Doç.Dr. Önder DAĞLIOĞLU'na;

Tez çalışmam boyunca elindeki imkanları ve test araçlarını kullanmama izin veren ve her aşamada bilgisiyle destek olan Gaziantep Üniversitesi B.E.S.Y.O. Müdürü ve Öğretim Üyesi Doç.Dr. Mürsel BİÇER'e;

Akademik hayatımın her aşamasında rehberliği ve önderliği ile yol gösteren Gaziantep Üniversitesi Rektör Yardımcısı ve Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı başkanı kıymetli hocam Prof.Dr. Ali GÜR'e;

Desteğini her an yanımda hissettiğim yol arkadaşım, sevgili eşim Ayşenur ÖZDAL'a;

Hayatımın her safhasında dualarıyla destekçi ve zor anlarımda dayanağım olan annem Sabriye ÖZDAL ve rahmetli babam Mehmet ÖZDAL'a;

BİDEB “2211 Yurt İçi Doktora Burs Programı” aracılığıyla sağladığı destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkürü borç bilirim.

ÖZET

SOLUNUM KASLARINA YÖNELİK ISINMA EGZERSİZLERİNİN AEROBİK VE ANAEROBİK GÜCE ETKİSİ

Amaç: Bu çalışmada solunum kaslarına yönelik ısınma egzersizlerinin aerobik ve anaerobik güce olan etkisinin araştırılması planlanmıştır.

Materyal ve Metot: Çalışmamızda erkek elit hokeyciler (n:30, yaş: 20,50±1,98 yıl) kontrol ve deney olmak üzere aerobik (K_{AE} , D_{AE}) ve anaerobik (K_{AN} , D_{AN}) uygulamalarına; başlangıç, kontrol ve deney olmak üzere maksimal inspiratuar basınç (MIP) (başlangıç, K_{MIP} , D_{MIP}) ve maksimal ekspiratuar basınç (MEP) (başlangıç, K_{MEP} , D_{MEP}) uygulamalarına katıldı. Kontrol uygulamalarında sadece genel ısınma yapıldı. Deney uygulamalarında ise genel ısınmaya ilave, %40 MIP şiddetinde 2 kez 30 nefeslik solunum kası ısınma egzersizi yapıldı. Aerobik güç ergospirometre ile, anaerobik güç Wingate bisikleti ile ölçüldü. Parametreler arasında ilişkinin belirlenmesi için Pearson korelasyonu ve uygulamalar arasındaki farkın analizi için tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi, Bonferroni düzeltme testi ve bağımlı t-testi uygulandı.

Bulgular: Başlangıç MIP ile D_{MIP} arasında %8,83 ($p<0,05$), D_{MIP} ile K_{MIP} arasında %7,87 ($p<0,05$); başlangıç MEP ile D_{MEP} arasında %4,72 ($p<0,05$), D_{MEP} ile K_{MEP} arasında %3,68 ($p<0,05$) artış görüldü. D_{AE} ve K_{AE} uygulamaları arasında $MaxVO_2$ 'de %18,84 ($p<0,05$), relatif $MaxVO_2$ 'de %19,51 ($p<0,05$), $\Delta VO_2/\Delta WR$ değerinde %9,53 ($p<0,05$), metabolik eşdeğerde %15,54 ($p<0,05$) artış hesaplandı. D_{AN} ve K_{AN} uygulamaları arasında peak power %8,89 ($p<0,05$), relatif peak power %9,62 ($p<0,05$), average power %2,42, relatif average power %2,61, minimum power %0,16, relatif minimum power %1,00, power drop %14,35 ($p<0,05$), %power drop %3,99 artış, time to peak %28,83 ($p<0,05$) düşüş gösterdi.

Sonuç: Sonuç olarak solunum kası ısınma egzersizlerinin; anaerobik kapasiteyi etkilemediği; solunum kas kuvvetini arttırdığı; solunum kası yorgunluğunu geciktirmesi sebebiyle aerobik gücü olumlu etkilediği; core bölgesinin ısınmasıyla peak power değerine ulaşma süresini kısaltarak anaerobik gücü olumlu etkilediği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Aerobik güç; Anaerobik güç; Isınma; Solunum kası

Mustafa ÖZDAL, Doktora Tezi

Ondokuz Mayıs Üniversitesi - Samsun, Nisan-2015

ABSTRACT

**EFFECT OF RESPIRATORY WARM-UP ON
AEROBIC AND ANAEROBIC POWER**

Aim: Aim of this study was investigate to effect of respiratory warm-up exercises on aerobic and anaerobic power.

Material and Method: Male elite hockey players (n:30, age:20.50±1.98 year) participated in aerobic (C_{AE} , E_{AE}) and anaerobic (C_{AN} , E_{AN}) trials as control and experimental, and participated in maximal inspiratory pressure (initial, C_{MIP} , E_{MIP}) and maximal expiratory pressure (initial, C_{MEP} , E_{MEP}) trials as initial, control and experimental in this study. General warm-up was used solely in control trials. In addition to general warm-up, respiratory warm-up that had twice with 30 breaths of %40 intensity of MIP was performed in experimental trials. Aerobik power was measured via ergospyrometer; anaerobic power was measured via Wingate bike. Pearson correlation was used to determine relation among parameters, and paired samples t-test, repeated measures one way ANOVA and Bonferronni tests were used for analysis of trials.

Results: Increment were found between initial MIP and E_{MIP} by 8.83% ($p<0.05$), E_{MIP} and C_{MIP} by 7.87% ($p<0.05$); initial MEP and E_{MEP} by 4.72% ($p<0.05$), E_{MEP} and C_{MEP} by 3.68% ($p<0.05$). Increasing in $MaxVO_2$ by 18.84% ($p<0.05$), relative $MaxVO_2$ by 19.51% ($p<0.05$), $\Delta VO_2/\Delta WR$ by 9.53% ($p<0.05$), and metabolic equivalent by 15.54% ($p<0.05$) were found in aerobic parameters between E_{AE} and C_{AE} . In anaerobic parameters between E_{AN} and C_{AN} respectively, time to peak was decreasing by 28.83% ($p<0.05$); and increment were found in peak power by 8.89% ($p<0.05$), relative peak power by 9.62% ($p<0.05$), average power by 2.42%, relative average power by 2.61%, minimum power by 0.16%, relative minimum power by 1.00%, power drop by 14.35% ($p<0.05$) and %power drop by 3.99%.

Conclusion: As a result, it can be said that respiratory warm-up has positive effect on respiratory muscle strength, and on aerobic power due to delayed respiratory muscle fatigue, and on anaerobic power due to shorten time to reach peak power with warming up core area of body. However, such warm-up does not affect anaerobic capacity.

Keywords: Aerobic power; Anaerobic power; Respiratory muscle; Warm-up

Mustafa ÖZDAL, Ph. D. Thesis
Ondokuz Mayıs University - Samsun, April-2015

SİMGELER VE KISALTMALAR

ADP	Adenozin difosfat
AMP	Adenozin monofosfat
ATP	Adenozin trifosfat
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
CP	Kreatin fosfat
D	Deney uygulaması (D _{AE} , D _{AN} , D _{MIP} , D _{MEP})
dk	Dakika
gr	Gram
H ₂ O	Su
K	Kontrol uygulaması (K _{AE} , K _{AN} , K _{MIP} , K _{MEP})
kg	Kilogram
kPa	Kilopascal
lt	Litre
m	Metre
MaxVO ₂	Maksimal oksijen tüketimi
MEP	Maksimal ekspiratuar basınç
MET	Metabolik eşdeğer
MIP	Maksimal inspiratuar basınç
ml	Mililitre
mmol	Milimol
ms	Milisaniye
O ₂	Oksijen
P	Fosfat
p	İstatistiksel anlamlılık
rpm	Dakikadaki devir sayısı
S.S.	Standart sapma
sn	Saniye
VCO ₂	Karbondioksit atılımı
VKİ	Vücut kütle indeksi
VO ₂	Oksijen tüketimi
W	Watt

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
ABSTRACT	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Enerji Metabolizması	3
2.1.1. Aerobik Enerji Metabolizması	4
2.1.2. Anaerobik Enerji Metabolizması	6
2.1.3. Enerji Sistemlerinin Etkileşimi	9
2.1.4. Kısa Süreli Egzersizde Enerji Metabolizması	11
2.1.5. Uzun Süreli Egzersizde Enerji Metabolizması	12
2.1.6. Hokeyde Enerji Metabolizması.....	13
2.1.7. Aerobik Güç.....	13
2.1.8. Anaerobik Güç	15
2.2. Solunum Sistemi	17
2.2.1. Solunum Sistemi Organları.....	18
2.2.2. Solunum Mekaniği.....	18
2.2.3. Solunum Kasları	19
2.2.4. Solunum Kas Kuvveti	21
2.3. Solunum Sistemi ve Egzersiz	22
2.3.1. Solunum Sisteminin Egzersize Uyumu	22
2.3.2. Solunum Kası Egzersizleri.....	25
2.3.3. Egzersiz Solunum İlişkisi	27
2.4. Isınma.....	29
2.4.1. Isınmanın Etkileri	29
3. MATERYAL VE METOD	31
3.1. Çalışmanın Kapsamı	31
3.2. Verilerin Toplanması	32
3.2.1. Isınma Prosedürü	32
3.2.2. Solunum Kas Kuvvetinin Belirlenmesi	34

3.2.3. Aerobik Gücün Belirlenmesi	34
3.2.4. Anaerobik Gücün Belirlenmesi	35
3.3. İstatistiksel Yöntem	37
4. BULGULAR.....	38
5. TARTIŞMA.....	49
5.1. Tanımlayıcı Veriler.....	49
5.1.1. Yaş	49
5.1.2. Boy Uzunluğu	50
5.1.3. Vücut Ağırlığı	50
5.1.4. Vücut Kitle İndeksi.....	51
5.2. Solunum Kas Kuvveti.....	51
5.3. Aerobik Güç.....	55
5.4. Anaerobik Güç.....	61
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR	66
EKLER	82
ÖZGEÇMİŞ	83

1. GİRİŞ

Sporda başarılı olmanın yolu, branşa ve sporcuya özgü antrenmanların doğru planlanmasının yanı sıra bilimsel yöntemlerin uygulanmasından ve sporcuların performanslarının düzenli olarak takip edilmesinden geçmektedir. Günümüz bilimsel araştırmaları, egzersizin tüm bileşenlerini inceleyerek, performansa etki eden fiziksel ve psikolojik etkilerin tamamını ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçların antrenörler tarafından takip edilmesinin, müsabaka öncesi oyuncu seçiminde ve başarıda önemli rol oynayacağı göz ardı edilemeyecek bir gerçektir (Özdal, 2012).

Isınma genellikle spora ya da egzersize katılmadan önce uygulanır. Yapılacak olan egzersizin çeşidi ve kullanılan enerji sistemine göre şekillendirilen ısınma, kas ısısını arttırmak ve egzersize adaptasyon sağlamak için kullanılır (Alkaş, 2006). Yeterli ısınma, performansı arttırdığı gibi sakatlanmalar için proaktif bir yöntemdir (Karakurt, 2000). Sporcudan iyi verim alabilme, sakatlıklardan koruma ve sporcuyu yüklenmelere fizyolojik ve psikolojik yönden hazırlama çalışması olarak tanımlanan ısınmanın, performansı arttırdığı, biyomekanik, nörolojik ve psikolojik mekanizmalar sonucu kas hasarı riskini azaltma aracı olarak kullanıldığı da bilinmektedir (Weerapong, 2005; Köse, 2014). Genel ısınma ile ilgili çalışmalar özelleştikçe son yıllarda inspiratuar kas ısınması, respiratuar ısınma ya da solunum kası ısınma egzersizlerine yer verilen çalışmalar da ortaya çıkmış ve performansa olan olumlu etkisinden bahsedilmiştir (Volianitis ve ark., 2001a; Tong ve Fu, 2006; Lin ve ark., 2007; Leicht ve ark., 2010).

Solunum sistemi kişinin aerobik kapasitesinin temel göstergesi olarak kabul edilmektedir (Yılmaz, 2001). Gerek günlük yaşamda gerekse de iş ve performans kapasitesinin belirlenmesinde önemli dayanaklardan biri olarak kabul edilen solunum sisteminin verimliliği sportif performans açısından önemli bir yer tutmaktadır (Erkal, 2000). Sportif etkinlik sırasında dokuların oksijen gereksinimi arttıkça, solunum sisteminden vücuda gelen oksijen miktarının da artması şarttır. Dokuların ihtiyacının artması, oluşan karbondioksit fazlası ve metabolik ısının tolere edilmesi için solunum sistemi düzenli ve yeterli çalışmak zorundadır (Fox ve ark., 2012).

Solunum sisteminin düzenli ve yeterli çalışabilmesi mekanik olarak solunum kaslarının çalışma kapasitesine bağlıdır (Kantanson ve Jalayondeja, 2010). Egzersiz sırasında solunum kasları devreye girer özellikle de göğüs kafesini yükselten kaslar

inspirasyona yardımcı olur. Bu solunum kaslarının gücü ve etkisi sayesinde respiratuar hava akışı en yüksek seviyesine ulaşabilir (Ergen ve ark., 2002; Weineck, 2002; Bostancı, 2009). Ayrıca, egzersizin başında kaburga kemiklerinin yanlarında aniden oluşan ve sporcular arasında dalak şişmesi olarak adlandırılan ağrı hissinin solunum kaslarındaki hipoksiden, özellikle de m.diaphragma ve m.intercostalis externi/interni kaslarındaki iskemiden kaynaklandığı düşünülmektedir (Fox ve ark., 2012). Bu açıdan solunum kası ısınma egzersizleri proaktif bir yöntem olarak kendini göstermektedir.

Bu bilgiler ışığında, solunum sisteminin egzersizdeki önemi araştırmacılar tarafından ortaya koyulmuş ve sistemin önemli yapılarından solunum kaslarının ısındırılmasının da performans açısından gerekli olduğu belirtilmiştir (McConnell ve ark., 1997; Volianitis ve ark., 1999; Volianitis ve ark., 2001a; Tong ve Fu, 2006; Lin ve ark., 2007). Çünkü solunum kası ısınma alıştırmaları, egzersiz toleransını geliştirir ve solunum kaslarının güç üretiminin artışında etkili olur (Volianitis ve ark., 2001b). Bu olgunun egzersiz fizyologları tarafından gün geçtikçe daha çok araştırılıyor olması solunum kaslarının performans açısından önemini ortaya koymaktadır.

Literatürde son yıllarda solunum kası antrenmanı akut ve kronik açıdan solunum yolu merkezli hastalarda ve sporcularda sportif performansa fizyolojik etkileri açısından kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır (McConnell ve Lomax, 2006; Gigliotti ve ark., 2006; Romer ve ark., 2006; Mota ve ark., 2007; Johnson ve ark., 2007; Witt ve ark., 2007; Geddes ve ark., 2008; Tong ve ark., 2008; Chiappa ve ark., 2009; Tong ve ark., 2010; Kilding ve ark., 2010; Goosey-Tolfrey ve ark., 2010; Hill ve ark., 2010; Forbes ve ark., 2011; Illi ve ark., 2012; Brown ve ark., 2012; HajGhanbari ve ark., 2013; Mišic ve ark., 2013; Guy ve ark., 2014). Solunum kası antrenmanı araştırmaları ile karşılaştırıldığında solunum kası ısınma egzersizlerinin performansa olan etkisi üzerine yapılan çalışmaların yetersiz kaldığı görülmektedir. Özellikle de ülkemizde solunum kası ısınma egzersizlerine dair bilimsel çalışmanın olmaması dikkat çekicidir.

Eldeki bu bilgilere dayanarak, çalışmamızın amacı solunum kası ısınma egzersizlerinin sportif performansın önemli belirleyicileri olan aerobik ve anaerobik kapasiteye ve solunum kas kuvvetine etkilerinin incelenmesidir. Bu amaç ile elde edilecek sonuçların spor literatürüne ve antrenörler için antrenman uygulamalarına katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Enerji Metabolizması

Enerji, bir sistemin iş yapabilme kapasitesidir. Bu sistemlerden biri de iskelet kaslarıdır. İskelet kasları kimyasal bağ enerjisini mekanik enerjiye çeviren biyolojik sistemlerdir. İş yapabilme veya ortaya koyabilme yeteneği olarak ifade edilen enerji, insan organizmasında bir işin yapılabilmesi için besinlerle alınmış ya da depolanmış olan maddelerin potansiyel enerjilerinin kimyasal reaksiyonlarla mekanik enerjiye dönüşmesiyle ortaya çıkmaktadır (Ergen ve ark., 2002).

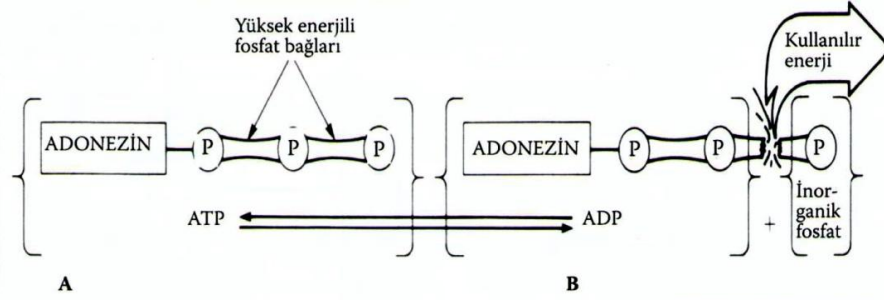
İnsan organizması üç durumda enerjiye gereksinim duyar;

1. Bazal metabolizma
2. Fiziksel aktivite
3. Besinlerin spesifik dinamik etkisi (Kuter ve Öztürk, 1999)

Enerji vücudumuzda kimyasal maddelerin kombinasyonu olarak depolanır. Bunlar adenzin trifosfat (ATP), kreatin fosfat (CP), karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerdir. Bu maddeler kimyasal moleküllerin kombinasyonlarıdır (Ünlü, 2008).

İnsan organizmasının egzersize yapısal ve fonksiyonel olarak adaptasyonu oldukça kolaydır (Clegg, 2002). Enerji, antrenman ve yarışma sırasında fiziksel etkinliklerdeki verimlilik düzeyi için gerekli öncüdür (Bompa, 2001). Bütün enerji besinleri hücrelerde yıkıma uğrarlar. Ancak yıkım zamanları ve süreleri farklılık gösterir (Dündar, 1998). Aldığımız besinler metabolizmada oksijen (O_2) yardımı ile karbondioksit (CO_2), su (H_2O) ve kimyasal enerjiye dönüşürler. Ancak bu parçalanma ile elde edilen enerji doğrudan iş yapımına yetmeyecektir. Elde edilen bu enerji ATP'nin oluşturulmasında kullanılır (Fox ve ark., 2012).

ATP'nin moleküler yapısında bir adenzin ve üç fosfat grubu mevcuttur. Son iki fosfat grubu arasında 7300 kalorilik yüksek enerji bağı bulunmaktadır. Bu bağ kimyasal olarak parçalandığında enerji açığa çıkar ve ATP adenzin difosfata (ADP), ikinci bağı da parçalanmasıyla adenzin monofosfata (AMP) çevrilir ve birer serbest fosfat (P) meydana çıkar (Şekil 1). Bu enerji kas hücrelerinin iş yapabilmeleri için kullanabilecekleri tek enerji şeklidir (Guyton ve Hall, 2013).



Şekil 1. A) ATP'nin yapısı, B) ATP/ADP dönüşümü ve enerji oluşumu (Fox ve ark., 2012'den uyarlanmıştır)

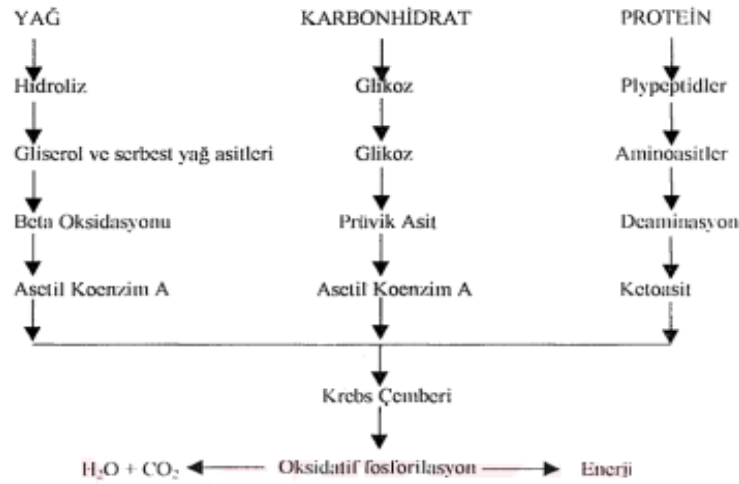
Hücrelerde sadece ATP'nin parçalanmasıyla meydana gelen enerji kullanılmaktadır. Kişinin günlük aktivitelerine bağlı olarak sürekli yenilenen ATP miktarı sınırlıdır (Ergen, 1993). Kaslarda, iyi antrene sporcular da dahil olmak üzere, maksimal kas kasılmasını ancak 1-2 saniye sürdürebilecek ATP miktarı bulunmaktadır (Kılınç ve ark., 1998). Bu sebeple ATP depolarının sürekli yenilenmeleri gerekmektedir. ATP depolarının yenilenmesi şu enerji sistemleri yardımıyla gerçekleşmektedir;

1. ATP-CP veya Fosfojen sistemi,
2. Laktik asit veya Anaerobik Glikoliz,
3. Aerobik enerji veya Oksijen sistemi (Baltacı ve ark., 2006; Sönmez, 2002).

ATP-CP ve laktik asit sistemleri oksijensiz ortamda ATP yenilemesi yaptığı için "anaerobik sistem" olarak adlandırılır. Oksijen sistemi ise ATP depolarının yenilenmesini oksijenli ortamda sağladığı için "aerobik sistem" olarak bilinmektedir (Kuter ve Öztürk, 1998). Kimyasal açıdan en basit sistem ATP-CP sistemidir ve sadece CP'nin parçalanmasını gerektirir. Diğer iki sistemde ise glikoz gibi moleküller parçalanarak enerji açığa çıkarılır. CP ve besin maddelerinin parçalanması ile elde edilen enerji ATP yapımı için kullanılır. Bu olay çifte reaksiyonlar serisi olarak adlandırılmaktadır (Baltacı ve ark., 2006).

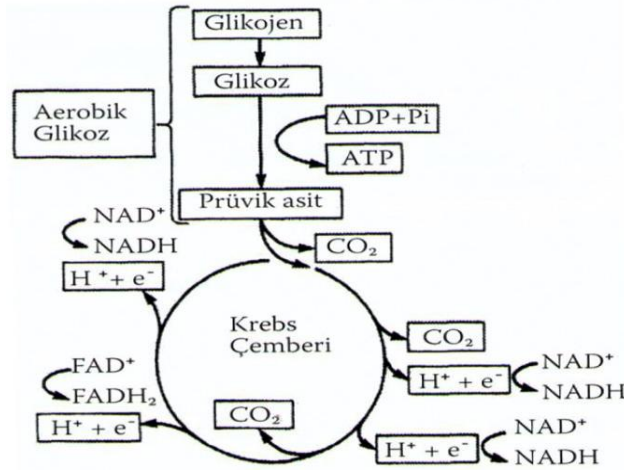
2.1.1. Aerobik Enerji Metabolizması

Aerobik enerji metabolizması mitokondrilerde besin maddelerinin enerji sağlamak için oksidasyonu ile gerçekleşir. Oksijenli ortamda besin maddelerinin parçalanması ile H₂O ve CO₂ açığa çıkar (Şekil 2) ve enerji elde edilir (Konopka, 2000).



Şekil 2. Aerobik enerji üretim şeması (Günay, 1998'den uyarlanmıştır)

Oksijenin varlığında glikoz molekülü tamamen parçalanarak H_2O , CO_2 ve 39 mol ATP yenilemeye yetecek enerji açığa çıkarır. Bunun yaklaşık 3 molü anaerobik yoldan elde edilir (Fox ve ark., 2012). Aerobik enerji yolunda 1 mol glikojen 2 mol pirüvik aside çevrilir. Bu basamak sarkoplazmada gerçekleşir ve burada 3 mol ATP üretilir. Aerobik sistemde ATP üretimi mitokondride meydana gelir ve pirüvik asit 2 karbonlu yapı olan Coenzim-A'ya dönüşerek krebs siklusuna girer (Günay, 1998).



Şekil 3. Krebs siklusunu/dönüşümünü (Fox ve ark., 2012'den uyarlanmıştır)

Şekil 3'teki bu dönüşüm, bazen reaksiyonlardaki bazı kimyasal bileşiklerden dolayı trikarboksilit (TCA), bazen de sitrik asit dönüşümü olarak adlandırılır. Krebs dönüşümü anında CO_2 oluşur, elektron taşınması gerçekleşir ve ATP ortaya çıkar. CO_2 ayrışınca 3'lü karbon bileşiği olan pirüvik asit 2'li karbon bileşiği olan asetil grubuna

dönüşür. Bu asetil grubuna bir coenzim-A ile birleşerek asetil-coenzim-A'yı oluşturur. Bu sırada CO₂ açığa çıkar. Meydana gelen CO₂ kan yoluyla akciğerlere taşınarak vücuttan dışarı atılır (Dündar, 1998).

Pürivik asit karbon ve hidrojen yüklü bir bileşiktir. Hidrojen atomu bileşikten ayrılır. Sonuç olarak H iyonu ve (-) yüklü elektron ortaya çıkar. Bu tepkime sonucunda yükseltgenme gerçekleşir. Hidrojen iyonunun kopması sonucu yükseltgenen tepkimedeki karbon ve oksijen birleşerek karbondioksiti oluşturur. Krebs siklusundaki pürivik asit karbondioksit oluşumuyla indirgenir (Dündar, 1998). Krebs devri sonucu ortaya çıkan H iyonu solunum yoluyla alınan serbest oksijen ile birleşerek suyu meydana getirir. Suyun meydana gelmesinde elektron taşıma sistemi ve solunum zinciri ortaklaşa görev alır ve tepkime mitokondride gerçekleşir (Günay, 1998).

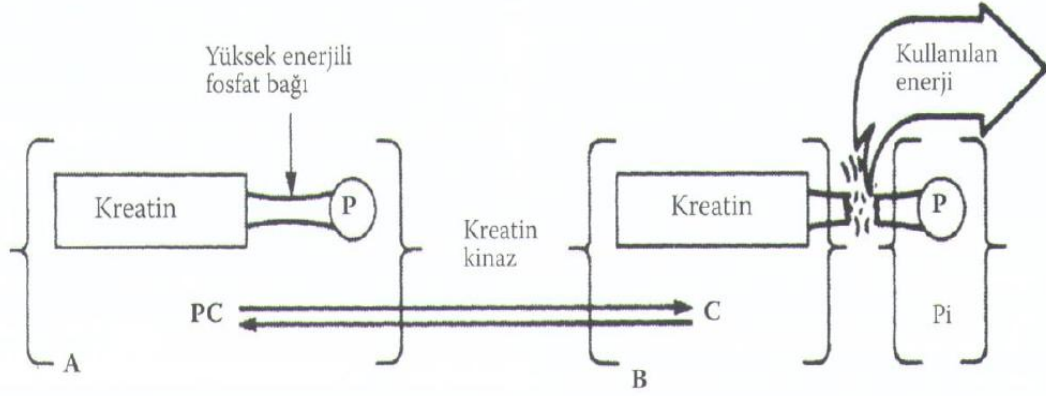
Elektron taşıma sisteminde dört hidrojen iyonu, dört elektron ve oksijen birleşerek 2 molekül su meydana getirirler. Suyun birleşmesi sonucu enerji açığa çıkar ve bu enerji ATP sentezinde kullanılır. Aerobik metabolizma, 1 mol glikojenden 39 mol ATP, 1 mol yağ asidinin yıkımından da 130 mol ATP üretebilmektedir (Günay, 1998).

2.1.2. Anaerobik Enerji Metabolizması

Anaerobik enerji sistemi, oksijensiz ortamda ATP-CP ve laktik asit sistemiyle enerji üretilmesi sonucu kısa olan egzersizlerde vücudun enerji ihtiyacının karşılanmasıdır (Dündar, 1998).

ATP-CP Sistemi (Alaktik sistem, Fosfojen sistemi)

ATP ve CP'nin her ikisi de fosfat grubu içerdiği için fosfojen olarak adlandırılırlar ve bu sisteme, ATP-CP sistemi ya da alaktik sistem denildiği gibi fosfojen sistemi de denir (Beyaz, 1997). ATP-CP sistemi şiddetli bir fiziksel aktivite durumunda kasta depolanabilen ATP ile sadece küçük bir miktar enerjinin çok hızlı bir biçimde ortaya çıkmasını zorunlu kılar (Akgün, 1989). ATP'nin yeniden sentezi için ADP molekülüne bir fosfat grubu eklenmesi gerekir. CP de fosfat ve kreatin gruplarına hidrolize olurken önemli miktarda enerji serbestlenmesine neden olur. CP kas hücrelerinde depolanan yüksek enerji bağı içeren bir bileşiktir ve parçalandığında (Şekil 4) önemli miktarda enerji açığa çıkar (Fox ve ark., 2012).



Şekil 4. A) CP yapısı B) Enerji oluşumu (Fox ve ark., 2012'den uyarlanmıştır)

Kas içerisinde ATP'nin üç katı kadar CP bulunur. Fosfojen sisteminde açığa çıkan enerji ATP'nin yüksek enerji bağlarıyla yenilenmesi için gerekli enerjiyi kolaylıkla sağlayabilir. Kas içerisinde depo halde bulunan CP miktarı sınırlıdır. Çok şiddetli ve 10 saniyeden kısa süren egzersizlerde kas kasılması için gerekli olan enerjinin önemli bir kısmı bu yolla sağlanmaktadır (Güneş, 2009). Bu sistemde oksijene ihtiyaç duyulmaz. Bu nedenle ATP-CP sistemi kasların kullandığı ATP'nin en hızlı elde edildiği sistemdir. Bu sisteme alaktik anaerobik metabolizma adı da verilmektedir (Günay, 1998).

ATP-CP sistemi sayesinde patlayıcı güç gerektiren anlık hareketler, sürat, çabuk kuvvet ve kombine spor dallarında oyunun belli bölümlerinde verim elde edilir. Bu sistem halter, atlama, atma gibi etkinlikler için temel enerji kaynağıdır. Zincirleme reaksiyona gerek olmaması, solunum sistemi ile alınan oksijenin kaslara gitmesine gerek duyulmaması ve CP'nin kasta depolanmış bir molekül olması ATP-CP sisteminin avantajlarıdır (Dündar, 1998).

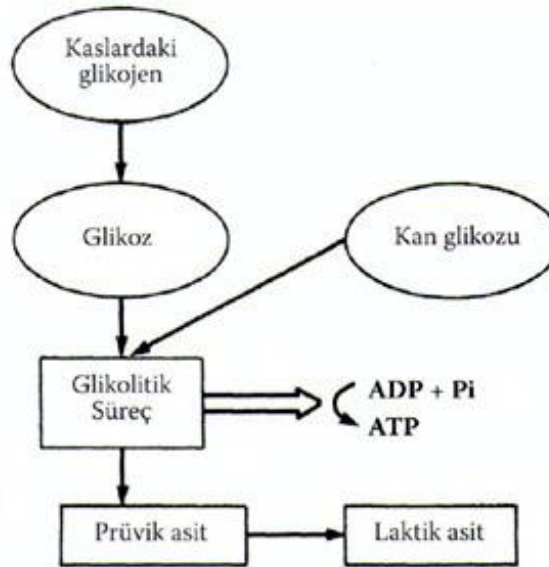
Laktik Asit Sistemi

Bu sistem Alman bilim adamları Gustov Embdlen ve Otto Meyerhof tarafından bulunmuştur. Genel olarak glikojenin anaerobik ortamda parçalanması olarak özetlenir ve enerji üretilirken glikoz kullanılır (Günay, 1998).

Vücudumuz karbonhidratları glikoza dönüştürür. Glikoz kaslarda ve karaciğerde glikojen olarak depolanır. Kaslarda depolanan glikojen kullanım aşamasında glikoza dönüşür (Kuter ve Öztürk, 1998).

Anaerobik glikoliz 1 glikoz molekülünün 2 mol laktik aside yıkılması işlemidir (Şekil 5). Anaerobik glikoliz sonucunda laktik asit ortaya çıkar (İmren, 1977). Laktik asit daha sonra kas hücrelerinden interstisyel sıvıya ve kana difüze olur. Laktik asit, kas ve kanda yüksek yoğunluğa ulaşırsa yorgunluğa yol açar. Asit, ortamdaki pH'ı düşürür ve mitokondrideki bazı enzim aktivitelerini engelleyerek karbonhidratların yıkım hızını azaltır (Ergen, 1993). Glikozun bu yolla parçalanması tam değildir ve çok az sayıda ATP üretir (1 mol glikojenden 3 mol ATP).

Glikoliz aerobik ortamda gerçekleştiğinde 38-39 mol ATP elde edilmektedir ancak anaerobik glikoliz aerobik glikolizden 2,5 kat daha hızlı oluşur. Laktik asit sisteminde, fosfojen sistemi kadar hızlı olmasa da, hızlı bir şekilde ATP yenilenmesi söz konusudur (Guyton ve Hall, 2013). Yaklaşık 2-3 dakikalık maksimum düzeyde devam eden 400-800 metre gibi egzersizlerde enerji daha çok bu yolla sağlanmakta ve ATP-CP ve laktik asit sistemi ile birlikte ATP oluşturulmaktadır (Kin, 1994).



Şekil 5. Laktik asit sistemi (Fox ve ark., 2012'den uyarlanmıştır)

Anaerobik glikolizle elde edilen ATP miktarı aslında 3 mol'den daha azdır. Bu, yorucu antrenman anında yorgunluk ortaya çıkmadan önce kaslar ve kanda en fazla 60 ile 70 gr arası laktik asit tolere edilmesinden kaynaklanmaktadır. Eğer 180 gr glikojenin tümü reaksiyona girseydi 180 gr laktik asit oluşacaktı. Bu sebeple uygulama sırasında kandaki ve kaslardaki laktik asit yorgunluğa neden olan seviyeye ulaştığında sadece 1-2 mol ATP yenilenmiş olduğu görülür (Dündar, 1998).

2.1.3. Enerji Sistemlerinin Etkileşimi

Aşağıdaki tablodan anlaşılacağı üzere aerobik sistemin oksijen ihtiyacı vardır. Enerji üretim hızı yavaş ancak ATP üretimi sınırsızdır. Anaerobik sistemlerin ise oksijen ihtiyacı yoktur enerji üretim hızları yüksek ancak ATP üretimi sınırlıdır. Egzersiz durumunda ATP-CP sistemi 10-15 sn süreyle enerji üretimi yapabilmekte sonrasında 45 sn'den 2 dk'ya kadar yüksek enerji ihtiyacında laktik asit sistemi devreye girmektedir. Oksijen borçlanmasının düzene girmesi ile birlikte aerobik enerji sisteminin kullanılmaya başlanması ardından enerji üretimi egzersizin sonuna kadar devam edebilmektedir (Günay, 1998).

Tablo 1. Enerji sistemlerinin karşılaştırılması (Günay, 1998'den uyarlanmıştır)

Enerji Sistemi	Oksijen ihtiyacı	Enerji üretim hızı	ATP üretimi	Enerji üretim süresi
Aerobik	Var	Yavaş	Sınırsız	Sınırsız
ATP-CP	Yok	Çok hızlı	Sınırlı	10-15 sn
Laktik asit	Yok	Hızlı	Sınırlı	45 sn – 2 dk

Egzersiz sırasında, enerji kaynakları etkinliğin yoğunluğuna ve süresine göre kullanılır. Çok kısa etkinlikler dışında birçok spor branşında değişen düzeylerde iki enerji sistemi kullanılır. Egzersiz sırasında baskın enerji kaynağının ne olduğu kanda biriken laktik asit miktarına göre belirlenir (Günay, 1998; Bompa, 2001).

Kandaki 4 mmol laktik asit eşiği, anaerobik ve aerobik sistemlerin ATP'nin yeniden bileşim haline gelmesine eşit ölçüde katkıda bulduklarını gösterir. Kandaki 4 mmolden fazla miktardaki laktik asit değeri aerobik sistemin egzersizde kullanıldığını belirtir. Kandaki belirleyici faktörler dışında dakika kalp atım sayısına göre de enerji metabolizması belirlenebilir. Dakika atım sayısı 168-170 altındaki değerlerde aerobik sistem, bu rakamların üstündeki değerlerde anaerobik ve laktik asit sisteminin baskın olduğu görülmektedir (Bompa, 2001).

Parçalanmanın ya da iki enerji sisteminin eşit katılımlarının egzersize başladıktan 60-70 sn sonra olduğu bilinmektedir. Yoğun etkinliğin ilk dakikası sonunda aerobik sistemin katkısı %47'dir. Anaerobik egzersiz yapan sporcunun aerobik kapasitesi yüksekse toparlanma süresi aerobik kapasitesi düşük olan sporcuya oranla daha çabuk gerçekleşir (Bompa, 2001).

Tablo 2. Farklı spor dallarında enerji sistemleri (Bompa, 2001'den uyarlanmıştır)

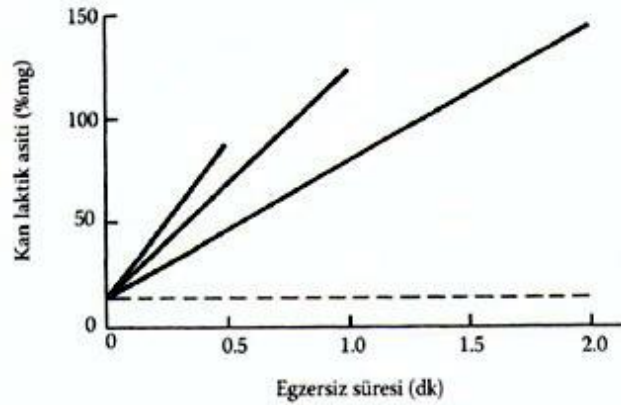
Spor branşı	Dal	ATP-CP (%)	Laktik asit (%)	Aerobik (%)
Hokey (Fox ve ark., 2012)		60	20	20
Golf (Fox ve ark., 2012)		95	5	0
Okçuluk		0	0	100
Atletizm	100m	49,50	49,50	1
	200m	38,27	56,69	5,05
	400m	26,70	55,30	18
	800m	18	31,40	50,60
	1.500m	20	55	25
	3.000m engelli	20	40	60
	5.000m	10	20	70
	10.000m	5	15	80
	Maraton	0	5	90
	Atlamalar	100	0	0
Atmalar	100	0	0	
Beyzbol		95	5	0
Basketbol		80	20	0
Futbol		95	5	0
Hentbol		80	10	10
Dalgıçlık		100	0	0
Motor Sporları		0	0-15	85-100
Binicilik		20-30	20-50	20-30
Artistik Patinaj		60-80	10-30	20
Eskrim		90	10	0
Jimnastik		90	10	0
Buz hokeyi		80-90	10-20	0
Judo		90	10	0
Kürek		2	15	83
Yelken		0	0-15	85-100
Atıcılık		0	0	100
Kayak	Alp	80	20	0
	Kuzey	0	5	95
Yüzme	100m	23,95	51,10	24,95
	200m	10,70	19,30	70
	400m	20	40	40
	800m	10	30	60
	1.500m	10	20	70
Tenis		70	20	10
Voleybol		80	10	10
Su Topu		30	40	30
Güreş		90	10	0

İstirahat sırasında, düşük yoğunluklu ve uzun süreli dayanıklılık sporlarında ağırlıklı olarak yağ oksidasyonu ile enerji sağlanır. Enerji yağ oksidasyonu ile sağlanıyorsa etkinlik %100 aerobiktir ve anaerobik komponenti yoktur. Bu durumda her litre O₂ alım değerine karşılık gelen ısı 19,6 kJ değerindedir. Bu değer üzerinde ısı oluşumu var ise devreye anaerobik glikoliz girmiş demektir (Yıldız, 2012).

Tablo 2’de sunulduğu gibi spor dallarının bazılarında kullanılan enerji sistemini kestirmek zordur. Örnek olarak 1500 mt ve 3000 mt koşularında aerobik ve anaerobik yollar ile sağlanan enerji yüzdesi hemen hemen birbirine eşittir. 1500 mt yarışında anaerobik yoldan sağlanan enerji biraz daha fazladır (Günay, 1998).

2.1.4. Kısa Süreli Egzersizde Enerji Metabolizması

Yüklenme süresi 2-3 dk’ya kadar devam eden çalışmalar kısa süreli egzersizler olarak gruplanır (Dündar, 2004). Kısa süreli egzersizlerde anaerobik sistem baskındır. ATP ihtiyacının büyük kısmı fosfojen sistem ve anaerobik glikoliz yoluyla karşılanır. CP miktarında aşırı azalma olur ve egzersiz bitimine kadar aynı düşük seviyede kalır. Toparlanma esnasında çabuk yenilenir (Dündar, 1998).



Şekil 6. Maksimal egzersizlerde egzersizin süresine göre laktik asit oluşumu (Fox ve ark., 2012’den uyarlanmıştır)

Anaerobik enerji metabolizması devam ettiği sürece laktik asit oluşumu artmaya başlar (Şekil 6). Fermantasyon için glikoz sağlayan glikojen kullanılmadıkça laktik asit birikimi doruğa ulaşır. Yüksek seviyedeki asidoz ortam kas kasılmasını engeller. Depolanmış glikojenin tüketilmesi ise kasta enerji üretimi sağlayan maddenin tükendiğini göstermektedir. Bu değişiklikler yorgunluğa neden olur ve sonunda egzersiz

sonlandırılmak zorunda kalınır ya da egzersizin şiddeti büyük oranda azaltılır. Bundan dolayı sporcularda başarı, laktik asit toleransının yükseltilmesiyle gerçekleştirilir (Günay, 1998).

Anaerobik egzersizler sonucunda, ATP ve CP'nin kaslardaki depoları ve ATP-CP sisteminde aktif olan enzimlerin aktivitesi artar. Enzimlerin ATP-CP'de rol alış süreleri de çoğalır ve enerjinin geri dönüşüm süresi kısalmır. Glikolitik enzimlerin aktiviteleri ile glikojenin laktik aside dönüşme hızı ve miktarı yükselir. Bu yüzden laktik asit sisteminden elde edilen enerji artar (Fox ve ark., 2012).

2.1.5. Uzun Süreli Egzersizde Enerji Metabolizması

Aerobik sistemin kullanılmasında kişilere göre değişiklik gösteren kriterler bulunmaktadır. Kişilerdeki aerobik kapasitenin üst sınırı farklılık gösterir. Aerobik enerji sistemi, egzersize başladığınız andan itibaren ilk 2-3 dk içerisinde devreye girmez. Vücuttaki kimyasal ve fizyolojik adaptasyon için belirli bir sürenin geçmesi gerekmektedir (Fox ve ark., 2012).

10 dk ve daha fazla süreyi kapsayan egzersizler aerobik sistemi temsil eder. Bu yüzden egzersizlerin kalitesi ve düzeyi maksimum oksijen tüketimi ($MaxVO_2$) ile yakından ilişkilidir. Bu faaliyetlerde besin kaynağı karbonhidratlar ve yağlardır. Antrenmanın süresine göre kullanılan besin ögesi değişim göstermektedir. Antrenman süresi bir saatin üzerine çıktığında vücuttaki yağ tüketiminde artış olmaktadır. Sporcuların antrenman durumu, vücutta bulunan kas fibrillerinin dağılımı ve antrenman öncesi vücuttaki glikojen depolarının durumu egzersiz sırasında kullanılan yağ ve karbonhidratların devreye giriş sürelerini etkilemektedir (Dündar, 1998). Düşük şiddetteki egzersizlerde vücut aerobik olarak çalışmakta ve enerji üretiminin yarısından fazlasını yağlardan karşılamaktadır. Egzersiz şiddeti arttıkça karbonhidratlar temel enerji kaynağı olarak metabolizmaya dahil olmaktadır (Peker, 1998).

Aerobik sistemin temelini oluşturan krebs devri ve elektron taşıma sistemindeki enzimlerin konsantrasyonu ve etkinliği artar. Egzersizin ilerleyen zamanlarında yağların oksidasyonunda yükselme meydana gelir. Buna bağlı olarak intramüsküler trigliserit kaynakları ve yağ hücrelerinden serbest yağ asitlerinin ayrışma hızı yükselir. Ayrışan yağ asitlerinin taşınmasında rol alan enzimlerin de aktivitesi etkilenir. Dayanıklılık antrenmanları sonucunda kasların trigliserit depolarında ve

miyogloblin içeriğinde belirgin bir çoğalma meydana gelir. Aynı zamanda karbonhidratların oksidasyonundaki yükselmeye bağlı olarak mitokondrilerin sayısı, hacmi ve zar kalınlığı çoğalır (Mutlubaş, 1999).

Hızının belirli bir düzeyde devam ettirilmesi gereken orta ve uzun mesafe koşularında sporcu yarışa çok hızlı başlar ya da bitirişe yakın depara erken başlarsa kan ve kasta laktik asit birikimi çok yüksek seviyeye çıkabilir. Daha da önemlisi glikojen depoları yarışın hemen başında tükenir. Egzersizin şiddeti gereksiz yere yükseltirse anaerobik enerji sistemi daha fazla çalışır ve laktik asit miktarı kanda çabuk yükselir. Yorgunluk erken oluşur ve performans azalır (Tamer, 1995). Uzun süren çok hafif egzersizlerde laktik asit dinlenirken olduğundan yüksek değildir. Bunun nedeni sabit oksijen tüketimi bölümüne ulaşılmadan önce gerekli ATP'nin tek başına fosfojen sistemi tarafından karşılanabilmesidir. Bu faaliyetlerde yorgunluk 6 saat ya da daha uzun bir süreden önce görülmez (Dündar, 1998).

2.1.6. Hokeyde Enerji Metabolizması

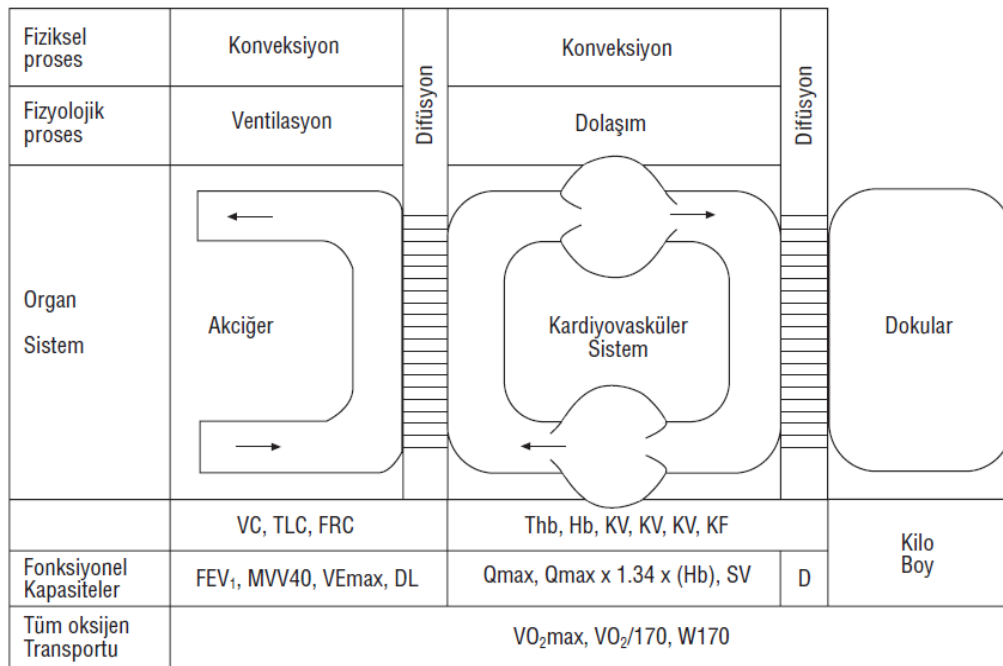
Hokey fiziksel uygunluğun tüm unsurlarını içeren bir spor dalıdır. Hokey oyuncusunun ihtiyacı olan özellik kısa ve uzun mesafede hızlı olabilmektir. Başarılı bir hokey oyuncusu oyun süresi boyunca yüksek seviyede aerobik ve anaerobik kapasiteye sahip olmalıdır. Hokey aralıklı yüklenmeler içeren bir spor dalıdır ve bir hokeycinin maç boyunca ortalama 12 km mesafe koştuğu belirtilmiştir (Taverner, 2005). Hokey, kapalı ve açık alan olarak oynanan bir spor olup kapalı alan için oyun süresi 40 dk, açık alan için oyun süresi 70 dk'dır. Hem aralıklı yüklenmeleri içermesi hem de oyun süresi açısından bakıldığında enerji ihtiyacının hokey sporundaki etkileşiminin; %60 ATP-CP sistemi, %20 laktik sistem ve kalan %20 ise aerobik sistem olduğu düşünülmektedir (Fox ve ark., 2012).

2.1.7. Aerobik Güç

Aerobik güç, maksimal egzersiz esnasında bir dakikada tüketilen maksimal oksijen miktarı ($MaxVO_2$) olarak tanımlanır ve kişinin vücudunda O_2 taşıma (Şekil 7) yeteneği ile sınırlanır (Kalyon, 1995). Maksimal oksijen transportu, kardiorespiratuar sistem ve kas dokusunun oksijen kullanım kapasitesi olarak da adlandırılır (Karakaş, 1991; Yıldız 2012).

Aerobik güç ayrıca, kardiovasküler sistem kapasitesinin önemli bir indeksidir ve aerobik kapasitenin birim zamandaki değeridir (Yıldız, 2012). Bir kilogram vücut ağırlığının bir dakikada tüketebildiği oksijen miktarı bize maksimal aerobik gücü verir. Bir sporcunun MaxVO₂'si ne kadar yüksekse o kadar uzun süreli egzersiz yapabilir (Bucher, 1983; Karakaş, 1991).

MaxVO₂ yağsız vücut kitlesi başına hesaplandığında erkek ve bayan arasındaki aerobik kapasite farkının küçük olduğu görülür. Bu küçük fark bayanlarda hemoglobinin sayısının az oluşundan kaynaklanmaktadır (Şahin, 2008). Yeterli süre ve şiddetteki antrenmanların kardiorespiratuar dayanıklılığın bir göstergesi olan MaxVO₂'yi büyük oranda artırdığı bilinmektedir (Türkmen ve ark., 1995). Antrenmanın niteliği ve miktarına bağlı olarak MaxVO₂'deki gelişme %5 ile %30 arasında olabilir (Hickson ve ark., 1981; Gaesser ve Rich, 1984).



Şekil 7. Oksijen taşıma sistemi: Oksijen transport sistemi: VC-Vital kapasite, TCL-Total akciğer kapasitesi, FRC-Fonksiyonel rezidüel kapasite, THb-Total hemoglobin, Hb-Hemoglobin konsantrasyonu, KV- Kan volümü, KV-Kalp volümü, KF-Kalp frekansı, FEV₁-Zorlu ekspiratuar volüm 1.sn, MVV40-maksimal istemli solunum 40 vuru/dak., VEmax- VO₂ tayini sırasında maksimal dakika ventilasyon, D-akciğer difüzyon kapasitesi, Qmax-maksimal kalp debisi, SV-Kalp atım hacmi, VO₂max-Maksimal oksijen uptake, VO₂/170 ve W170- 170 vuru/dakika kalp hızlarındaki oksijen uptake (Yıldız, 2012'den uyarlanmıştır)

Yüksek aerobik kapasitenin mümkün kıldığı hızlı toparlanma bir becerinin çok sayıda tekrarının önemli olduğu sporlarda veya çok sayıda çalışma devrelerinin olduğu takım sporlarında önemlidir. Yüksek aerobik kapasite pozitif olarak anaerobik kapasiteye transfer olabilir. Eğer bir sporcu aerobik kapasitesini geliştirirse anaerobik kapasitesi de gelişecektir. Çünkü sporcu oksijen borcuna girmeden uzun süre fonksiyon yapabilecektir ve oksijen borcuna girdikten sonra da çok kısa bir sürede toparlanacaktır (Kuter ve Öztürk, 1991).

Ayrıca son zamanlarda dayanıklılık antrenmanlarında belirleyici unsur olarak düşünülen anaerobik eşik kavramı ortaya çıkmıştır. Egzersizin şiddeti arttıkça kaslara taşınan oksijen miktarı da artmakta ve ihtiyaç duyulan enerji aerobik mekanizmalar tarafından karşılanmaktadır. Egzersiz şiddeti belirli bir noktayı aştığında aerobik mekanizma yetersiz kalmakta ve anaerobik mekanizmalar devreye girmektedir. Tamamlayıcı olarak anaerobik sistemin devreye girdiği egzersiz şiddetine anaerobik eşik denir. Kanda fazla miktarda laktik asit birikmeden uzun süreli iş yapabilme olarak da adlandırılır. Son çalışmalarda benzer MaxVO₂'lerinin yüksek bir yüzdesini kullandıklarını göstermiştir (Porsuk, 1999).

Aerobik güç oluşumuna etki eden faktörler şunlardır;

- Genetik
- Kondisyon düzeyi
- Cinsiyet
- Yaş
- Antrenman tipi
- Vücut kompozisyonu (Yıldız, 2012, Bucher, 1983).

2.1.8. Anaerobik Güç

Maksimal ve supramaksimal fiziksel aktivite sırasında iskelet kaslarının anaerobik enerji transfer sistemlerini kullanarak meydana getirdiği işe anaerobik kapasite, bu işin birim zamandaki değeri ise anaerobik güç olarak ifade edilir (Yıldız, 2012).

Anaerobik iş, patlayıcı gücün ortaya konması anlamına gelen anaerobik eşik değerinin üzerinde bir iş yükü olup yorgunluk ile kendini gösteren bir fiziksel aktivite

tipidir. Anaerobik iş yüküne fazla devam edilemez. Bunun nedeni iskelet kaslarının normal oksijen metabolizmalarının çok üzerinde bir anaerobik metabolizma ile çalışmalarından kaynaklanmaktadır. Bu durumda kas ve kan laktat seviyesi artar ve biriken laktatın tamponlanması akciğerlerden CO₂ atılımını artırır ve pH düşmesi nedeniyle kaslarda yorgunluk meydana gelir (Myers ve Ashley, 1997; Yıldız, 2012).

Anaerobik güç maksimum çabaya ihtiyaç duyan sporlar için ve submaksimal eforların başlangıç safhasında enerji, oksijenin yokluğunda anaerobik sistem tarafından üretilir (Kuter ve ark., 1992).

Fiziksel aktivite, tam bir oksijen alımı olmadan yapılıyorsa veya çalışma sonunda alınan oksijen ile alınması gereken oksijen arasında %6'dan fazla bir fark meydana geliyorsa bu tip çalışmalara anaerobik çalışmalar denir (Riezebos, 1983).

Spor branşlarının türlerine göre aktivite sırasında kullanılan enerji sistemleri değişiklik göstermektedir. Egzersizin şiddeti ve süresi anaerobik sistemin devreye giriş yüzdesini belirler. En şiddetli egzersizden sonra bile kullanılan ATP miktarı istirahat seviyesinin ancak %40'ı oranındadır (Noble, 1986).

Aynı şekilde aktivitenin türü ve süresi de kullanılan enerji kaynağına etki eder. Aktivitenin süresi 4 ile 8 sn kadar ise kullanılan enerji CP'dir. 8 sn ile 3-5 dk kadar devam eden bir aktivite ise kullanılan enerji glikojendir (Yıldız, 2012).

Yüksek aerobik kapasite anaerobik kapasiteyi de etkileyebilir. Sporçunun, oksijen borçlanmasına ulaşmadan önce daha uzun aktivite yapabilmesi ve oksijen borcuna eriştikten sonra ise daha kısa sürede toparlanmanın sağlanması olarak ifade edilir (Bompa, 2001).

Medbo ve Burgers (1990), altı haftalık uygun antrenman programıyla anaerobik kapasitenin %10, bir yıl ya da daha fazla anaerobik antrenman ile de anaerobik kapasitenin %30 attırabileceğini savunmaktadırlar.

Anaerobik güce etki eden faktörler:

- ATP resentez hızı
- Kondisyon düzeyi
- Kas glikojen depolarının doluluk oranı
- Aerobik kapasite

- Antrenman tipi
- Cinsiyet
- Vücut kompozisyonu
- Yaş (Yıldız, 2012).

2.2. Solunum Sistemi

Hemen hemen tüm canlı hücreler hayatta kalabilmek için oksijene ihtiyaç duyarlar. Günlük yaşamımızda iş ve performans kapasitesini belirlemede önemli dayanaklardan biri solunum sistemidir. Solunum sisteminin verimli olması kişinin etkinliğini artırır (Erkal, 2000).

İnsan besinsiz birkaç hafta, susuz birkaç gün yaşayabilirken, oksijensizliğe ya da solunum durmasına en fazla 3-6 dk dayanabilir. Solunum otomatik olarak yapılan istem dışı bir aktivitedir. Sağlıklı yetişkin biri günde 14.000-15.000 kez nefes alır. Özellikle kalp ve beyin sürekli olarak oksijene ihtiyaç duyar (Bostancı, 2009). Yaşamımızın temel unsuru olan solunum sistemi, dolaşım sistemi ile birlikte hücrelere aralıksız olarak oksijenden zengin kan sağlar (Yılmazer, 2001).

Vücudumuzun ihtiyacı olan enerjinin üretilebilmesi için vücut hücrelerine O₂ sağlanması ve metabolik reaksiyonlar sonucu oluşan CO₂ vücuttan uzaklaştırılması gereklidir. Solunum sisteminin temel fonksiyonu, vücut hücrelerinin gereksinimi olan O₂ dış ortamdan alınıp, kana verilmesi ve hücrelerde oluşan CO₂ kandan alınarak dış ortama verilmesi ile gerçekleşir. Ayrıca solunum organları sayesinde;

- Solunan havadaki yabancı maddeleri filtrelenir,
- Karbonun yakılması sonucunda ortaya çıkan CO₂ yanında su buharı ve ısıda oluşur. Ortaya çıkan bu ısının yardımıyla 36,5-37,5°C vücut ısısı sağlanır,
- Solunum yollarından geçen havanın titreşimleri sonucunda ses oluşturulur,
- Koklama duyusu sağlanır ve kan pH'ı düzenlenir,
- Akciğerlerde hava ile kan arasındaki gaz alışverişi sağlanır (Akgün, 1975; Aktümsek, 2001).

Solunum dört büyük fonksiyonel olayla gerçekleşir. Bunlar;

1. Akciğerdeki hava kesecikleri ile atmosfer havası arasındaki gaz değişimi (pulmoner ventilasyon),

2. Solunum membranı yolu ile akciğer alveollerindeki oksijenin akciğer kapilleri içindeki kana, kandaki karbondioksitin de yine aynı yolla alveollerde geçişi yani difüzyonu (dış solunum/alveolar solunum),

3. Gerekli oksijeni hücrelere taşımak ve oluşan karbondioksiti hücrelerden uzaklaştırmak üzere kanda ve vücut sıvılarında oksijen ve karbondioksitin taşınması yani transport (iç solunum),

4. Solunumun regülasyonu şeklindedir (Aktümsek, 2001).

2.2.1. Solunum Sistemi Organları

Solunum sistemi (Şekil 8), solunum yolları (burun, farinks, larinks, trakea, bronşlar), akciğerler, mediastinum, plevra ve solunum kasları (diafragma ve diğerleri) ile bu yapılarla ilgili afferent ve efferent sinirlerden oluşur (Demirel ve Koşar, 2002; Bostancı, 2009; Guyton ve Hall, 2013).

Akciğer dokusu içinde, solunumun gerçekleştiği çok sayıda küçük hava keseleri (alveoller) bulunur. Toraks, plevra ve kaslar, solunum yapmak için akciğerlerin genişleyip daralmasını sağlarlar. Akciğerler, hareket yapma bakımından pasif karakterde olup, bunlara hareket verdiren aktif organlar göğüs kafesi ile solunum kaslarıdır. Solunum organlarının yapısal karakterinden birisi bunların çoğunun duvarında kıkırdak iskelet olmasıdır. Bu yüzden büzülmezler ve içlerinde sürekli hava bulunur (Demirel ve Koşar, 2002).

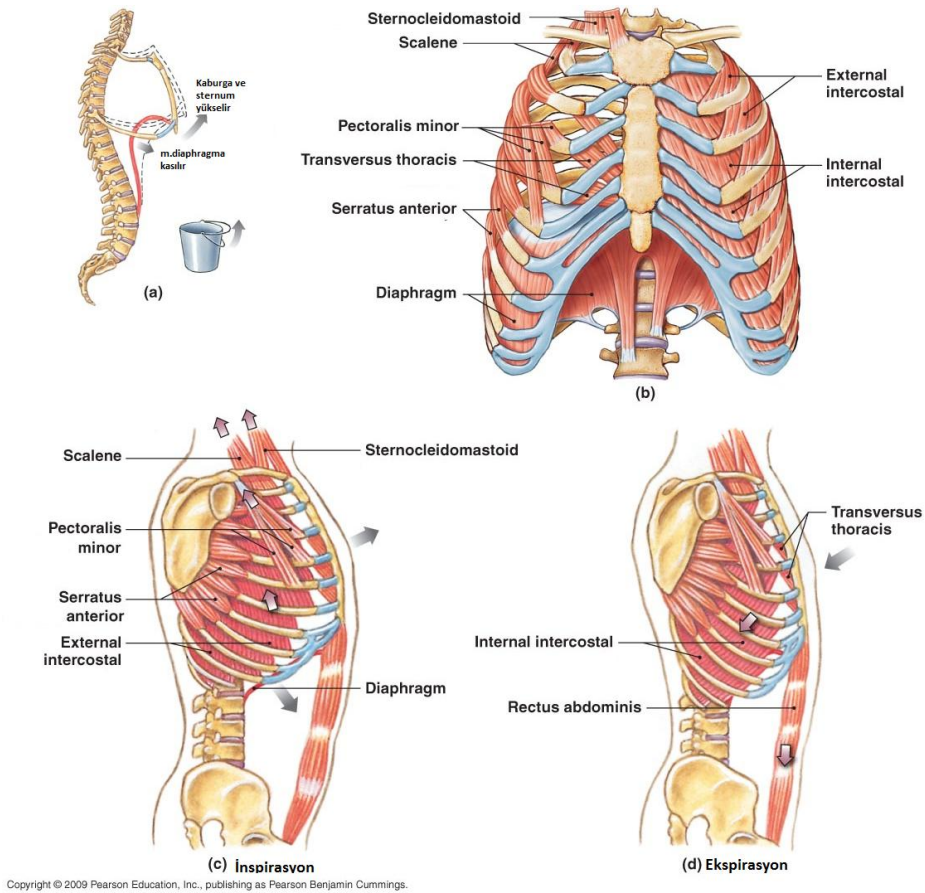
2.2.2. Solunum Mekaniği

Akciğerler ve akciğerlerin içinde bulunduğu göğüs kafesi elastik yapılardır. Gerçekte akciğerleri göğüs kafesinin duvarlarına bağlayan hiçbir yapı yoktur. Akciğerleri göğüs kafesine doğru çeken ve onların göğüs duvarından ayrılmalarını engelleyen güç, iki plevra yaprağı arasında bulunan sıvı ve negatif basınçtır (Faller ve Schuenke, 2000). Plevra yaprakları arasındaki negatif basınç soluk verme (ekspirasyon) sırasında akciğerlerin göğüs kafesinden daha fazla ayrılmalarına izin vermez ve akciğerleri tekrar göğüs duvarına doğru çeker. Herhangi bir nedenle (yaralanmalar, akciğer hastalıkları, kaburga kırıkları gibi) bu iki yaprağın arasına hava girmesi (pnömotoraks) akciğerlerin büzülüp kalmalarına (kollapsına) neden olur. Havanın girişi plevra boşluğundaki negatif basıncı ortadan kaldırmaktadır (Guyton ve Hall, 2013).

Solunum inspirasyon (nefes alma) ve ekspirasyondan (nefes verme) oluşur. İnspirasyonun meydana gelmesi için intrapulmoner basıncın atmosferik basınçtan düşük olması gerekir. Ekspirasyon için ise tersi bir basınç değişimi gerekmektedir (Guyton ve Hall, 2013).

2.2.3. Solunum Kasları

Solunum kasları (Şekil 8) anatomik olarak iskelet kası tipindedir. Ancak özel görevleri sayesinde iskelet kaslarından farklılık gösterirler. İskelet kasları hareketliliğe karşı hareket oluşturmak için görev yapma tasarımıdadırlar. Ancak solunum kasları dirence karşı ve elastik yükü yenmek üzere özelleşmişlerdir (Eston ve Reilly, 2001). İskelet kasları yalnızca hareket sırasında ritmik olarak kasılırken solunum kasları sürekli olarak ritmik kasılırlar (Edwards ve Faulkner, 1995). Solunum kasları yaşamsal önemi olan kaslardır ve bu nedenden dolayı yorgunluğa dirençli, yüksek oksidatif kapasiteli, geniş kapiller ağa ve yüksek kan akımına sahiptirler (Decramer, 1999).



Şekil 8. (a) m.diaphragma lokasyonu ve rolü, (b) Solunum kasları, (c) İnspirasyonda solunum kasları, (d) Ekspirasyonda solunum kasları (<http://faculty.scf.edu/>'dan uyarlanmıştır)

Solunum gözlemsel olarak torakal ve abdominal solunum olarak ikiye ayrılır. Torakal solunumda ana görev m.intercostalis externi/interni kaslarındadır. Ayrıca m.transvers thoracic, m.sternocleidomasteideus, m.subcostalis, m.levator costarum, m.serratus posterior superior/inferior ve m.erector spina, m.pectoralis major/minor, m.scalen kasları torakal solunumda direkt ya da dolaylı olarak etkilidirler. Abdominal solunumda ana motor görevini m.diaphragma üstlenir. Torakal ve abdominal solunum genellikle birbirinden ayrılmaz ve değişik oranlarda birlikte çalışırlar (Weineck, 2002).

Solunum mekanik olarak inspirasyon ve ekspirasyondan oluşur. İnspirasyon solunum kasları ile gerçekleşen aktif bir işlemdir. Ekspirasyon ise göğüs duvarı ve akciğerlerin elastik yapısıyla gerçekleşen pasif bir işlemdir (Bartter ve ark., 2003; Guyton ve Hall, 2013).

Akciğerler, göğüs boşluğunu dikine olarak uzatan veya kısaltan m.diyaphragmanın aşağı-yukarı hareketi ile ya da göğüs boşluğunun ön-arka çapını arttırmak ve azaltmak için kaburgaların yukarı-aşağı hareketi ile olmak üzere iki yolla genişler ve daralırlar. İstirahatte solunum yukarıda bahsedilen iki mekanizmanın tamamen birincisiyle yani m.diyaphragmanın hareketiyle gerçekleşir. İnspirasyonda m.diyaphragma kasılır ve akciğerlerin alt bölümünü aşağı doğru çeker. Bunu takip eden ekspirasyonda ise m.diyaphragma sadece gevşer. Göğüs çeperinin ve karın dokularının elastik gerikaçma yetenekleri akciğerleri sıkıştırır ve hava dışarı atılır. Şiddetli solunum esnasında ekspirasyon için elastik kuvvetler yeterli değildir. Bunun için gerekli fazladan güç karın kaslarının kasılması sonucu ortaya çıkar (Guyton ve Hall, 2013).

M.diaphragma kası solunum pompa işinin 2/3'ünü gerçekleştirir. Dışbükey yüzü göğüs kafesine, içbükey yüzü abdominal boşluğa bakar. M.diaphragmanın kenarları kassal, ortası tendinözdür ve kontraksiyon yapınca kubbeliği azalır ve göğüs içinin düşey çapını arttırır. Akciğerler aşağı doğru genişler ve inspirasyon meydana gelir. Bu arada m.diaphragma aşağı doğru itilmesi ile karın içi basıncı artar, abdominal organlar geriye doğru itilirler, karın kasları gevşer ve karın duvarı dışa doğru genişler. M.diaphragma hareketi ile olan solunuma diyafragmatik veya abdominal solunum denir (Arıncı ve Elhan, 1997; Bartter ve ark., 2003).

Göğüs kafesini yükselten bütün kaslar inspirasyon kasları, aşağı çeken bütün kaslar da ekspirasyon kasları olarak sınıflandırılırlar. İnspirasyonun en önemli kası

m.diaphragma kasıdır. Göğüs kafesini yükselten en önemli ise kas m.intercostales externi kasıdır. Aynı zamanda sternumu yukarı kaldıran m.sternocleidomastoideus, kaburgaların birçoğunu kaldıran m.serratus anterior ve ilk iki kaburgayı yukarı kaldıran m.scaleni inspirasyona yardımcı kaslardır (Guyton ve Hall, 2013). Maksimal egzersiz sırasında m.trapezius, boyun ve sırt kaslarının ekstansörlerinin kasılmasının da inspirasyona yardımcı olduğu düşünülmektedir (Fox ve ark., 2012). Ekspirasyonun en önemli kasları ise m.intercostales interni ve m.rectus abdominis kaslarıdır. Bu kaslar göğüs kafesini aşağı çekmenin yanı sıra diğer abdominal kaslarla birlikte karın içi organları m.diaphragmaya doğru sıkıştırmada etkilidir (Guyton ve Hall, 2013).

2.2.4. Solunum Kas Kuvveti

Fizyolojik açıdan kuvvet, bir kas veya kas grubunun, bir dirence karşı koyabilme yeteneği olarak tanımlanmıştır (Günay ve Yüce, 2001). Hollmann ve Hettinger'e (1990) göre kuvvet, bir dirençle karşı karşıya kalan kasların kasılabilme ya da direnç karşısında belli ölçüde dayanabilme yeteneğidir. Yapılan araştırmalara göre; kuvveti etkileyen birçok faktör vardır ki bunlar, kuvvet gelişimi, kasların kasılabilme büyüklüğü, kasılma süre ve kapsamı, antrenman kalitesi ve sayısı, uygulanan yöntem, çalışma düzeni, eklemlerin çalışma açısı ve beslenme gibi etkenlerdir (Saicaors, 1987).

Solunum kaslarının diğer iskelet kaslarından daha özelleşmiş yapılar olmaları sebebiyle kuvvetli olup olmamaları ayrıca bir hastalık göstergesi ya da sebebi olarak düşünülebilmektedir. Bunlardan en önemlileri astım, kistik fibrözis, nöromusküler hastalıklar ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) olarak belirtilmektedir (Santos ve ark., 2012). Solunum kas kuvvetini artırmak, solunum kaslarının uzunluk gerilim ilişkisini düzeltmeye ve solunum kapasitesini artırmaya yardımcı olacaktır (İnce, 2009). İskelet kaslarının doğru yüklenme ve direnç ile kuvvet ve dayanıklılıklarının arttığı ve hipertrofiye uğradıkları bilinmektedir (Amonette ve Dupler, 2002). Aynı şekilde solunum kaslarının da diğer tüm iskelet kasları gibi kuvvet ve dayanıklılıkları arttırılabilir (Pardy ve ark., 1988).

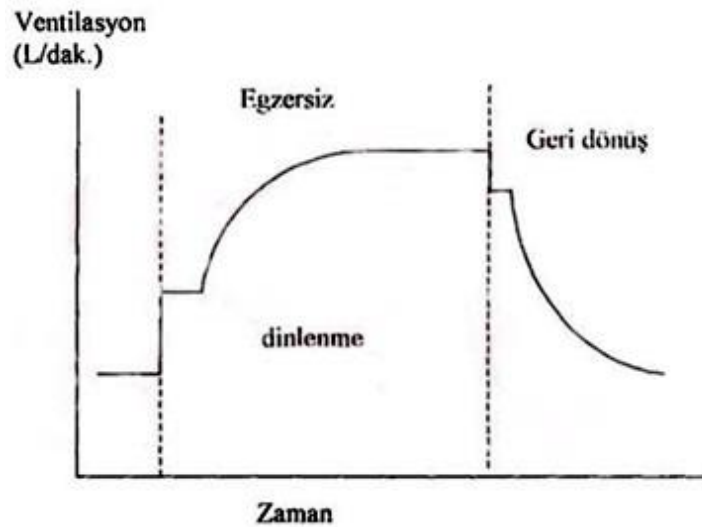
Egzersizde kas kuvvetinin önemi bilinmektedir. Solunum sisteminin verimliliğinin egzersizdeki önemi de özellikle aerobik temelli egzersiz türleri için kaçınılmaz bir gerçektir. Bu bilgiler ışığında solunum kas kuvvetinin egzersizdeki öneminin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Solunum kas kuvvetini direk

olarak ölçmek imkansızdır. Bu nedenle solunum kasları sayesinde oluşan hava basıncı ile solunum kas kuvveti ağız içi basınç ölçerler ya da spirometre yardımıyla ölçülebilmektedir. Bu yöntemlerle bize bilgi veren değerler, maksimal inspirasyon basıncı (MIP, PI_{max}), maksimal ekspirasyon basıncı (MEP, PE_{max}) ve ek olarak solunum kas kuvvetinin nisbi bir kısmı hakkında bilgi veren maksimal zorlu inspirasyon akımıdır (PIF) (McConnell, 2011). Solunum kas kuvveti; non-invaziv, ekonomik, kolay ve konforlu olan bu yöntemlerle ölçülebilmekte ve cmH_2O ya da % birimi ile ifade edilebilmektedir (McConnell, 2011; Hautmann ve ark., 2000; Volianitis ve ark., 2001b).

2.3. Solunum Sistemi ve Egzersiz

2.3.1. Solunum Sisteminin Egzersize Uyumu

Sportif etkinlik sırasında dokuların O_2 gereksinimi arttıkça, solunum sisteminden vücuda gelen O_2 miktarının artması şarttır. Dokuların ihtiyacının artması, oluşan CO_2 fazlası ve metabolik ısının tolere edilmesi için dolaşım ve solunum sistemleri çalışmak durumundadır. Dakika ventilasyonu kaslarda üretilen CO_2 ve tüketilen O_2 miktarının artışına göre artar. Dakika solunumu kardiorespiratuar sistemin kapasitesini sınırlamaz (Fox ve ark., 2012). Egzersiz sırasında inspirasyonda yardımcı solunum kasları devreye girer. Özellikle göğüs kafesini yukarıya doğru yükselten kaslar inspirasyona yardımcı olur. Ekspirasyon interkostal kaslar ve karın kaslarının basıncı ile gerçekleşir. Yardımcı solunum kaslarının gücü ventilatuar hava akışının maksimum seviyeye ulaşmasını sağlar (Ergen ve ark., 2002).



Şekil 9. Egzersizde dakika ventilasyonu (Günay, 1998'den uyarlanmıştır)

Egzersiz esnasında metabolizma için gerekli O₂'ni sağlamak için solunum volümü ve frekansında artış meydana gelir (Şekil 9). Maksimal egzersizlerde; ventilasyon 200 lt/dk gibi bir düzeye erişebilmekte, bu da solunum hacmi ve frekansında sağlanan artışla gerçekleştirilmektedir (Kalyon, 1997; Fox ve ark., 2012). Maksimal egzersizlerde antrenmanlı sporcularda solunum dakika volümü 200 lt/dk'ya çıkabilirken, normal kişilerde 100 lt/dk'dır. Bu da antrenmanlı sporcularda egzersizin solunum kaslarını kuvvetlendirmesine bağlıdır. Yapılan bir araştırmada 20 haftalık bir egzersiz ile solunum kaslarının dayanıklılığının %16 dolaylarında geliştirildiği belirlenmiştir (Özturan, 1997).

Dakika ventilasyonu maksimal egzersizlerde O₂ kullanımından ziyade CO₂ üretimi tarafından düzenlenir. Egzersizde solunum derinliği ve sıklığının artması dakika ventilasyonunun da önemli artışına yol açar. Şiddetli egzersizlerde yetişkin erkeklerde solunum dakika frekansı bazı kaynaklarda 35-45'e (Ergen ve ark., 2002) bazı kaynaklarda da 40-50'ye (McConnell, 2011) ulaşabildiğinden bahsedilmiştir. Olimpiyat sporcularında maksimal egzersizlerde bu rakam 60-76'ya kadar çıkabilir (Ergen ve ark., 2002). Tidal volüm şiddetli egzersizlerde 3-4 lt'ye çıkabilir ve bunun sonucunda dakika ventilasyonu 120-160 lt'ye yaklaşabilir. Olimpiyat sporcularında tidal volüm 5 lt civarına ve dakika ventilasyonu da 250-300 lt civarına yükselebilir (McConnell, 2011).

Sporcunun MaxVO₂'si arttıkça solunum dakika volümü de artmaktadır. Egzersizin başlamasıyla beraber ilk birkaç saniye içerisinde hızlı bir artış oluşur. Belirli bir aradan sonra artış kademeli olarak devam eder. Solunumdaki artış sinir sisteminin eklem reseptörlerinden almış olduğu uyarılardan kaynaklanır. Bu artışın sürmesi egzersizin şiddetiyle doğru orantılıdır (Fox ve ark., 2012).

Orta dereceli egzersizlerde ventilasyon artışının kaynağı solunum volümündeki artışa bağlıdır. Ventilasyondaki artış O₂ tüketimi ile yakın ilişkilidir (Günay, 1998). Heyecanlı kişilerde böyle bir artma efordan hemen önce bile görülebilir. Aynı zamanda egzersizin başında solunum volümü solunum frekansından daha fazla artar. Fakat egzersizin şiddeti metabolik asidoz meydana getirecek düzeyde ise solunum frekansında artma daha fazla olur. Bu, metabolik asidozun başlıca göstergesidir (Akgün, 1989).

Egzersiz esnasında MaxVO₂, birim zamanda akciğerden atılan karbondioksit miktarı pulmoner karbondioksit atılımı (VCO₂) aşağı yukarı sporcunun maksimal iş

kapasitesinin %60'ına kadar linear bir şekilde yükselir. Egzersizde solunum sayısı dakikada 30 soluk ve hatta daha fazla olabilir (Guyton ve Hall, 2013). Maksimal iş kapasitesinin %60'ından itibaren dakika volümünün metabolik ihtiyaçtan daha fazla artmasının nedeni, bu noktada aktive olmaya başlayan anaerobik metabolizmadır (Akgün, 1989).

Egzersizde solunum volüm ve kapasite değişimleri ile solunum dakika volümünün artması bir taraftan solunum volümü diğer taraftan solunum frekansının artması ile belirlenir. Solunum frekansı 12-15'den 40-50'ye kadar çıkabilir. Solunum volümü sporcunun vital kapasitesinin yüksek oluşu nedeniyle normal istirahat koşullarında vital kapasitenin %10'u iken egzersizde %50'sine kadar çıkabilmektedir. Bir sporcunun solunum üstünlüğü var olan akciğer kapasitesini maksimal bir şekilde kullanabilme yeteneğine bağlıdır (Burstyn, 1990).

Egzersiz sırasında kana geçiş yapan oksijen miktarı ve dakika başına akciğer kan akımı artar. Kan akımı 5,5 lt/dk'ya kadar yükselir ve alveollerden kana oksijen difüzyonu artmasıyla birlikte kana daha çok oksijen verilir. İstirahatta yetişkin erkeklerde 250 ml kana verilen oksijen miktarı egzersizde 1 lt/dk'ya kadar yükselir. Sedanterlerde bu değer 3 lt/dk, mukavemet sporları yapanlarda 5 lt/dk'ya çıkmaktadır. Karbondioksit atılımı 200 ml/dk'dan 8 lt/dk'ya kadar çıkmaktadır (Günay, 1998).

Egzersizde akciğerde gaz alım verimi ve kapiller yatak büyür ve geçen kan miktarı da artar (De Vries, 1986). Aynı zamanda egzersizde tidal volümde de artış gözlenir. Maksimal bir egzersizde bu artış 5-6 kat gibi bir düzeye çıkabilir (Ergen, 1993). İstirahat düzeyinde 500 ml olan tidal volümün 2,5- 3 lt'ye kadar ulaştığı tespit edilmiştir. Solunum frekansı da artarak dakikada 40-50'ye kadar ulaşır. Böylece yaklaşık istirahat halinde 6 lt/dk olan solunumun dakika hacmi egzersizde 150 lt/dk'nın üzerine çıkar. Egzersizde soluk alma yedek hacmi azalırken, soluk verme yedek hacminde çok az bir değişme görülür veya aynı kalır. Rezidüel volüm artarken, total akciğer kapasitesinde çok az bir azalma görülür. Soluk alma kapasitesi ve fonksiyonel tortu hacminde de artış gözlenir (Ergen ve ark., 2002).

O₂ tüketiminin ventilasyonla eşitlendiği noktada kararlı denge durumu meydana gelir. Bu durumun oluşmadığı ortamlarda laktik asit ve CO₂ üretimindeki yükselişlere tepki olarak ventilasyon daha da artar (Günay, 1998). Egzersiz sonrası

ventilasyonda hızlı düşüş görülür. Belirli bir evreden sonra düşüş yavaş ve kademeli olarak gerçekleşir. Egzersizin şiddetine göre düşüşün süresinde uzama görülebilir (Fox ve ark., 2012).

2.3.2. Solunum Kası Egzersizleri

Kas yorgunluğu, kasların yoğun çalışma yükü altındayken güç ve sürat/hız üretme kapasitelerini kaybetmeleri, dinlenme esnasında ise bu yetilerin tekrar geri kazanılması olarak tanımlanır (Gail, 1990; Romer ve Polkey, 2008). İspirasyon kaslarındaki yorgunluk ise; inspirasyon kaslarının aşırı derecede enerji talep ettiklerinde enerji depolarının azalmasıyla kasılma gücündeki verimsizlik olarak belirtilmiştir. Solunum kaslarında yorgunluk oluştuğunda alveolar ventilasyon azalır, arteriyel CO₂ yükselir ve bu yükseliş tehlikeli seviyelere ulaştığında solunum görevi sağlanamaz (Roussos ve ark., 1980; Roussos ve ark., 1979). Yüksek yoğunluktaki egzersizde solunum yükü artar. Bu durum sporcunun soluk yeteneğini etkilerken solunum kaslarının yorulmasına ve dokulara yeterli O₂'nin gönderilememesine neden olur. Bu sebeple sporcuda yorgunluk belirtileri gözlenir. Solunum kaslarının yorulması, sporcunun toplam enerji veriminin %15 kadarının kaybedilmesi anlamına gelmektedir (St Croix ve ark., 2000; Harms ve ark., 2000; Shell ve ark., 2001; Lomax ve McConnell, 2003).

Yapılan birçok araştırma solunum kası antrenmanının solunum kasları üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Solunum kası egzersizi ile birkaç gün içinde solunum kaslarının daha güçlü olacağı, üç hafta içinde soluk sıklığının azaldığı, dört haftalık solunum kası egzersizinin sonucunda da performansın arttığı çeşitli araştırmalarda rapor edilmiştir (Volianitis ve ark., 2001c; Romer ve ark., 2002a; Romer ve ark., 2002b; Lomax ve McConnell, 2009; Kilding ve ark., 2010).

Solunum kaslarının egzersiz mekanizması; istemli hiperventilasyon ya da belli düzeydeki bir dirence karşı yapılacak olan solunum hareketlerine dayanmaktadır. İspirasyon kası egzersizleri, direnç uygulayan solunum egzersiz cihazları ile evde uygulanabilmektedir. Bir ağızlık yardımı ile akım ya da basıncı ayarlanan cihazla bir dirence karşı yapılan inspirasyon hareketini kapsar. İspirasyon basıncı ya da inspirasyon akımı şeklinde çalışan bu cihazlar ile kişi solunum yaptığında, solunum kasları belli bir dirence karşı çalışmak durumunda kalır. Ağız içi basıncı, cihazda

ayarlanan değere ulaştığında valfi açılan cihazlarla en düşük (MIP %30) ve en yüksek (MIP %80) düzeylerde uzun inspirasyon yaptırılmakta; ayrıca bu valf açıklığı ile egzersiz yoğunluğu belirlenebilmektedir. Bu egzersizler sonucunda da solunum kaslarının kuvvet ve dayanıklılığı gelişir. İnspiratuar eşik yüklenme, inspiratuar kas kontraksiyon hızını ve relaksasyon zamanını artırarak, inspiriyum zamanını kısaltmaktadır (Ekren, 2009).

Solunum kası egzersizlerinin aynı zamanda rehabilite edici özelliği de bulunmaktadır. Pulmoner rehabilitasyonda kullanılan öncelikli yöntemlerdendir (Weiner ve ark., 1999). Dünya genelinde ölüme neden olan hastalıklar arasında ilk beşte yer alan KOAH ülkemizde de bu sıralamada üçüncü sırada yer almaktadır (Akıncı, 2008). Solunum kası egzersizlerinin inspiratuar kas kuvvetini geliştirici etkisinden dolayı, KOAH hastalarında azalmış inspiratuar kas kuvveti sebebiyle ortaya çıkan dispne algısını azaltır ve egzersiz kapasitesinde yükselme sağlar (Gosselink ve Decramer, 1994; Lisboa ve ark., 1997; Lacasse ve ark., 2006; Hill ve ark., 2010). Dispnenin azalması ile birlikte solunum işi için harcanan eforda azalma, egzersiz toleransında artış ve günlük yaşam aktivitelerini yapabilme performansında yeterlilik gözlenmiştir (Siafakas ve ark., 1999; Covey ve ark., 2001; Lötters ve ark., 2002). İnspiratuar kas eğitiminin etkileri:

- İnspiratuar kas kuvvetinde (MIP, %MIP, zirve inspiratuar akış hızı) artış,
- Tip I kas liflerinin oranında artış,
- İnspiratuar kas enduransında artış,
- Dispne algılamasında azalma,
- Maksimal dakika ventilasyonunda artış,
- Egzersiz performansında artış,
- Egzersiz sırasındaki solunum eforu algısında düzelme,
- Yaşam kalitesinde artış (Kuran, 2011).

Ekspiratuar kas eğitiminde ise, inspirasyon hareketinin tersine, cihaz kişiye nefes verirken direnç sağlar ve bu şekilde ekspirasyon kas kuvvetinin artırılması amaçlanır (Silverman ve ark., 2006). Ekspiratuar kas eğitiminin etkileri:

- Ekspiratuar kas kuvvetinde artış,
- Egzersiz kapasitesinde artış,

- Ekspirasyon süresinde uzama,
- Dispne algılamasında azalma,
- Ventilatuvar kapasitede artış,
- Öksürük etkinliğinde artış (Kuran, 2011).

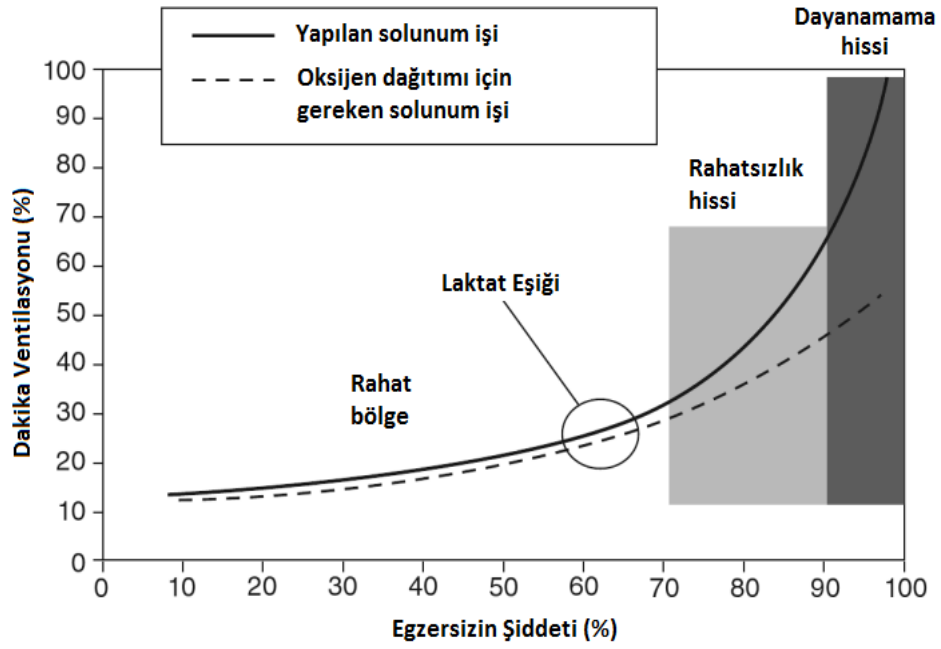
Solunum kaslarına yönelik hazırlanan özel antrenman programlarının incelendiği araştırmalarda, olimpiyat sporcuları üzerinde yapılan çalışmada yüzücülerin performansını %1 oranında olumlu etkilediği belirtilmiştir (Pyne ve ark., 2004). Ayrıca, elit düzeydeki kürekçilerde (Volianitis ve ark., 2001c) ve bisikletçilerde (Romer ve ark., 2002a) %4,6 oranında performans sürelerinde iyileşme görüldüğü bildirilmiştir. Solunum kas kuvvetinde %31,2 ve dayanıklılığında ise %27,8'lik bir gelişim sağladığı tespit edilmiştir (Caine ve McConnell, 1998).

2.3.3. Egzersiz Solunum İlişkisi

Egzersizde kas kuvvetinin önemi bilinmektedir. Solunum sisteminin verimliliğinin rolü, özellikle aerobik temelli egzersiz türlerinde çok önemlidir. Bu bilgiler ışığında solunum kas kuvvetinin egzersizdeki öneminin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Solunum kasları hayati organlardır ve egzersizde çok önemli rol oynarlar (Ratnovsky ve ark., 2008; Amonette ve Dupler, 2002).

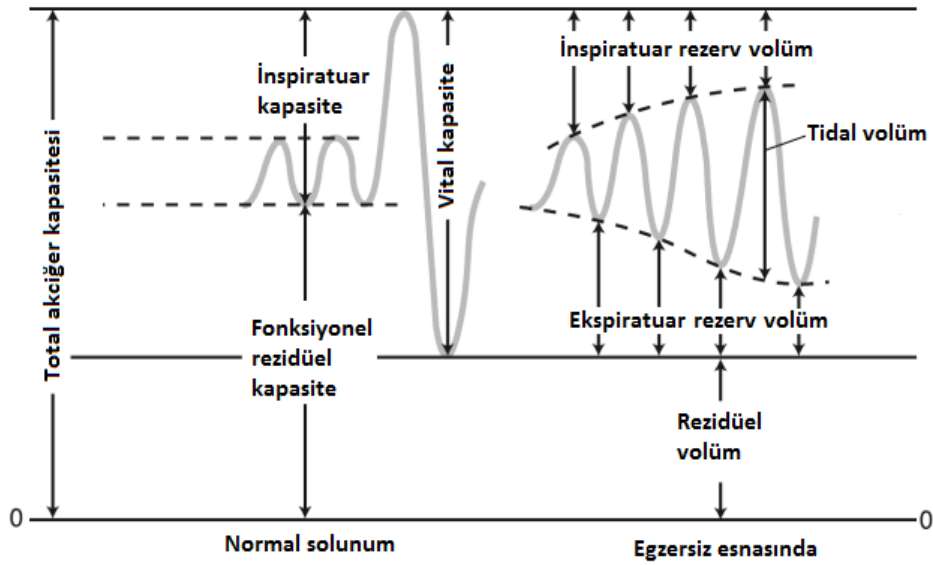
Egzersiz esnasında sporcular binlerce kez nefes alıp verirler ve diğer iskelet kasları gibi solunum kasları da düzenli çalışabilmek için yeterli miktarda O₂ ihtiyacı duyarlar (Amonette ve Dupler, 2002). Özellikle yüksek şiddetli egzersiz sırasında solunum kasları dinlenmeye oranla çok daha fazla aktiftirler. Bu sebeple solunum kasları verimli solunumu sürdürebilmek için önemli miktarda metabolik çalışmaya ihtiyaç duymaktadırlar (Sheel, 2002).

Eskiden solunum sisteminin egzersiz performansını sınırlandırmadığı yaygın olarak bilinirdi (Dempsey, 1986; Leith ve Bradley, 1976). Ancak egzersiz fizyologlarının araştırmaları solunum sisteminin egzersize etkisine yoğunlaştıkça, sadece egzersizin solunum sistemine olumlu etkileri olmadığı aynı zamanda solunum sisteminin de egzersiz performansını etkileyebileceği sonucuna varılmıştır (Boutellier ve ark., 1992; Suzuki ve ark., 1993; Markov ve ark., 2001; Stuessi ve ark., 2001; Volianitis ve ark., 2001a; Gething ve ark., 2004; Wells ve ark., 2005; Nicks ve ark., 2006; McConnell, 2011).



Şekil 10. Farklı egzersiz şiddetlerinde solunum eforu (McConnell, 2011'den uyarlanmıştır)

Şekil 10'da egzersizin şiddetine göre dakika ventilasyonu yüzdesi sunulmuştur. Egzersizin şiddeti arttıkça dakika ventilasyonunun O_2 transportu için gereken oranı %50 iken antrene olmayan solunum kasları sebebiyle %90'ın üzerine çıkmakta ve solunum kaslarındaki yorgunluk sebebiyle rahatsızlık ve ardından dayanamama hissi oluşarak egzersize son verilmektedir (McConnell, 2011).



Şekil 11. Egzersizde akciğer hacim ve kapasiteleri (McConnell, 2011'den uyarlanmıştır)

Şekil 11’de belirtildiği gibi, egzersiz esnasında inspiratuar ve ekspiratuar rezerv volümlerden kullanarak tidal volümün genişletilmesi, solunum kaslarının etkisiyle gerçekleşmektedir (McConnell, 2011). Solunum kaslarının kuvvetli ve dayanıklı olması egzersiz kapasitesini arttırabilir; çünkü solunum kas yorgunluğunun geciktirilerek ya da engellenerek kan akımının solunum kaslarına yeterli ve düzenli miktarda dağılımı sağlanır. Böylece artan iş yükünün ihtiyaç duyduğu solunumsal fonksiyon daha kolay gerçekleştirilecektir (Gigliotti ve ark., 2006; Harms ve ark., 2000; Mostoufi-Moab ve ark., 1998; Somers ve ark., 1992).

Egzersiz esnasında, solunum kaslarının daha kuvvetli ve hızlı kasılmasını gerektirecek şekilde soluk hızı ve derinliği artar. Kişi dinlenme durumundayken ekspirasyon kasları gevşemiştir ve solunum inspirasyon kaslarının mekanik etkisindedir. Her ne kadar solunum mekaniği her durumda inspirasyon kaslarının etkisiyle gerçekleşse de egzersiz sırasında, tidal volümü ve ekspirasyon hava akım oranını yükseltebilmek için, ekspirasyon kasları da solunuma aktif olarak katılır. Özellikle şiddetli egzersiz sırasında alınan O₂’nin %16’sını solunum kaslarının harcadığı düşünüldüğünde etkili bir solunum kası kuvvetinin egzersiz ihtiyaçlarının karşılanmasındaki önemi açıklanabilir (McConnell, 2011).

2.4. Isınma

Isınma; sporcunun organizmasını, yapacağı spor dalındaki yüklemelere hazırlama çalışmasıdır (Renklikurt, 1991). Isınma, yapılacak olan egzersizin çeşidi ve kullanılan enerji sistemine göre şekillendirilir ve kas ısısını arttırmak, egzersize adaptasyon sağlamak için kullanılır (Alkaş, 2006). Hem antrenman hem de yarışma öncesinde bireyin ısınma yapması gerekmektedir. Yüksek performans için tam ve yeterli ısınma ön koşuldur. Yeterli ısınma performansı arttırdığı gibi sakatlanmalar için proaktif bir yöntemdir. Bütün bunların yanı sıra aktiviteye mental hazırlık için de zorunludur (Karakurt, 2000).

2.4.1. Isınmanın Etkileri

Sporcudan iyi verim alabilmek, sakatlıklardan korumak ve yüklenmelere sporcuyu fizyolojik ve psikolojik yönden hazırlama çalışması olarak tanımlanan ısınmanın, performansı arttırdığı, biyomekanik, nörolojik ve psikolojik mekanizmalar sonucu oluşan ve eksantrik egzersizlerin yol açtığı kas hasarı riskini azaltma aracı

olarak kullanıldığı da bilinmektedir (Weerapong, 2005; Köse, 2014). Ayrıca ısınma fizyolojik olarak sporcuda solunum frekansını ve derinliğini, kalp atım sayısını, enerji ve oksijen harcanmasını artırarak kan dolaşımının düzenlenmesine ve kas viskozitesini azaltarak hareket genişliğinin artmasına yol açmaktadır (Bompa, 2001; Shelloek ve Prentice, 1985).

Isınma ile birlikte aktiviteye bağlı olarak organizmanın O₂ gereksiniminin fazlalaşması kaslarda kan akımının da artmasına sebep olur. Bu artış, ancak kalbin dakika volümünün yükselmesi ile mümkün olmaktadır. Kasta kan akımı, istirahatta kapalı bulunan kapillerin açılması, kasın içinde bulunduğu ortamda O₂ azalması ve hidrojen iyonlarının damar genişletici etkisi ile artar. Böylece kasta oluşan hacim genişlemesi O₂ alımı için uygun bir geçiş ortamı sağlamaktadır (Ünlü, 2008). Ayrıca ısınma istirahat seviyesinden egzersize geçişi kolaylaştırmakta, postural kasları gerdirmekte ve metabolik hızı istirahat seviyesinden aerobik seviyeye yükseltmektedir (Çolak ve Çetin, 2010). Isının yükselmesi damarlardaki direncin düşmesine ve kaslara kan akışının artmasına neden olurken, kasın ihtiyacını karşılayacak maddelerin tedariki ve toksit maddelerin uzaklaştırılması hızlanır (Taşkın, 2002). Sportif çalışmaları istenilen etkinlikte uygulayabilmek için ideal vücut ısısı ise 38,5°C-39°C arasındadır. Uygun ısıda organizmadaki metabolik olayların hızı %13 oranında yükselir. Yüksek ve optimal ısı merkezi sinir sisteminin işlevlerini daha hızlı uygular, dolayısıyla reaksiyon ve kasılma hızı yükselir. Bu ılık ortamda kas viskozitesi düşer. Kasılma ve toparlanmanın kimyasal reaksiyonları daha süratli cereyan eder (Ünlü, 1992). Vücut ısısının 2°C artması, kasılma hızını yaklaşık %20 oranında artırır (Sevim, 1995).

Isınma, bağ dokusu esnekliğini artırarak kas-iskelet yaralanmalarına duyarlılığı azaltmakta, eklem hareket genişliği ve fonksiyonlarını geliştirmekte, kassal performansı yükseltmekte ve kas katılığını kontrol edebilme yeteneğini geliştirmektedir. Sporcularda zamanla oynar eklemlerin hareket genişliği artar. Bu durum hem tekniğin daha iyi yapılmasına, hem de sakatlanmaların azalmasına yardımcı olur (Taşkın, 2002; Çolak ve Çetin, 2010). Yukarıda açıklandığı gibi doğru uygulanacak ısınma egzersizleri ile meydana gelebilecek sakatlanmaların önüne geçmek mümkündür. Ancak bu konuda, antropometrik özelliklerle birlikte ısınmanın süresi oldukça önemlidir. Isınmanın süresi yaş, hava sıcaklığı, nem oranı gibi değişkenlerden etkilense de ideal süre olarak en az 10 dk olması gerekmektedir (Karatosun, 1991; Zeren, 1992; Tel, 2011).

3. MATERYAL VE METOD

Deney dizaynı olarak çapraz deney tasarımı kullanıldı (Tablo 3). Uygulamalar arasında her bir denek için 3 gün dinlenme süresi verildi ve uygulamalar günün aynı saatlerinde yapıldı. Deneklerin hangi uygulamaya katılacakları rastgele (random) olarak belirlendi (Tong ve Fu 2006; Lin ve ark., 2007; Cheng ve ark., 2013; Wilson ve ark., 2014; Arend ve ark., 2015).

Tablo 3. Çapraz deney tasarımı ve uygulamaların açıklaması

Uygulama	İçerik
Aerobik	Kontrol (K _{AE}) Genel ısınma + Aerobik güç testi
	Deney (D _{AE}) Genel ısınma + Solunum kası ısınması + Aerobik güç testi
Anaerobik	Kontrol (K _{AN}) Genel ısınma + Anaerobik güç testi
	Deney (D _{AN}) Genel ısınma + Solunum kası ısınması + Anaerobik güç testi
MIP	Başlangıç Genel ısınma öncesi MIP testi
	Kontrol (K _{MIP}) Genel ısınma + MIP testi
	Deney (K _{MIP}) Genel ısınma + Solunum kası ısınması + MIP testi
MEP	Başlangıç Genel ısınma öncesi MEP testi
	Kontrol (K _{MEP}) Genel ısınma + MEP testi
	Deney (K _{MEP}) Genel ısınma + Solunum kası ısınması + MEP testi

3.1. Çalışmanın Kapsamı

Çalışmamıza yaş ortalaması 20,50±1,98 yıl olan milli takım ve/veya süper ligde oynayan 30 erkek hokeyci gönüllü olarak katıldı. Deneklerin testler sırasında doruk performanslarını ortaya koymaları için, deneklere ölçümler başlamadan bir hafta önce çalışmanın amacı anlatıldı. Bununla birlikte, uygulanacak testler ve cihazlar hakkında bilgi verildi ve solunum kası ısınma egzersizi uygulamalı olarak tanıtıldı.

Araştırmaya katılacak denek sayısının belirlenmesinde G*Power 3.1.3. programı kullanıldı. 10 denek üzerinde pilot uygulama yapıldı. Elde edilen veriler sonucunda; aerobik güç için 29 denek sayısı (etki büyüklüğü: 0,6375677) anaerobik güç için 30 denek sayısı (etki büyüklüğü: 0,6218489) yeterli olacağı tespit edildi. Çalışma

32 denekle başlatılmış olmasına rağmen ölçümler sırasında sakatlık geçiren deneklerin verileri araştırmamızın değerlendirme aşamasına alınmadı.

Denekler çalışmaya dahil edilirken; aktif olarak spor hayatına devam ediyor olmaları, herhangi bir sakatlık ya da sağlık problemine sahip olmamaları dikkate alındı. Ölçümlere katılan deneklerden bu süre zarfında herhangi bir antrenman yapmamaları istendi. Deneklere beslenme programı uygulanmadı. Deneklerden çalışmaya katılmadan önce gönüllü olduklarına dair onama formu alındı.

Çalışmamız için Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıbbi Araştırmalar Etik Komisyonu Başkanlığı'ndan onay alındı (Ek 1).

3.2. Verilerin Toplanması

Çalışmamızda tanımlayıcı bilgilerin toplanması için denekler anatomik duruşta, spor kıyafeti ile ve ayakkabısız olarak, 0,1 kg hassaslıktaki kantar ve bu kantardaki dijital boy ölçer ile (SECA, Germany) boy uzunluğu cm cinsinden, vücut ağırlığı kg cinsinden kaydedildi (Tamer, 1995).

Boy uzunluğunun metre cinsinden karesi, kg cinsinden vücut ağırlığına bölünerek vücut kitle indeksi (VKİ) değeri elde edildi (Jelalian ve Steele, 2008).

$$VKİ = \text{Vücut ağırlığı (kg)} / \text{boy uzunluğu}^2 \text{ (m)}$$

3.2.1. Isınma Prosedürü

Genel Isınma Prosedürü;

Genel ısınma için, 10 dk süre ile düşük yoğunluklu aerobik nitelikli koşu ile yoğunlukla alt ekstremitelere yönelik 5 dakika dinamik esnetme uygulamaları yapıldı (Alter, 1988; Gelen, 2008).

Solunum Kası Isınma Egzersizi Prosedürü;

Solunum kası ısınma egzersizi için inspiratuar kas antrenmanı cihazı kullanıldı (Şekil 12, POWER® Breathe Classic, IMT Technologies Ltd., Birmingham; UK). Her denneğin MIP başlangıç değerinin %40 şiddetinde ayarlanan inspiratuar kas antrenmanı cihazı ile iki set 30 nefeslik ısınma yapıldı ve setler arasında 1 dk dinlenme verildi (Tong ve Fu, 2006; Lomax ve McConnell, 2009). Her bir denek için ayrı inspiratuar kas antrenman cihazı kullanıldı.



Şekil 12. İspiratuar kas antrenmanı cihazı



Şekil 13. Respiratuar basınç ölçer

3.2.2. Solunum Kas Kuvvetinin Belirlenmesi

MIP ve MEP'in hesaplanması için elektronik respiratuar basınç ölçer kullanıldı (Şekil 13, MicroRPM, CareFusion Micro Medical, Kent, UK).

Ölçümler oturur pozisyonda burun tıkacı kullanılarak yapıldı. MIP için; kişiye maksimum ekspirasyon yaptırıldı ve kapalı solunum yoluna karşı kişinin maksimum inspirasyon yapması ve bunu 1-3 sn sürdürmesi istendi. MEP için; kişiye maksimum inspirasyon yaptırıldı ve kapalı solunum yoluna karşı kişinin maksimum ekspirasyon yapması ve bunu 1-3 sn sürdürmesi istendi. En iyi iki ölçüm arasında 10 cmH₂O fark kalana kadar ölçüm tekrarlandı ve en iyi sonuç cmH₂O cinsinden kaydedildi (Lomax ve ark., 2014a; Lomax ve ark., 2014b; Güçlü ve ark., 2011; Carpenter ve ark., 1999; Smyth ve ark., 1984).

3.2.3. Aerobik Gücün Belirlenmesi

Deneklerin aerobik gücü direk yöntemle ergoline bisiklet (Sana Bike 450F, Ergosana GMBH, Bitz, Germany) ve ergospirometre (Şekil 14, Ergo100 PFT Systems, Medical Electronic Construction R&D, Brussel, Belgium) ile ölçüldü.

Ölçüm, artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında ergospirometrede “breath by breath” yöntemi ile ekspirasyon havasındaki O₂-CO₂ miktarı belirlenerek yapıldı. Test öncesinde O₂ saturasyonu probu ve kol manometresi takılarak kalp atım sayısı, O₂ saturasyonu ve kan basıncı verileri egzersiz boyunca kaydedildi. O₂ tüketimi ve CO₂ üretimi her solukta ve 10sn aralıklarla ergospirometre tarafından ölçüldü. Test başlangıcında bisiklet pedal yükü 50 watt olarak belirlendi ve her bir dakikada 25 watt artış ile teste devam edildi. Test boyunca denek bisiklet ekranından takip ederek 60 RPM'de pedal çevirmeye çalıştı. Test, denek artık devam edemeyeceğine karar verdiğiğinde sonlandırıldı. Aerobik güç (MaxVO₂) lt/dk cinsinden kaydedildi (Capelli ve ark., 2001; Davis ve ark., 2002; Solberg ve ark., 2005; Metin ve ark., 2005; Klainman ve ark., 2008; Yıldız, 2012). Aerobik güç testi sonucunda elde ettiğimiz verilerin başlık ve açıklamaları;

MaxVO₂ ve Relatif MaxVO₂; MaxVO₂ Aerobik kapasitenin en iyi indeksidir ve kardiyorespiratuar fitness için altın standart olarak kabul edilir (American Thoracic Society, 2003).

$\Delta VO_2/\Delta WR$; Fizyolojik olarak VO_2 'deki artışın iş yükündeki artışla doğru orantısını belirtir. Sağlıklı insanlar için $10 \text{ mlO}_2.\text{dk}^{-1}.\text{w}^{-1}$ olarak belirtilmiştir. Arttığı durumlarda O_2 transportunun hücresel düzeyde yükseldiğinin göstergesi olduğu düşünülmektedir (Balady ve ark., 2010).

Metabolik eşdeğer (MET); Fonksiyonel kapasite birimi olarak kabul edilmektedir. Egzersiz sırasında harcanan enerjinin hesaplanmasında MET esas alınmaktadır (Sparling ve ark., 2000).



Şekil 14. Ergospirometre ile $MaxVO_2$ ölçümü

3.2.4. Anaerobik Gücün Belirlenmesi

Anaerobik gücün belirlenmesi amacıyla Wingate test protokolü, kefeli bisiklet ergometresi (Şekil 15, 894E Peak Bike, Monark Exercise AB, Vansbro, Sweden) ile uygulandı.

Test öncesi denekler elektronik baskül aracılığıyla tartıldı. Bisiklet sele boyu her denek için ayrı ayarlandı. Deneğin vücut ağırlığının %7,5'i kadar ağırlık bisikletin

kefesine koyuldu. Denege istediği zaman, kefeyi kontrol eden butona basarak teste başlayabileceği söylendi. Denek kendini hazır hissettiğinde kefeyi kontrol eden tuşa basıp kefedeki ağırlığı dűşürerek pedala ağırlık binmesini sağladı ve bu andan itibaren 30 sn boyunca maksimal eforla pedal çevirmeye başladı. Testin başlaması ile birlikte deneğin performansını sürdürübilmesi için denek sözlü olarak motive edildi. Süre tamamlandıktan sonra test sonlandırıldı. Anaerobik güç watt cinsinden kaydedildi (Alemdarođlu ve ark., 2008; Changela ve Batt, 2012; Larson ve ark., 2013; Price ve ark., 2014).



Şekil 15. Wingate test uygulaması

Anaerobik güç testi sonucunda elde ettiğimiz verilerin başlık ve açıklamaları;

Peak power ve relatif peak power (doruk güç); Test sırasında elde edilen en yüksek mekanik güç değeri olan peak power alaktik anaerobik sürece dayandığı için “anaerobik gücün” göstergesi olarak kabul edilmektedir (Özkan ve ark., 2010).

Average power ve relatif average power (ortalama güç); Test sırasında elde edilen ortalama mekanik güç değeri olan average power anaerobik glikoliz sürecine dayandığı için “anaerobik kapasitenin” göstergesi olarak kabul edilmektedir (Özkan ve ark., 2010).

Minimum Power ve relatif minimum power (minimum güç); Test sırasında elde edilen en düşük mekanik güç değeridir (Beyaz, 1997).

Time to peak; Peak power değerine ne kadar süre (sn) içinde ulaşıldığını ifade eder.

Power drop ve %Power drop (yorgunluk indeksi); Peak power ile minimum power arasındaki farkı ifade etmektedir. 30 sn test boyunca ne kadar güç düşüşü olduğunu belirtir. %Power drop, yorgunluk indeksi olarak da adlandırılır (Özkan ve ark., 2010).

3.3. İstatistiksel Yöntem

Araştırma sonunda elde edilen verilerin; tasnif edilmesinde ve yüzdeler farklarının hesaplanmasında Excel programı (Microsoft Office, sürüm 2007, Microsoft Corp., Redmond, WA, ABD), istatistiksel olarak analiz edilmesinde ise SPSS paket programı (SPSS for Windows, sürüm 16.0, 2008, SPSS Inc., Chicago, Illinois, ABD) kullanıldı. Veriler; aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değer olarak sunuldu. Normallik sınaması için Kolmogorov-Smirnov/Shapiro-Wilk testleri; homojenlik sınaması için Levene testi uygulandı. Normal dağılım göstermeyen veri setleri için çarpıklık ve basıklık değerleri kontrol edildi ve ± 2 değeri içinde olan veri setlerinin normal dağılım gösterdiği kabul edildi. Değişkenler arasındaki ilişkinin kontrolü için Pearson korelasyonu yapıldı. Aerobik/anaerobik kontrol ve deney uygulamalarındaki farkının analizi için bağımlı t-testi uygulandı. MIP/MEP başlangıç, kontrol ve deney uygulamaları arasındaki farkın analizi için tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi ve farklılığın hangi uygulamada olduğunu belirlemek için Bonferroni düzeltme testi kullanıldı. İstatistiksel sonuçlar %95 güven aralığında ve $p < 0,05$ anlamlılık düzeylerinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Araştırmanın bu bölümünde elde edilen verilerin ortalama değerleri ve istatistiksel sonuçları aktarıldı.

Çalışmaya katılan deneklerin tanımlayıcı verileri incelendiğinde sırasıyla yaş ortalamasının $20,50 \pm 1,98$ yıl, boy uzunluğunun $179,33 \pm 6,91$ cm, vücut ağırlığının $73,73 \pm 12,72$ kg, VKİ $22,80 \pm 2,66$ kg/m^2 olduğu hesaplandı (Tablo 4).

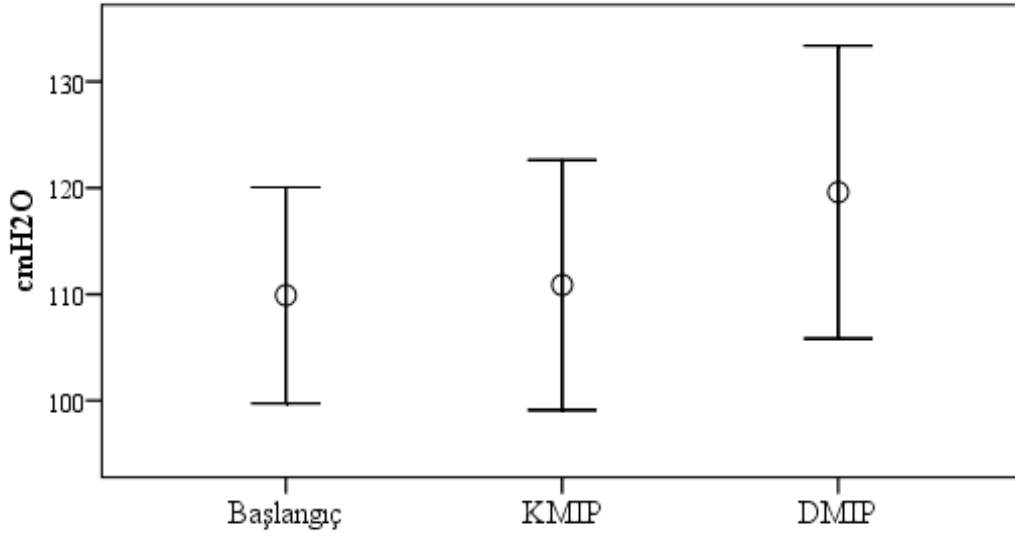
Tablo 4. Deneklerin tanımlayıcı bilgileri

Değişken	N	Min.	Maks.	Ort.	S.S.
Yaş (yıl)	30	18,00	25,00	20,50	1,98
Boy Uzunluğu (cm)	30	166,00	194,00	179,33	6,91
Vücut Ağırlığı (kg)	30	54,00	113,00	73,73	12,72
VKİ (kg/m^2)	30	19,16	31,63	22,80	2,66

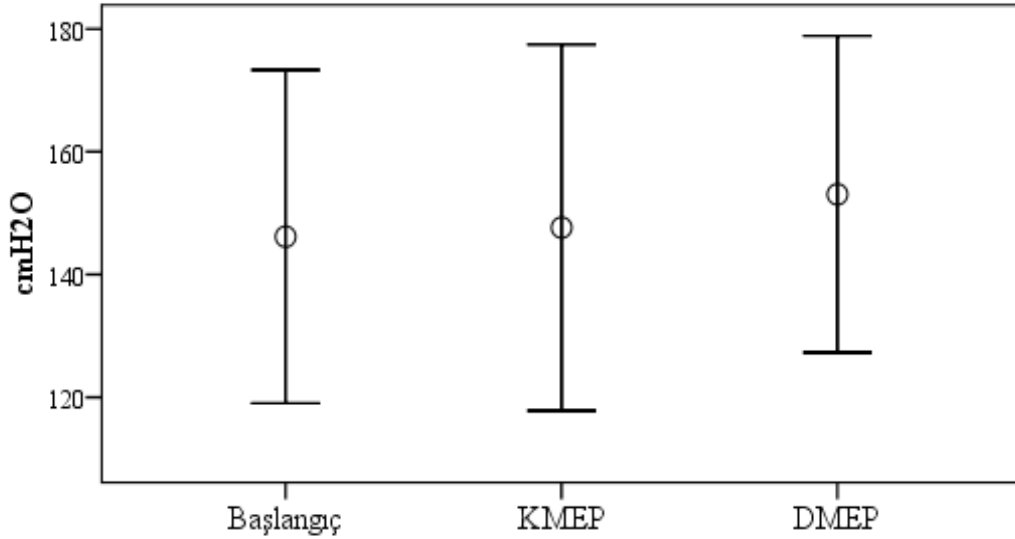
Deneklere uygulanan MIP ölçümlerine bakıldığında; başlangıçta $109,90 \pm 10,17$ cmH_2O , K_{MIP} uygulamasında $110,87 \pm 11,76$ cmH_2O ve D_{MIP} uygulamasında $119,60 \pm 13,77$ cmH_2O olarak ölçüldü (Şekil 16). D_{MIP} ile başlangıç düzeyi arasında %8,83, K_{MIP} arasında ise %7,87 oranında artış tespit edildi (Tablo 5). MEP ölçümlerinde ise, başlangıçta $146,17 \pm 27,13$ cmH_2O , K_{MEP} 'te $147,63 \pm 29,83$ cmH_2O ve D_{MEP} uygulamasında $153,07 \pm 25,77$ cmH_2O sonuçları ortaya çıktı (Şekil 17). D_{MEP} ile başlangıç düzeyi arasında %4,72, K_{MEP} arasında ise %3,68 oranında artış belirlendi.

Tablo 5. MIP ve MEP ölçümleri sonucunda ortaya çıkan değerler

Değişken	N	Min.	Maks.	Ort.	S.S.	% fark	
MIP (cmH_2O)	Başlangıç	30	98,00	138,00	109,90	10,17	D_{MIP} -Başlangıç: 8,83
	K_{MIP}	30	97,00	146,00	110,87	11,76	D_{MIP} - K_{MIP} : 7,87
	D_{MIP}	30	98,00	158,00	119,60	13,77	
MEP (cmH_2O)	Başlangıç	30	107,00	207,00	146,17	27,13	D_{MEP} -Başlangıç: 4,72
	K_{MEP}	30	105,00	211,00	147,63	29,83	D_{MEP} - K_{MEP} : 3,68
	D_{MEP}	30	120,00	209,00	153,07	25,77	



Şekil 16. MIP değerinde başlangıç, kontrol ve deney uygulamalarında meydana gelen değişim grafiği



Şekil 17. MEP değerinde başlangıç, kontrol ve deney uygulamalarında meydana gelen değişim grafiği

MIP ve MEP parametresi için başlangıç, genel ısınmadan sonra ($K_{MIP/MEP}$) ve solunum kası ısınma egzersizinden sonra ($D_{MIP/MEP}$) elde edilen verilerin analizi Tablo 6'da sunuldu. Tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi sonucunda uygulamalar arasında MIP ve MEP parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu bulundu ($p < 0,05$).

Farkın hangi uygulamalar arasında olduğunun belirlenmesi için yapılan Bonferroni testi sonucunda, D_{MIP} ile başlangıç seviyesi ($p:0,001$) ve K_{MIP} arasında ($p:0,001$), D_{MIP} lehine; D_{MEP} ile başlangıç seviyesi ($p:0,002$) ve K_{MEP} arasında ($p:0,008$), D_{MEP} lehine anlamlılık görüldü (Tablo 6).

Tablo 6. Başlangıç MIP ve MEP ölçümleri ile $K_{MIP/MEP}$ ve $D_{MIP/MEP}$ uygulamalarının istatistiksel analizi

	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Anlamlı fark
MIP (cmH ₂ O)	Denekler arası	11.478,322	29	395,804	48,27	0,001*	3-1
	Uygulamalar arası	1.712,956	2	856,478			
	Hata	1.029,044	58	17,742			
	Toplam	14.220,322	89				
MEP (cmH ₂ O)	Denekler arası	64.437,822	29	2.221,994	11,60	0,001*	3-1
	Uygulamalar arası	792,822	2	396,411			
	Hata	1.981,178	58	34,158			
	Toplam	67.211,822	89				

* $p<0,05$; Uygulamalar: 1. Başlangıç, 2. Kontrol, 3. Deney

K_{MIP} ve K_{MEP} parametrelerinin K_{AE} ve K_{AN} uygulamalarında elde edilen veriler ile korelasyonu aşağıda sunulmuştur (Tablo 7). K_{MIP} ve K_{MEP} parametrelerinin aerobik ve anaerobik parametreler ile arasında anlamlı bir ilişki görülmedi ($p>0,05$).

Tablo 7. Kontrol uygulamalarında ölçülen MIP/MEP ve aerobik/anaerobik parametrelerin ilişkisi

	Max VO ₂	Relatif Max VO ₂	$\Delta VO_2/\Delta WR$	MET	Peak Power	Relatif P. Power	Average Power	Relatif A. Power	Minimum Power	Relatif M. Power	Power Drop	Time to Peak	%Power Drop	
MIP	r	0,025	-0,128	0,017	-0,238	0,293	0,272	0,211	0,165	0,153	0,073	0,330	-0,063	0,120
	p	0,897	0,499	0,928	0,205	0,116	0,146	0,262	0,383	0,419	0,703	0,075	0,741	0,527
MEP	r	0,215	-0,034	0,113	-0,031	0,330	0,278	0,320	0,177	0,327	0,196	0,339	-0,275	-0,013
	p	0,253	0,860	0,554	0,872	0,075	0,138	0,085	0,351	0,078	0,300	0,067	0,141	0,946

D_{MIP} ve K_{MEP} parametrelerinin D_{AE} ve D_{AN} uygulamalarında elde edilen veriler ile korelasyonu aşağıda sunulduğu gibidir (Tablo 8). Buna göre D_{MIP} ve D_{MEP} parametrelerinin aerobik ve anaerobik parametreler ile arasında anlamlı bir ilişki bulunmadı ($p>0,05$).

Tablo 8. Deney uygulamalarında ölçülen MIP/MEP ve aerobik/anaerobik parametrelerin ilişkisi

		MaxVO ₂	Relatif MaxVO ₂	Δ VO ₂ / Δ WR	MET	Peak Power	Relatif P. Power	Average Power	Relatif A. Power	Minimum Power	Relatif M. Power	Power Drop	Time to Peak	%Power Drop
MIP	r	0,057	0,059	0,081	0,079	0,291	0,297	0,113	0,180	-0,069	-0,115	0,338	0,000	0,256
	p	0,764	0,756	0,670	0,678	0,118	0,112	0,552	0,342	0,717	0,544	0,068	1,000	0,173
MEP	r	0,064	-0,136	-0,044	-0,136	0,278	0,134	0,171	0,005	-0,033	-0,205	0,308	0,086	0,275
	p	0,738	0,475	0,817	0,474	0,137	0,481	0,365	0,980	0,861	0,278	0,098	0,650	0,141

Solunum kas kuvvetinin göstergesi olan MIP ve MEP parametrelerinin deney ve kontrol uygulamaları arasındaki farkın aerobik ve anaerobik parametrelerin deney ve kontrol uygulamaları arasındaki fark ile korelasyonu incelendi (Tablo 9). MIP ve MEP parametrelerinde meydana gelen değişim ile aerobik ve anaerobik parametrelerde meydana gelen değişim arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 9. MIP/MEP ve aerobik/anaerobik parametrelerin kontrol ve deney uygulamaları arasındaki farkın korelasyonu

		MaxVO ₂	Relatif MaxVO ₂	Δ VO ₂ / Δ WR	MET	Peak Power	Relatif P. Power	Average Power	Relatif A. Power	Minimum Power	Relatif M. Power	Power Drop	Time to Peak	%Power Drop
MIP	r	-0,036	0,026	-0,095	-0,040	0,096	0,108	0,116	0,136	-0,093	-0,072	0,125	0,040	0,159
	p	0,850	0,891	0,618	0,834	0,613	0,570	0,541	0,473	0,626	0,705	0,510	0,833	0,400
MEP	r	-0,063	0,020	-0,248	-0,067	0,311	0,326	0,367	0,339	0,346	0,326	0,176	-0,083	-0,077
	p	0,741	0,916	0,186	0,726	0,095	0,078	0,052	0,067	0,061	0,078	0,352	0,664	0,684

Aerobik gücü belirlemek için yapılan test neticesinde K_{AE} ve D_{AE} uygulamalarına ait ortalamalar ile aralarındaki farklar belirlendi. Solunum kası ısınma egzersizi protokolünün uygulandığı D_{AE} uygulamasında aerobik gücün her parametresinde artış olduğu gözlemlendi (Tablo 10).

Buna göre; MaxVO₂ K_{AE}'de 3,45±0,74 lt/dk iken D_{AE} uygulamasında 4,10±0,87 lt/dk (Şekil 18); relatif MaxVO₂ K_{AE} değeri 47,11±8,00 ml/kg/dk ve D_{AE} değerinin de 56,30±10,86 ml/kg/dk (Şekil 19) olduğu belirlendi.

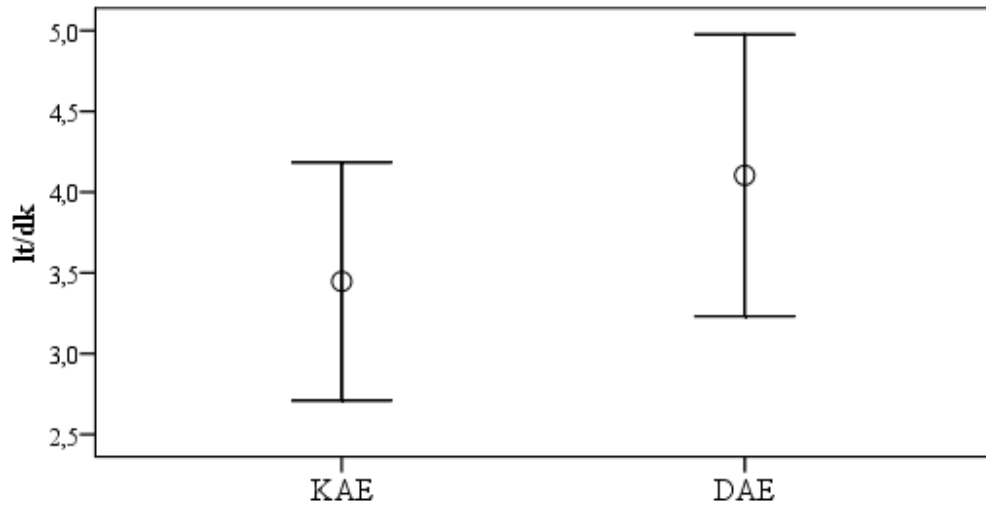
Bir başka değişken olan $\Delta VO_2/\Delta WR$ 'nin K_{AE} uygulamasında 13,43±2,20 mlO₂.dk⁻¹.w⁻¹ bulunurken D_{AE}'de ise 14,71±3,29 mlO₂.dk⁻¹.w⁻¹ tespit edildi (Şekil 20). Son olarak metabolik eşdeğer değişkeni K_{AE} uygulamasında 14,48±2,76 MET ve D_{AE} değerinin de 16,73±3,39 MET olduğu hesaplanmıştır (Şekil 21).

Deneklerin K_{AE} ve D_{AE} uygulamaları sonucunda bütün aerobik parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlılık saptanmıştır (p<0,05).

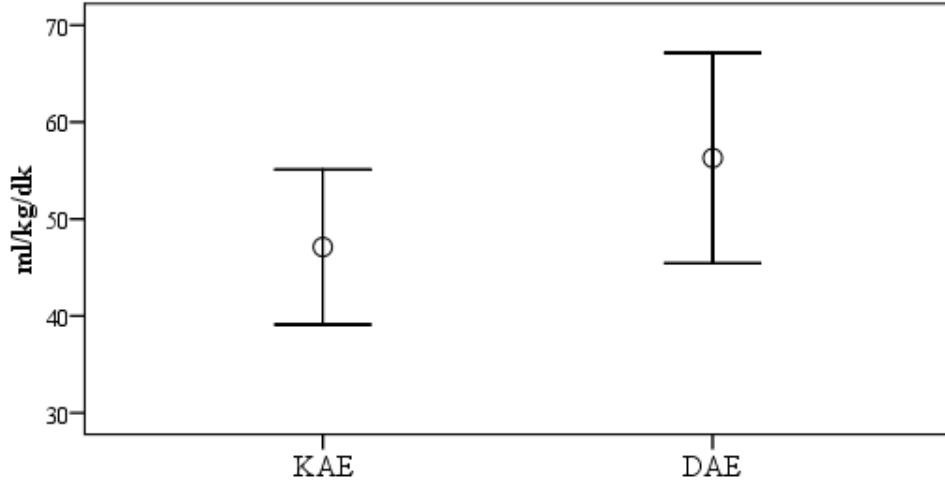
Tablo 10. K_{AE} ve D_{AE} aerobik güç değerlerinin karşılaştırılması

Değişken	Test	N	Ortalama	S.S.	% fark	t	p
MaxVO ₂ (lt/dk)	K _{AE}	30	3,45	0,74	18,84	5,622	0,001*
	D _{AE}	30	4,10	0,87			
Relatif MaxVO ₂ (ml/kg/dk)	K _{AE}	30	47,11	8,00	19,51	5,328	0,001*
	D _{AE}	30	56,30	10,86			
$\Delta VO_2/\Delta WR$ (mlO ₂ .dk ⁻¹ .w ⁻¹)	K _{AE}	30	13,43	2,20	9,53	2,439	0,021*
	D _{AE}	30	14,71	3,29			
Metabolik Eşdeğer (MET)	K _{AE}	30	14,48	2,76	15,54	3,498	0,002*
	D _{AE}	30	16,73	3,39			

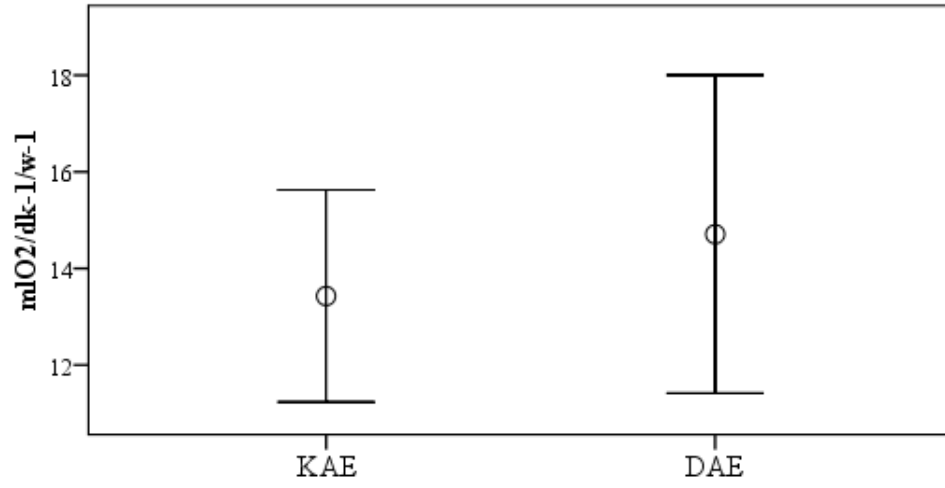
*:p<0,05



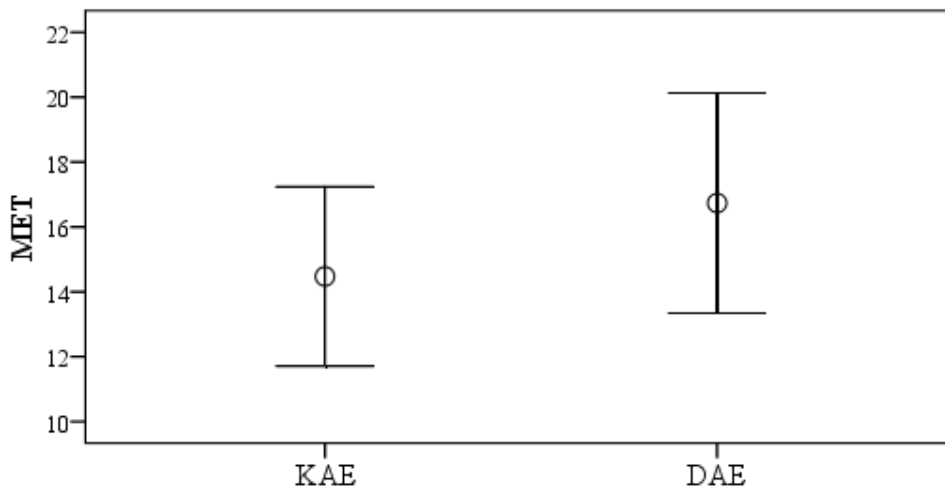
Şekil 18. K_{AE} ve D_{AE} uygulamalarının MaxVO₂ ortalama ve standart sapmalarını gösteren grafik



Şekil 19. K_{AE} ve D_{AE} uygulamaları relatif MaxVO₂ ortalama ve standart sapmalarını gösteren grafik



Şekil 20. K_{AE} ve D_{AE} uygulamalarının $\Delta VO_2/\Delta WR$ ortalama ve standart sapmalarını gösteren grafik



Şekil 21. K_{AE} ve D_{AE} uygulamaları metabolik eşdeğer ortalama ve standart sapmaları grafiği

Araştırmanın bir diğer aşaması olan anaerobik güç ölçümleri sonuçları ortalama değerleri Tablo 11’de sunulmuştur. Ortaya çıkan veriler kontrol ve deney uygulamaları açısından değerlendirildiğinde aerobik güçte olduğu gibi deney uygulamasının tüm parametrelerinde pozitif yönde bir değişim gözlenmiştir.

Tablo 11. K_{AN} ve D_{AN} anaerobik güç değerlerinin karşılaştırılması

Değişken	Test	N	Ort.	S.S.	% fark	t	p
Peak Power (W)	K_{AN}	30	767,01	162,86	8,89	2,201	0,036*
	D_{AN}	30	835,16	175,13			
Relatif Peak Power (W/kg)	K_{AN}	30	10,40	1,36	9,62	2,238	0,033*
	D_{AN}	30	11,40	1,96			
Average Power (W)	K_{AN}	30	537,45	108,18	2,42	1,431	0,163
	D_{AN}	30	550,44	102,67			
Relatif Average Power (W/kg)	K_{AN}	30	7,28	0,77	2,61	1,574	0,126
	D_{AN}	30	7,47	0,55			
Minimum Power (W)	K_{AN}	30	295,31	70,01	0,16	0,042	0,967
	D_{AN}	30	295,78	74,23			
Relatif Minimum Power (W/kg)	K_{AN}	30	4,00	0,67	1,00	0,212	0,834
	D_{AN}	30	4,04	0,85			
Power Drop (W)	K_{AN}	30	471,70	112,23	14,35	2,098	0,045*
	D_{AN}	30	539,38	166,19			
Time to Peak (sn)	K_{AN}	30	3,92	1,73	-28,83	-3,392	0,002*
	D_{AN}	30	2,79	1,45			
%Power Drop (%)	K_{AN}	30	61,37	5,69	3,99	1,441	0,160
	D_{AN}	30	63,82	8,13			

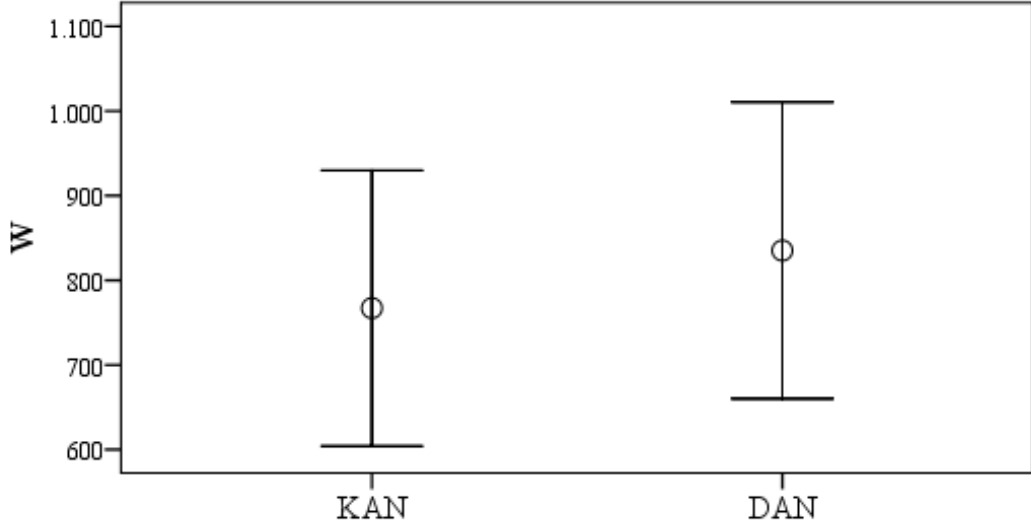
*:p<0,05

K_{AN} ve D_{AN} uygulamalarına göre sırasıyla ortamla değerleri; peak power parametresi $767,01 \pm 162,86$ W, $835,16 \pm 175,13$ W (Şekil 22); relatif peak power $10,40 \pm 1,36$ W/kg, $11,40 \pm 1,96$ W/kg (Şekil 23); average power $537,45 \pm 108,18$ W, $550,44 \pm 102,67$ W (Şekil 24); relatif average power $7,28 \pm 0,77$ W/kg, $7,47 \pm 0,55$ W/kg (Şekil 25) olduğu bulundu.

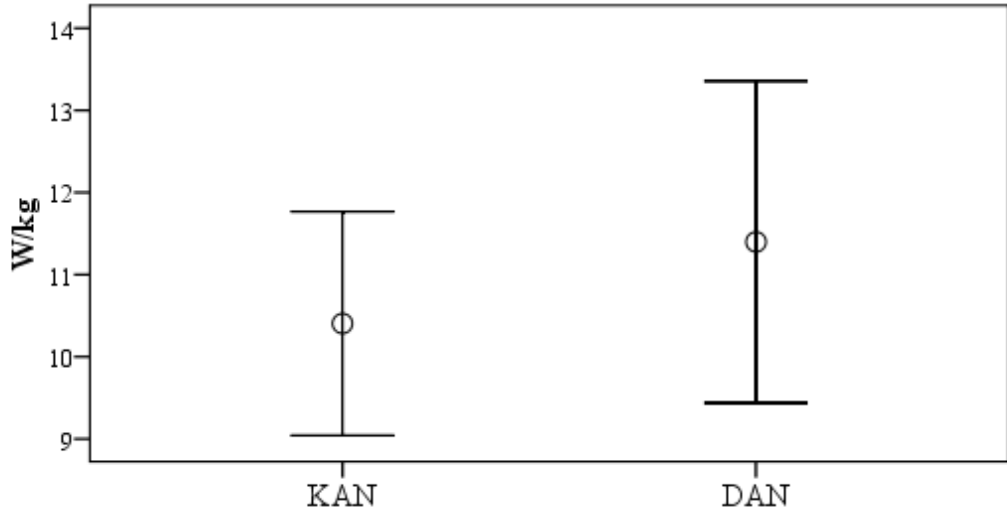
Yine anaerobik güç testi sonucunda elde edilen diğer veriler sırasıyla minimum power değişkeninde $295,31 \pm 70,01$ W, $295,78 \pm 74,23$ W olarak (Şekil 26); relatif minimum power parametresinde $4,00 \pm 0,67$ W/kg, $4,04 \pm 0,85$ W/kg (Şekil 27); power drop $471,70 \pm 112,23$ W, $539,38 \pm 166,19$ W (Şekil 28); time to peak $3,92 \pm 1,73$ sn, $2,79 \pm 1,45$ sn (Şekil 29); %power drop $\%61,37 \pm 5,69$, $\%63,82 \pm 8,13$ olduğu belirlenmiştir (Şekil 30).

Deneklerin K_{AN} ve D_{AN} uygulamaları sonucunda anaerobik parametrelerinden peak power, relatif peak power, power drop ve time to peak parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlılık gözlenmiştir ($p < 0,05$).

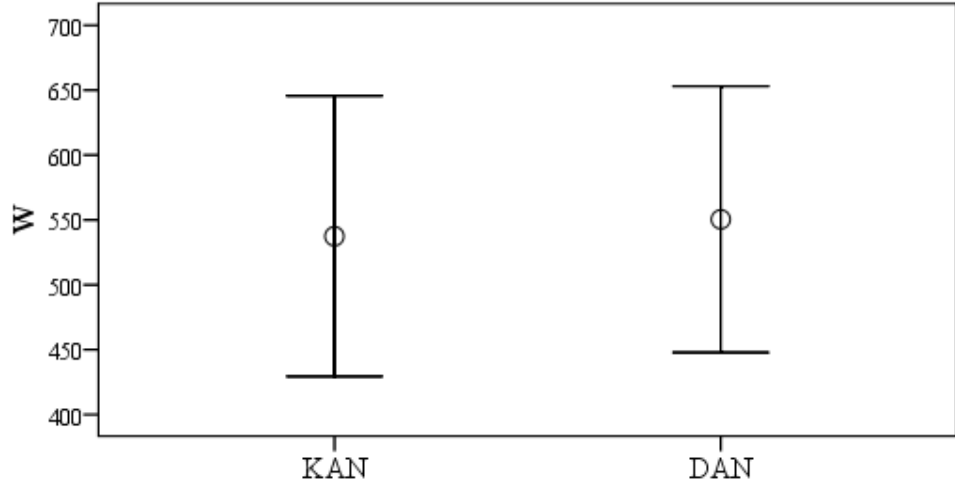
Average power, relatif average power, minimum power, relatif minimum power ve %power drop parametrelerinde ise istatistiksel olarak anlamlılığa rastlanmamıştır ($p > 0,05$).



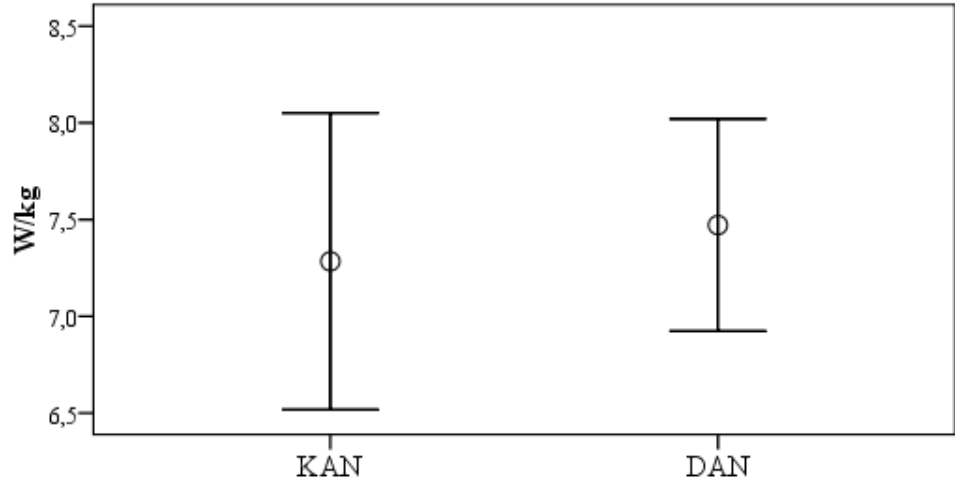
Şekil 22. K_{AN} ve D_{AN} uygulamalarının peak power ortalama ve standart sapmaları grafiği



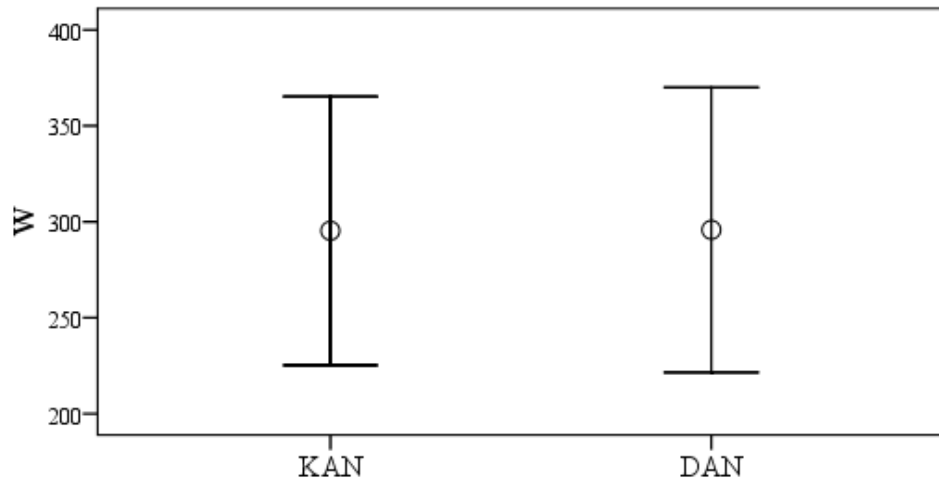
Şekil 23. K_{AN} ve D_{AN} uygulamalarının relatif peak power ortalama ve standart sapmaları grafiği



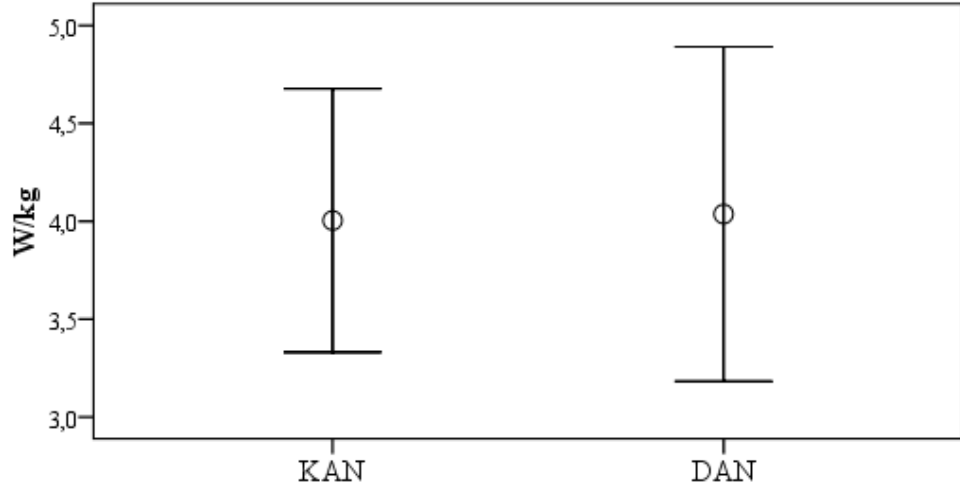
Şekil 24. K_{AN} ve D_{AN} uygulamalarının average power ortalama ve standart sapmaları grafiği



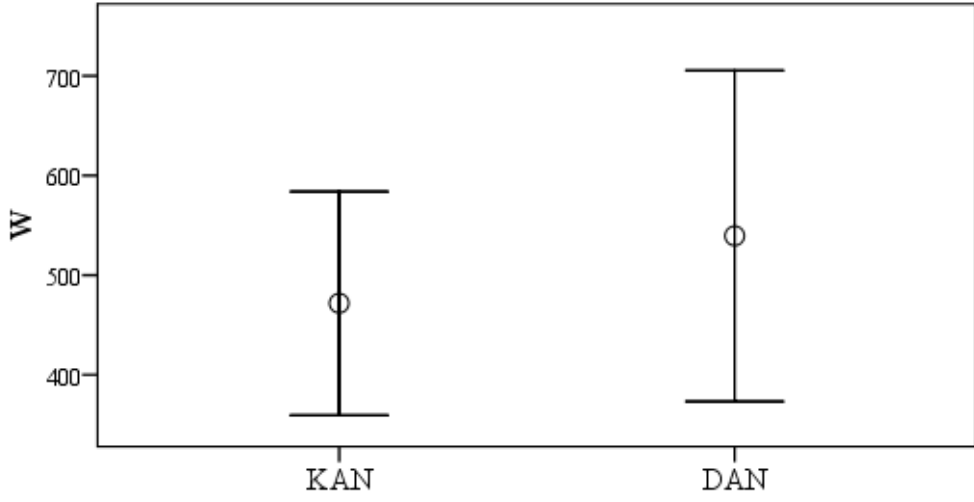
Şekil 25. K_{AN} ve D_{AN} uygulamalarının relatif average power ortalama ve standart sapmaları grafiği



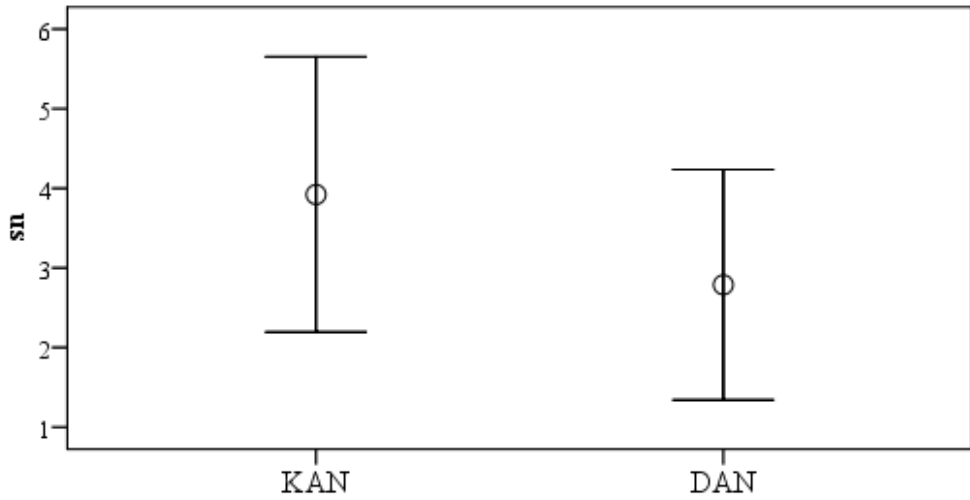
Şekil 26. K_{AN} ve D_{AN} uygulamalarının minimum power ortalama ve standart sapmaları grafiği



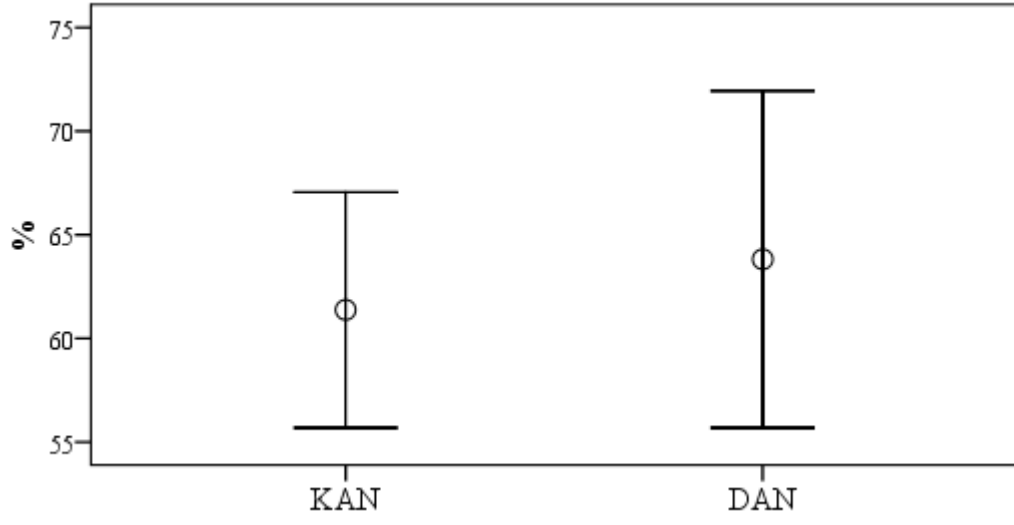
Şekil 27. K_{AN} ve D_{AN} uygulamaları relatif minimum power ortalama ve standart sapmaları grafiği



Şekil 28. K_{AN} ve D_{AN} uygulamalarının power drop ortalama ve standart sapmaları grafiği



Şekil 29. K_{AN} ve D_{AN} uygulamalarının time to peak ortalama ve standart sapmaları grafiği



Şekil 30. K_{AN} ve D_{AN} uygulamalarının %power drop ortalama ve standart sapmaları grafiği

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, 2014 yılı itibari ile süper lig ve/veya milli takım düzeyinde aktif spor hayatına devam eden 30 elit hokeyci çalışma grubumuzu oluşturdu. Bu deneklere iki aerobik, iki anaerobik, üç MIP ve üç MEP olmak üzere toplamda 10 uygulama ve 300 test yapıldı.

5.1. Tanımlayıcı Veriler

Yapılmış olan birçok araştırma, antropometrik değişkenlerin sporcunun fiziksel uygunluk ve başarısı üzerine doğrudan etkili olduğunu göstermiştir. Branşa uygun becerilerin, rakiplere ve yapmış olduğu branşın saha koşulları ve kullanılan malzeme ile uyum içerisinde hareket edebilmesine olanak tanıyan fiziksel özelliklerin arzu edilen düzeyde olması gerekmektedir. Fiziksel uygunluğun başında ise boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut yağ yüzdesi gibi parametreler gelmektedir (Kabadayı, 2005; Bostancı, 2009).

5.1.1. Yaş

Araştırmaya katılan deneklerin en düşük 18, en yüksek 25 yaşında ve yaş ortalamalarının da $20,50 \pm 1,98$ yıl olduğu hesaplandı.

Yabancı araştırmacıların hokeyciler üzerinde birçok çalışma yaptıkları görülse de ülkemiz spor bilimcileri açısından yeterli sayıda literatüre ulaşamamıştır. Smith ve ark. (2001), 27 elit hokeyci üzerinde yaptığı çalışmada yaş ortalamasını $20,0 \pm 3,43$ yıl, Zachrich (2008) 24 elit hokeycinin yaş ortalamasını $20,9 \pm 1,2$ yıl, Lemmink ve Visscher (2006) 21 Flemenk hokeyciyi $21,5 \pm 1,3$ yıl olarak bulmuştur. Williams ve ark. (2003), 24 elit hokeyci üzerinde yaptıkları çalışmada $21,6 \pm 2,2$ yıl, Cochrane ve Stannard (2005), 18 erkek elit hokeycide $21,8 \pm 5,9$ yıl, Aziz ve ark. (2000), 40 erkek Singapur milli takım oyuncusu yaş ortalamasının $22,6 \pm 4,2$ yıl olduğunu belirtmişlerdir.

Yaş grupları açısından farklı ülkelerdeki hokeyciler üzerinde yapılan araştırmalar göstermiştir ki elit grup olarak belirlenen sporcuların yaş ortalamaları 18-25 yıl arası değişkenlik göstermektedir (Dabinett ve ark., 2001; Bishop ve ark., 2001; Spencer ve ark., 2006; Konarski ve ark., 2006; Lythe, 2008; Macleod ve ark., 2009; Bishop ve Maxwell, 2009; Hinrichs ve ark., 2010; Leslie, 2012; Jennings ve ark., 2012; Sharma ve ark., 2012; Koley ve ark., 2012; Koley ve Vashisth, 2014).

Yukarıda belirtilen literatüre göre, çalışmamıza katılan hokeycilerin yaş ortalamaları açısından normatif aralıkta olduğu sonucuna varılmıştır.

5.1.2. Boy Uzunluğu

Denek grubumuzun en düşük 166, en fazla 194 cm uzunluğunda ve boy uzunluğu ortalamalarının da $179,33 \pm 6,91$ cm olduğu tespit edildi. Çalışmamıza katılan elit hokeyciler ile literatür karşılaştırıldığında boy uzunluğu açısından birçok çalışmaya göre daha uzun, sadece birkaç çalışmaya göre daha kısa oldukları gözlenmiştir.

Yapılan araştırmalara göre elit hokeycilerde ortalama boy uzunluğunun 166 ± 6 cm ile $178,8 \pm 1$ cm arasında değiştiği belirlendi (Scott, 1991; Aziz, 2000; Cochrane ve Stannard, 2005; Konarski ve ark., 2006; Pogorski ve ark., 2006; Lemmink ve Visscher, 2006; Sharma ve ark., 2012; Koley ve ark., 2012; Jennings ve ark., 2012; Leslie, 2012; Koley ve Vashisth, 2014). Bununla birlikte Lythe (2008) 18 elit erkek hokeyci üzerinde yaptığı çalışmada boy uzunluğu ortalamasını $180,1 \pm 4,9$ cm olarak belirtirken, Zachrich (2008) 24 elit hokeycinin ortalamasını $188,0 \pm 13,4$ cm olarak saptamıştır.

Boy uzunluğu açısından denek grubumuzun uluslararası normatif değerler arasında olduğu sonucu elde edildi.

5.1.3. Vücut Ağırlığı

Çalışmamızda yer alan hokeycilerin en az 54 kg, en fazla 113 kg oldukları, ayrıca vücut ağırlığı ortalamalarının $73,73 \pm 12,72$ kg oldukları belirlendi.

Denek grubumuzu oluşturan hokeycileri ile literatür karşılaştırıldığında vücut ağırlığı açısından bazı çalışmalara göre daha ağır (Aziz, 2000; Bishop ve ark., 2001; Cochrane ve Stannard, 2005; Konarski ve ark., 2006; Lemmink ve Visscher, 2006; Zachrich, 2008; Macleod ve ark., 2009; Koley ve ark., 2012; Sharma ve ark., 2012; Koley ve Vashisth, 2014;), birkaç çalışmaya göre ise daha hafif oldukları görülmüştür (Scott, 1991; Pogorski ve ark., 2006; Spencer ve ark., 2006; Bishop ve Maxwell, 2009; Leslie, 2012; Jennings ve ark., 2012).

Denek grubumuzu oluşturan elit hokeycilerin vücut ağırlıklarının literatürde yer alan uluslararası emsallerinin vücut ağırlıklarına göre ortalama bir değerde olduğu görülmektedir. Bu açıdan deneklerimizin uluslararası norma uygun oldukları sonucuna varıldı.

5.1.4. Vücut Kitle İndeksi

Antropometrik faktörler performansta önemli bir unsur olarak kabul edilmektedir (Malina ve Bouchard, 1991). Antropometrik faktörlerden olan vücut kitle indeksi (VKİ), vücut ağırlığı ve boy uzunluğundan elde edilir ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından kabul edilen, ekonomik, cinsiyet ayrımı yapılmadan tüm bireylere uygulanabilen, kullanışlı, geçerli ve en yaygın boy-ağırlık indeksidir (Booth ve ark., 2000).

Denek grubumuzun VKİ ortalamasının $22,80 \pm 2,66 \text{ kg/m}^2$ olduğu saptandı. Koley ve Vashisth (2014), Hindistan'da elit düzeyde hokey oynayan 80 erkek hokeyci üzerinde yaptığı araştırmalarında VKİ ortalamasını $20,76 \pm 4,22 \text{ kg/m}^2$, Koley ve ark. (2012), Hindistan'da üniversite takımlarında oynayan 58 erkek elit hokeycinin VKİ değerini $20,97 \pm 1,81 \text{ kg/m}^2$ olarak tespit etmişlerdir. Bir diğer çalışmada Sparling ve ark. (1998), Amerikan olimpiyat hokey takımının VKİ ortalamasının $22,0 \pm 1,3 \text{ kg/m}^2$, Konarski ve ark. (2006), Polonya milli takımının $23,12 \pm 1,05 \text{ kg/m}^2$, Pogorski ve ark. (2006), 56 Polonyalı hokeycinin $23,4 \pm 2,1 \text{ kg/m}^2$, Zachrich (2008) 24 elit hokeycinin VKİ değerlerinin $26,2 \pm 1,6 \text{ kg/m}^2$ olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızda elit hokeyci deneklerimizden elde ettiğimiz VKİ değerleri literatürde yer alan araştırmalar ile paralellik göstermektedir.

5.2. Solunum Kas Kuvveti

Solunum kasları, performansın ortaya koyulmasında önemli kriterlerden biri olarak spor bilimcileri tarafından kabul edilmiş bir olgudur. Solunum kaslarının dayanıklılığı, yorgunluğa direnç oluşturmada önemlidir. Solunum kaslarının değerlendirilmesinde en sık kullanılan ve invaziv olmayan yöntemlerden birisi maksimal inspiratuar basınç (MIP) ve maksimal ekspiratuar basınç (MEP) ölçümüdür (McConnell, 2011; Hautmann ve ark., 2000; Volianitis ve ark., 2001b). Çalışmamızda genel ısınmanın ve solunum kası ısınmasının, solunum kas kuvveti üzerine etkisi incelenmiştir.

Yapmış olduğumuz ölçümlerin sonuçlarına göre başlangıç MIP değerinin $109,90 \pm 10,17 \text{ cmH}_2\text{O}$ ve başlangıç MEP değerinin ise $146,17 \pm 17,13 \text{ cmH}_2\text{O}$ olduğu bulundu. K_{MIP} ortalaması $110,87 \pm 11,76 \text{ cmH}_2\text{O}$, D_{MIP} ortalaması ise $119,60 \pm 13,77 \text{ cmH}_2\text{O}$ olarak belirlendi. K_{MEP} 'in $147,63 \pm 29,83 \text{ cmH}_2\text{O}$, D_{MEP} 'in ise $153,07 \pm 25,77$

cmH₂O olduğu hesaplandı. K_{MIP} ile D_{MIP} arasında %7,88 fark, K_{MEP} ile D_{MEP} arasında da %3,68'lik fark saptandı. Ayrıca başlangıç MIP ve MEP ölçümleri ile K_{MIP/MEP} ve D_{MIP/MEP} uygulamaları karşılaştırıldığında; D_{MIP} uygulaması ile başlangıç MIP değeri ve K_{MIP} uygulaması arasında (p:0,001; p:0,001), D_{MEP} uygulaması ile başlangıç MEP değeri ve K_{MEP} uygulaması arasında (p:0,002; p:0,008) istatistiksel anlamlılık bulundu.

Literatür araştırmasında MIP ve MEP ölçümleri ile ilgili farklı branşlarda çalışmalara ulaşılsa da hokeyciler üzerinde yapılmış herhangi bir araştırmayla karşılaşılmamıştır. Benzer yaş aralığında olan araştırmalarda; Carpenter ve ark. (1999), ise yüksek fiziksel aktivite seviyesine sahip kişilerde MIP ortalamasının 111±27,8 cmH₂O olduğunu belirtmişlerdir. Rumaka ve ark. (2013), yüzücülerde MIP'in 109±30 cmH₂O, MEP'in 147±33 cmH₂O, Volianitis ve ark. (2001c), elit kürekçilerde MIP'in 104±8 cmH₂O olduğunu bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada Fuso ve ark. (1996), elit futbolcuların MIP değerinin 113,80±3,1 cmH₂O, Hostrup ve ark. (2014), bisiklet, dağ bisikleti ve triatlon branşlarında dayanıklılık sporcularının MEP değerinin 144±7 cmH₂O olduğunu tespit etmişlerdir.

Referans değerlerinin belirlendiği çalışmalarda ise MIP için 129,3±17,6 cmH₂O, MEP için 147,33±11,0 cmH₂O (Neder ve ark., 1999), başka bir çalışmada MIP 119,0±33,7 cmH₂O, MEP 152,6±47,8 cmH₂O (Araújo ve ark., 2012), yine benzer bir çalışmada ise MIP referans değeri 114 cmH₂O, MEP referans değeri ise 160 cmH₂O olarak ifade edilmiştir (Leech ve ark., 1983).

Solunum yollarında rahatsızlık geçiren hasta bireylerde yapılan araştırmaları incelediğimizde; Casanova ve ark. (2000), ağır kronik obstrüktif akciğer hastalarında (KOAH) MIP değerini 48±22 cmH₂O, MEP değerini ise 39±23 cmH₂O, Terzano ve ark. (2008), KOAH hastaları ve normal bireylerin karşılaştırmasını yaptığı çalışmada MIP ve MEP değerlerini sırasıyla; normal bireylerde 99±18 ve 102±26 cmH₂O, hafif KOAH hastalarında 84±34 ve 93±29 cmH₂O, ılımlı KOAH hastalarında 80±34 ve 90±32 cmH₂O, ağır KOAH hastalarında 65±20 ve 75±21 cmH₂O olduğunu tespit etmişlerdir. Yine KOAH hastalarında yapılan başka araştırmalarda, MIP ve MEP değerlerini sırasıyla 71±29 ve 111±34 cmH₂O (Pitta ve ark., 2008), diyabet ve KOAH geçmişi olan hastalarda koroner arter bypass ameliyatı öncesi MIP ve MEP değerlerinin 51 ve 60 cmH₂O; ameliyat sonrası 24 ve 10 cmH₂O olduğu (Hulzebos ve ark., 2003) ifade

edilmiştir. Singer ve ark. (2011), 828 ağır KOAH hastası olanların MIP ortalamalarını 69,0 cmH₂O ve MEP ortalamalarını 82,2 cmH₂O olarak tespit etmişlerdir.

Araştırmamızdan elde ettiğimiz MIP ve MEP değerleri, benzer yaş aralığında bulunan sağlıklı ve sporcu bireyler açısından normatif aralıkta olduğu görülmüştür.

Solunum kasları insanlar için hayati organlardır ve egzersizde çok önemli bir rol oynarlar (Ratnovsky ve ark., 2008; Amonette ve Dupler, 2002). Egzersiz esnasında sporcular binlerce kez nefes alıp verirler ve diğer iskelet kasları gibi solunum kasları da düzenli çalışabilmek için yeterli miktarda O₂ ihtiyacı duyarlar (Amonette ve Dupler, 2002). Özellikle yüksek şiddetli egzersiz sırasında solunum kasları dinlenmeye oranla çok daha fazla aktiftirler. Bu sebeple solunum kasları verimli solunumu sürdürebilmeleri için önemli miktarda metabolik çalışmaya ihtiyaç duymaktadırlar (Sheel, 2002). Solunum kaslarının kuvvetli ve dayanıklı olması egzersiz kapasitesini arttırabilir; çünkü solunum kas yorgunluğunun geciktirilerek ya da engellenerek kan akımının solunum kaslarına yeterli ve düzenli miktarda dağılımı sağlanır. Böylece artan iş yükünün ihtiyaç duyduğu solunumsal fonksiyon daha kolay gerçekleştirilecektir (Gigliotti ve ark., 2006; Harms ve ark., 2000; Mostoufi-Moab ve ark., 1998; Somers ve ark., 1992). Solunum kas ısınmasının solunum kas kuvvetine etkilerine dair literatür incelendiğinde;

Lomax ve McConnell (2009), aktif spor yapan 8 denek ile yürüttükleri çalışmada; solunum kas ısınma egzersizi öncesinde 122±30,3 cmH₂O olan MIP değerinin ısınma ardından 133±29,2 cmH₂O'ye ulaştığını, aynı denek grubunun farklı zamanda yapmış olduğu ikinci denemede ise ısınma öncesinde 117±32,5 cmH₂O olan MIP'in 135±28,6 cmH₂O'ya anlamlı bir şekilde yükseldiğini belirtmişlerdir.

Volianitis ve ark. (2001b), 26 yıl yaş ortalamasındaki 14 sağlıklı denek ile yaptıkları araştırmalarında solunum kası ısınma egzersizinin MIP üzerine etkisini incelemişlerdir. Prosedürlerini solunum kası ısınması uygulamadıkları kontrol uygulaması ve solunum kas ısınma egzersizi uyguladıkları deney uygulaması olarak belirlemişlerdir. Isınma yapılmadığında farklılık olmayan MIP değerinde, 30 nefes sonra (Kontrol:13,3 kPa Deney:13,8kPa) ve özellikle de 60 nefes sonra (Kontrol 13,3 kPa Deney:14,3 kPa), solunum kası ısınması ile daha yüksek solunum kas kuvveti üretildiğini tespit ettiler.

Kantarson ve ark. (2010), 11 erkek ve 11 kadın denek ile yürüttükleri çalışmada farklı şiddetlerdeki solunum kası ısınma egzersizi uygulamalarını (MIP %30-40-50) incelediler. Isınma yapılmayan uygulamada solunum MIP değerinde düşüşün görüldüğünü ve solunum kası ısınmasının yer aldığı tüm şiddetlerdeki uygulamalarda ise MIP değerinde ısınma öncesine göre anlamlı yükseliş olduğunu ifade ettiler. En fazla artışın ise MIP %40 şiddetindeki solunum kası ısınma uygulamasında olduğunu bildirdiler.

Leicht ve ark. (2010), 9 paraplejik bireyde yaptıkları çalışmada solunum kası ısınma egzersizinin etkilerini incelediler. Isınmanın yer aldığı uygulamada MIP parametresinde 143 ± 28 cmH₂O'dan 145 ± 31 cmH₂O'ya artış tespit etmişler ancak istatistiksel anlamlılık bulmamışlardır.

Lin ve ark. (2007), 10 denek ile solunum kas ısınmasının etkilerini incelemişlerdir. Solunum kas ısınması ile maksimal inspiratuar basınçta 152 ± 29 cmH₂O'dan 164 ± 30 cmH₂O'ya istatistiksel olarak anlamlı bir artış elde etmişlerdir.

Lomax ve ark. (2011), 12 sağlıklı futbolcu üzerinde yaptıkları çalışmalarında solunum kası ısınmasının sportif performansa etkilerini araştırdılar. MIP parametresinde hem genel ısınmanın hem de solunum kası ısınmasının ardından anlamlı artışlar gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Ancak genel ısınma ile birlikte uygulanan solunum kası ısınma egzersizi ile elde edilen MIP artışının belirgin düzeyde sadece genel ısınmanın yer aldığı uygulamadan fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Tong ve Fu (2006), çalışmalarında 10 sağlıklı erkek üzerinde solunum kası ısınma egzersizinin sportif performansa etkisini değerlendirdiler. Solunum kası ısınma egzersizi ile birlikte maksimal inspiratuar basınçta $155,3\pm 15,5$ cmH₂O'dan $169,5\pm 21,5$ cmH₂O'ya istatistiksel olarak anlamlı bir yükseliş elde etmişlerdir.

Volianitis ve ark. (2001), 14 kürekçi ile yürüttükleri araştırmalarında solunum kası ısınmasının kürek performansına etkisini incelemişlerdir. Kürek branşına özel ısınma ile birlikte solunum kası ısınmasının uygulandığı grupta MIP değerinde $7,0\pm 1,0$ değerinde bir artış elde etmişlerdir. Ayrıca 6 dakikalık kürek testinden sonra solunum MIP değerinde daha az miktarda düşüş elde etmişlerdir. Bu sonuç ile solunum kası ısınma egzersizinin solunum kas yorgunluğunu geciktirdiğini belirtmişlerdir.

Çalışmamızda D_{MIP} uygulamasındaki anlamlı yükselişin nedeninin; inspirasyon kaslarındaki kan akımı ve ısı artışı ile kasın kasılabilme kabiliyetini etkileyecek sinirsel aktivasyonun yükselmesi ve bu sayede üretilen gücün daha verimli kullanılması (McConnell ve ark., 1997; Hawkes ve ark., 2007; Lin ve ark., 2007; Horton ve Terjung, 1988) olduğunu düşünmekteyiz. Ayrıca solunum kası ısınmasının, solunum kaslarındaki refleks inhibisyonunu ortadan kaldırarak inter/intra-muskular koordinasyonu artırıp ve inspirasyon-ekspirasyon kasları arasındaki birlikte kasılabilme oranını yükseltmesi de (Volianitis ve ark., 1999) D_{MEP} uygulamasındaki istatistiksel anlamlılığını açıklamaktadır.

5.3. Aerobik Güç

Son dönemlerde statik germeye nazaran dinamik ısınma egzersizlerinin uygulanması birçok araştırmacı, antrenör ve spor uzmanı tarafından ilgi uyandıran bir konu olmuştur (McNeal ve Sands, 2003; Gelen, 2008). Daha önceki araştırmalar, sportif bir aktivitenin uygulanmasından önce dinamik ısınma gibi ılımlı bir seviyeden yüksek yoğunluğa doğru yapılacak istemli kasılmaların, sinir-kas fonksiyonunu aktive ederek güç üretimi ve performansın artacağını ileri sürmüşlerdir (Faigenbaum ve ark., 2005; Burkett ve ark., 2005; Faigenbaum ve ark., 2006; Gelen, 2008). Genel ısınmanın aerobik güce etkisi, egzersize başlangıç VO_2 değerini yorgunluğa sebep olmadan artırabilmesinden kaynaklanmaktadır (Bishop, 2003a; Bishop, 2003b). Solunum kası ısınma egzersizleri ise, solunum kaslarının fonksiyonel kapasitesini yükselterek (Volianitis ve ark., 1999), solunum kası yorgunluğunu ve dispneyi azaltmaktadır (Volianitis ve ark., 2001a). Çalışmamızda genel ısınmanın yanında solunum kası ısınmasının aerobik güce etkisi araştırılmıştır.

Literatürde solunum kası ısınma egzersizleri ile genel ısınmanın etkileri karşılaştırılmamıştır. Bu bilgiden yola çıkarak, çalışmamızda genel ısınma (K_{AE}) ve solunum kası ısınma egzersizi (D_{AE}) protokollerinin tamamlanmasıyla birlikte aerobik güç ölçümü yapılmıştır. Elde ettiğimiz veriler aşağıdaki gibidir;

K_{AE} uygulamasından sonra $MaxVO_2$ $3,45 \pm 0,74$ lt/dk ve D_{AE} uygulamasından sonra ise $4,10 \pm 0,87$ lt/dk'ya %18,84 artış ölçüldü. İki ölçüm arasında istatistiksel olarak D_{AE} lehine yüksek düzeyde anlamlılık bulundu ($p: 0,001$).

Aerobik gücün bir diğer parametresi olan relatif MaxVO₂, K_{AE}'den sonra 47,11±8,00 ml/kg/dk ve D_{AE} uygulamasından sonra da 56,30±10,86 ml/kg/dk olduğu görülmüş ve %19,51 artış belirlenmiştir (p: 0,001).

Elde edilen diğer parametre olan $\Delta\text{VO}_2/\Delta\text{WR}$ sonuçlarının sırasıyla, 13,43±2,20 mlO₂.dk⁻¹.w⁻¹ ve 14,71±3,29 mlO₂.dk⁻¹.w⁻¹ olduğu gözlemlendi. Ölçümler arasındaki %9,53'lük artış istatistiksel olarak anlamlıdır (p:,021).

Son olarak MET değeri, ilk uygulamada 14,48±2,76 ve son uygulamada ise 16,73±3,39 METS olarak ölçüldü ve %15,54 artış elde edildi (p: 0,002).

Performansın belirleyicilerinden biri olan aerobik güç birçok bilim adamının araştırma konusu olmuştur. Ghosh ve ark. (1991), yaptıkları çalışmada elit hokeycilerde MaxVO₂ ortalamasını 3,32 l/kg, Lemmink ve Visscher (2006) 21 hokeycinin MaxVO₂ değerini 3,27±0,41 lt/dk olarak bulmuşlardır. Leslie (2012) İngiliz hokeyciler üzerinde yaptığı araştırmasında genç hokeycilerin MaxVO₂ ortalamasını 4,3±0,1 lt/dk, elit hokeycilerin ise 4,5±0,1 lt/dk olarak hesaplamıştır.

Relatif MaxVO₂'yi belirlemeye yönelik yapılan çalışmalarda Willmore ve Costill (2004) yine hokeycilerde 45-55 ml/kg/dk, Bishop ve ark. (2001), 10 erkek hokeycinin relatif MaxVO₂ ortalamasını 46,32±4,16 ml/kg/dk, Boyle ve ark. (1994), 9 uluslar arası düzeyde hokey oyuncusunu 48,2±5,2 ml/kg/dk olarak saptamışlardır. Lemmink ve Visscher (2006) 21 hokeyci üzerinde yaptığı çalışmada relatif MaxVO₂ ortalamasını 48,7±4,8 ml/kg/dk, Pogorski ve ark. (2006), 56 Polonyalı hokey oyuncusu ile yaptıkları çalışmada 53,6±4,1 ml/kg/dk, Konarski ve ark. (2006), Polonya milli takımında oynayan 10 erkek hokeycide 54,32±4,00 ml/kg/dk olarak hesaplamışlardır.

Ghosh ve ark. (1991), yaptıkları çalışmada elit hokeycilerde relatif MaxVO₂ ortalamasını 54,4 ml/kg/dk olarak belirlemişlerdir. Spencer ve ark. (2004), 18 milli takım oyuncusu üzerinde yaptıkları çalışmada relatif MaxVO₂ ortalamasını 55,7±3,4 ml/kg/dk olarak saptamışlardır. Hinrichs ve ark. (2010), Alman milli takımı 17 erkek hokeycisi üzerinde yaptıkları araştırmada relatif MaxVO₂ ortalamasını 55,8±4,0 ml/kg/dk, Zachrich (2008) 24 elit hokeycide 57,2±5,0 ml/kg/dk, Aziz (2000) 40 erkek Singapur milli takım oyuncusunda 58,0±4,9 ml/kg/dk olarak bulmuştur. Bishop ve Maxwell (2009) 8 erkek hokeyci üzerinde yaptıkları çalışmalarında relatif MaxVO₂ ortalamasını 59,9±8,0 ml/kg/dk, Leslie (2012) İngiliz elit hokeyciler üzerinde yaptığı

çalışmasında genç hokeycilerin relatif MaxVO₂ ortalamasını 60,9±0,9 ml/kg/dk olarak, elit hokeycilerinkini ise 59,8±0,8 ml/kg/dk olarak belirttiler.

Çalışmamıza katılan elit hokeyci deneklerden elde ettiğimiz K_{AE} uygulamasındaki MaxVO₂ değerleri, literatürde yer alan elit hokeycilerin MaxVO₂ değerlerine yakındır. Denek grubumuzun aerobik kapasite açısından uluslararası normlarda olduğu söylenebilir.

Isınmanın performansa etkisi bilinmektedir. Martin ve ark. (1975), O₂ tüketiminin %8 oranında ısınmanın ardından arttığını rapor etmişlerdir. Faigenbaum ve ark. (2005), ısınmanın ardından yüksek güç çıktısı gerektiren aktivitelerde gösterilen performansın arttığını bildirmişlerdir.

Andzel ve Busuttil (1982) 8 kişi üzerinde yaptıkları çalışmalarında ısınmanın MaxVO₂'yi arttırdığını tespit etmişlerdir. Thompson (1958) çalışmasında ısınmanın uzun süreli egzersize etkisini incelemiş ve ısınmanın ardından 5 dakikalık yüzme mesafesinde artış olduğunu belirlemiştir. Andzel (1978) ve Gregson ve ark. (2002), genel ısınmanın uzun süreli aktivitelerde performansa etkisini incelemiş ve ısınmanın olumlu etkilerini istatistiksel olarak anlamlı bulmuşlardır.

Isınmanın aerobik kapasiteye etkisi yorgunluk oluşturmadan egzersize başlangıç VO₂ değerini arttırmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Böylece başlangıç iş yükünün çok daha az bir kısmı anaerobik yoldan karşılanmış olur (Bishop, 2003a). Ayrıca ısınma sayesinde kaslara ulaşan O₂ miktarı, oksihemoglobin ayrışması ve kas kan damarlarındaki genişleme de artmaktadır (McCutcheon, 1999). Isınma sayesinde artan kas ısısı, kas mitokondrisinin O₂ tüketimini arttırmakta ve ATP üretimi ile mitokondrial VO₂ arasındaki oranı azaltmaktadır (Brooks ve ark., 1971). Bunun sonucunda da oksidatif fosforilasyon ile ilgili reaksiyonların hızlanarak aerobik enerji üretim kapasitesi yükselmektedir (Bishop, 2003b).

Yukarıda açıklanan türden fizyolojik tepkilerin oluşması ısınmanın süresi, şiddeti ve antrene olma durumuna bağlıdır. Isınma kısa tutulduğunda açıklanan fizyolojik tepkiler gerçekleşmemektedir. Uzun ve şiddetli olduğunda ise özellikle antrene olmayan kişilerde erken yorgunluğa sebebiyet vererek egzersize devam etmeyi engellemekte ya da aerobik performansı düşürmektedir (Bishop, 2003b). Bu açıklamayı destekleyecek şekilde, ısınmanın aerobik performansı etkilemediği (De Vries, 1959; De

Bruyn-Prevost ve Lefebvre, 1980; Stamford ve ark., 1981) ya da düşürdüğü birçok bilimsel çalışma mevcuttur (De Bruyn-Prevost ve Lefebvre, 1980; Gregson ve ark., 2002a; Gregson ve ark., 2002b).

Genel ısınmanın aerobik performansa etkisi özelde solunum kası ısınması ile benzerlikler içermektedir. Ancak; aerobik kapasitenin O₂ kullanımı ile doğrudan ilişkili olduğu ve solunum sisteminin bu konudaki görevi düşünüldüğünde solunum kaslarının aerobik kapasite açısından özel bir yere sahip oldukları bilinmektedir.

Solunum kaslarının ısındırılmasına yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde; Cheng ve ark. (2013), araştırmamızda uyguladığımız solunum kası ısınma egzersizi yöntemini (MIP %40) MIP ortalaması 124,2±16,1 cmH₂O olan 10 kadın sporcu üzerinde yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda, egzersiz esnasındaki kas oksijenasyonunu, solunum kası ısınması uyguladıkları deney uygulamasında kontrol uygulamasına göre daha yüksek ve istatistiksel olarak anlamlı bulmuşlardır. Bu sonuç çerçevesinde egzersizle birlikte kas oksijenasyon yüzdesi düşüşünün, egzersiz öncesi solunum kası ısınma egzersizi ile azaltılabildiği ortaya konulmuştur. Ayrıca egzersiz esnasında ölçülen MaxVO₂ değerini de deney uygulamasında kontrol uygulamasından daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Kantarson ve ark. (2010), MIP ortalaması 103,73±25,29 cmH₂O olan 22 sedanter erkek ve kadın bireyde, solunum kası ısınma egzersizinin farklı şiddetlerdeki (MIP %30-40-50) çeşitlerinin sportif performansa etkisini incelediler. Yapılan 6 dk koşu testi ile koşu mesafesindeki değişimi incelediler. Ortaya çıkan sonuçlara göre, değişik şiddetlerde yapılan solunum kası ısınma egzersizlerinin bu protokole tabi olmayanlara göre koşu mesafelerinin daha çok arttığı ve bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bildirmişlerdir. En yüksek artışın ise MIP %40 şiddetindeki solunum kası ısınması uygulamasında elde edildiğini belirttiler (%8,15). Bununla birlikte, Borg skalası ile belirledikleri dispne (nefes darlığı) algısı derecesinin de solunum kası ısınması ile birlikte azaldığını rapor ettiler.

Lin ve ark. (2007), 152±29 cmH₂O MIP ortalamasına sahip 10 erkek badminton oyuncusu ile yaptığı çalışmada, solunum kası ısınma egzersizlerinin (MIP %40) aerobik performansa etkisini adımlama testi ile değerlendirdiler. Adımlama performansında denekler, kontrol uygulamasında 1,537±118 m iken solunum kası

ısınma egzersizi sonrasında $1,640 \pm 111$ mt'ye anlamlı bir yükseliş elde ettiler. Ayrıca dispne algısı derecesi de deney uygulamasında anlamlı düzeyde düşük çıkmıştır.

Lomax ve ark. (2011), 123 ve 134 cmH₂O MIP ortalamasına sahip iki gruptan oluşan 12 erkek futbolcu üzerinde solunum kası antrenmanı ve solunum kası ısınmasının (MIP %40) kontrol uygulamasına göre Yo-Yo testi sonuçlarını incelemiştir. Çalışmalarında elde ettikleri sonuca göre, hem solunum kası ısınmasının hem de solunum kası antrenmanının Yo-Yo testi performansını arttırdığını belirtmişlerdir. Solunum kası ısınması ile birlikte test performansında ilk grup için %7,2 ikinci grup için ise %5,3 anlamlı yükseliş bildirmişlerdir. Solunum kası ısınma egzersizinin performansı olumlu etkilemesinin nedeninin, solunum kası kuvvetinin artması ve bu sayede verimli hale gelen solunum mekaniğinin etkisi olduğunu bildirmişlerdir.

Tong ve Fu (2006) $155,3 \pm 15,5$ cmH₂O MIP ortalamasına sahip 10 erkek sporcu üzerinde solunum kası ısınma egzersizinin (MIP %40) Yo-Yo testi sonuçlarını araştırmışlardır. Solunum kası ısınma egzersizinin Yo-Yo testinde maksimal tekrar sayısını arttırdığını (%19,5±12,6) ve dispne algısı derecesini düşürdüğünü tespit etmiş ve buna sebep olarak inspiratuar kas kuvvetinin artışı göstermişlerdir.

Volianitis ve ark. (2001a), 7 erkek 7 kadın kürek sporcusu üzerinde solunum kası ısınma egzersizinin (MIP %40) kürek performansı üzerine etkisini 6 dk kürek testi ile incelemiştir. Araştırmada elde ettikleri veriler çerçevesinde, kat edilen mesafenin (+18 m) ve MaxVO₂ değerinin (+0,18 lt/dk), branşa özel genel ısınma ile birlikte yapılan solunum kası ısınma egzersizinin yer aldığı deney uygulamasında kontrol uygulamasına göre daha yüksek çıktığını ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca dispne algısı derecesinde de anlamlı bir düşüş elde etmişlerdir. Araştırma sonuçlarının sebebi olarak solunum kası ısınma egzersizinin solunum kası yorgunluğunu geciktirmesini göstermişlerdir.

Yukarıda verilen çalışmaların aksine, Leicht ve ark. (2010), 143 ± 28 cmH₂O MIP ortalamasına sahip 9 paraplejik bireyde yaptıkları çalışmada araştırmamızdaki protokolü kullanmışlardır (MIP %40). %85 W yükündeki üst ekstremite bisiklet testinde solunum kası ısınmasının kontrol uygulamasına göre MaxVO₂ değerini düşük (-0,2 lt/dk), dakika ventilasyonu ve maksimal kalp atım hızını ise yüksek bulmuşlardır. Bu

durumunun, paraplejik bireylerin fiziksel olarak inaktif bir yaşantıları olmaları nedeniyle solunum kaslarının erken yorgunluğundan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Arend ve ark. (2015), MIP ortalaması $140,7 \pm 46,6$ cmH₂O olan 10 erkek kürekçi üzerinde yaptıkları araştırmada solunum kası ısınmasının (MIP %40) submaksimal kürek performansına etkisini ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışma sonuçları incelendiğinde solunum kas ısınma egzersizinin submaksimal kürek performansı sırasında mesafede artış (%1,3) elde etmişler ancak MaxVO₂ parametresinde artış elde etmemişlerdir (%-0,7). Bu sonucun, 14 dk civarında süren kürek testinin şiddetinin oldukça yüksek olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Çalışmamızda ele aldığımız tüm aerobik güç parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı artış vardır. Aerobik kapasitenin değerlendirilmesinde altın standartlar olan MaxVO₂ ve relatif MaxVO₂ parametrelerindeki değişimin spor bilimcileri için önemli bir bulgu olduğunu düşünmekteyiz. O₂ transportunun hücresel düzeydeki göstergesi olan $\Delta VO_2/\Delta WR$ parametresi de uyguladığımız D_{AE} uygulamasında anlamlı düzeyde yükselerek MaxVO₂ ve relatif MaxVO₂ parametrelerindeki değişimi desteklediği görüldü.

Uzun süreli egzersizlerden sonra solunum kası yorgunluğu ortaya çıktığı (Loke ve ark., 1982) ve iyi bir aerobik kapasiteye sahip olmanın, bireyi solunum kası yorgunluğundan koruyamadığı bilinmektedir (Johnson ve ark., 1996). Solunum kası ısınması, pulmoner dolaşımını tamamlayan kandaki O₂ oranını yükseltmemektedir (McConnell, 2011). Solunum kası ısınma egzersizleri, solunum kaslarının fonksiyonel kapasitesinin artmasına (Volianitis ve ark., 1999) ve bu artışla birlikte solunum kası yorgunluğunun azalmasına etki etmektedir (Volianitis ve ark., 2001a). Bu etkilerin sebebi olarak da kaslardaki ısı artışı ile kasın kasılabilme kabiliyetinin ve kasılma kuvvetinin artması ile üretilen gücün daha verimli kullanılması gösterilmektedir (McConnell ve ark., 1997).

Genel ısınma, başlangıç VO₂ seviyesini anaerobik yola girmeden yükseltebildiği için uzun süreli dayanıklılık gerektiren aktivitelerde performansı arttırabilmekte; solunum kası ısınması da solunum kaslarının yorgunluğunu azaltmaktadır. Çalışmamızda, D_{AE} uygulaması sonuçları sadece genel ısınmanın uygulandığı K_{AE}'ye göre yüksek düzeyde anlamlı çıkmıştır. MaxVO₂ ve relatif

MaxVO₂ parametrelerindeki yükselişin nedenini sadece başlangıç VO₂ seviyesinin yükselmesi olmadığı; aynı zamanda hücresel düzeydeki O₂ transportunu önemli ölçüde çoğaltacak bir şekilde solunum kas yorgunluğunu geciktirmesiyle aerobik kapasiteye pozitif yönde etki etmesi olduğunu düşünmekteyiz.

5.4. Anaerobik Güç

Aerobik güç ölçümleri öncesinde uygulanan yöntem anaerobik güç testi öncesinde de yapılmıştır. Elde ettiğimiz veriler aşağıdaki gibidir;

Çalışmamızda peak power, K_{AN} uygulamasından sonra 767,01±162,86 W, D_{AN} uygulamasından sonra ise 835,16±175,13 W olarak ölçüldü. İki ölçüm arasındaki %8,89 fark istatistiksel olarak D_{AN} lehine anlamlı bulundu (p: 0,036).

Anaerobik gücü belirlemek için kefeli bisiklet ergometresi testi ile ortaya çıkan diğer verilerde; relatif peak power, K_{AN} sonrasında 10,40±1,36 W/kg ve D_{AN} uygulamasından sonra 11,40±1,96 W/kg olarak ölçüldü ve %9,62 değişim görüldü (p: 0,033).

Average power, sırasıyla K_{AN} 537,45±108,18 W, D_{AN} 550,44±102,67 W (p: 0,163); relatif average power, K_{AN} 7,28±,77 W/kg, D_{AN} 7,47±,55 W/kg (p: 0,126); minimum power, K_{AN} 295,31±70,01 W, D_{AN} 295,78±74,23 W (p: 0,967); relatif minimum power, K_{AN} 4,00±,67 W/kg, D_{AN} 4,04±,85 W/kg (p: 0,834); %power drop, K_{AN} %61,37±5,69, D_{AN} %63,82±8,13 (p: 0,160) olduğu tespit edildi.

Diğer taraftan power drop (K_{AN} 471,70±112,23 W, D_{AN} 539,38±166,19 W) ve time to peak (K_{AN} 3,92±1,73 sn, D_{AN} 2,79±1,45 sn) kontrol ve deney uygulamaları arasındaki fark (%14,35, %-28,83) istatistiksel olarak anlamlılık bulunmuştur (p: 0,045, p: 0,002).

Yapılan literatür incelemesinde; Reilly ve ark. (2005), erkek hokey oyuncularının anaerobik güç normunu 859 W, relatif anaerobik güç normunu ise 11,5 W/kg; Lemmink ve Visscher (2006) 21 hokeyci üzerinde yaptığı çalışmada peak power ortalamasını 760,2±94,6 W, relatif peak power ortalamasını 11,35±1,41 W/kg, average power ortalamasını 505,3±53,0 W ve relatif average power ortalamasını 7,53±0,60 W/kg; Spencer ve ark. (2004), 18 milli takım hokey oyuncusunun peak power

ortalamasını $977,9 \pm 90,1$ W, relatif peak power ortalamasını ise $16,1 \pm 1,0$ W/kg olarak hesaplamışlardır.

Diğer branşlara bakıldığında futbolcularda peak power ve relatif peak power değerleri sırasıyla 809 W ve 11,05 W/kg; basketbolcularda 1002,73 W ve 11,05 W/kg; voleybolcularda 956,01 W ve 11,24 W/kg; hentbolcularda 994,79 W ve 11,27 W/kg; ragbi oyuncularında 1016,84 W ve 10,94 W/kg olduğu görülmüştür (Kalinski ve ark., 2002).

Çalışmamıza katılan elit hokeycilerden elde ettiğimiz K_{AN} uygulamasındaki anaerobik güç ve kapasite değerleri ile literatürde yer alan elit hokeycilerin değerleri benzerlik göstermektedir.

Bishop ve ark. (2003), çalışmalarında aralıklı ısınmanın ardından (629 W) peak power parametresinde aralıksız ısınmaya göre (601 W) daha yüksek sonuç elde etmişlerdir. Gelen (2010) çalışmasında dinamik ısınmanın kısa süreli aktivitelerde performansı yükselttiğini (sıçrama %8 ve %7,66) belirtmiştir. Jagers ve ark. (2008), çalışmalarında ısınmanın kısa süreli aktivitelerde dikey sıçrama mesafesini (+4,1 cm), kuvvet (+%0,9) ve gücü (+1,1 W/kg) arttırdığını tespit etmişlerdir. Sekir ve ark. (2009), çalışmalarında 6 dakikalık ısınma egzersizinin çeşitli kas gruplarında güç artışı sağladığını tespit etmişlerdir. Holt ve Lambourne (2008) farklı ısınma protokolleri üzerinde yaptıkları incelemede ısınmanın ardından kısa süreli patlayıcı aktivite performansının arttığını (%23,6) rapor etmişlerdir. Clark ve ark. (2006), çalışmalarında ısınmanın dikey sıçrama performansını arttırdığını (%8,6) gözlemlemişlerdir. Benzer bir çalışmada Cè ve ark. (2008), ısınmanın patlayıcı güç gerektiren aktivitelerde performansa olumlu etkisini bildirmişlerdir.

Isınmanın kısa süreli performansa pozitif yönde etkisi ile ilgili birçok çalışma mevcuttur (Dolan ve ark., 1985; Grodjinovsky ve Magel, 1970; McKenna ve ark., 1987; Pachecco, 1957; Thompson, 1958). Isınma ile birlikte artan kas ısısı kısa süreli performansı etkileme potansiyeline sahiptir (Bishop, 2003a). Bunun sebepleri arasında eklem sertliğinin azalması (Wright ve Johns, 1961), sinir iletim hızının artması (Karvonen ve Lemon, 1992), güç-ivme ilişkisinin değişmesi (Ranatunga ve ark., 1987) ve glikoliz/fosfat yıkımının artması (Febbraio ve ark., 1996) gösterilmektedir. Ayrıca

ısınma ile birlikte kas içinde aktin ve miyozin filamentleri arasındaki kararlı bağların kırılması kas sertliğini azaltarak performansa etki etmektedir (Proske ve ark., 1993).

Anaerobik gücü etkileyecek yukarıda açıklanan türden fizyolojik tepkilerin oluşması ısınmanın süresi ve şiddetine bağlıdır. Isınma kısa ya da uzun tutulduğu takdirde anaerobik performansa etki etmemektedir. Bunun sebebi; kısa tutulduğunda açıklanan fizyolojik tepkiler gerçekleşmemesi, uzun tutulduğunda ise anaerobik enerji üretimini destekleyecek enerji depoları tükenmesidir (Bishop, 2003b). Bu açıklamayı destekleyecek şekilde, ısınmanın anaerobik performansı etkilemediği birçok bilimsel çalışma mevcuttur (Pyke, 1968; Sergeant ve ark., 1987; Hawley ve ark., 1989).

Genel ısınmanın anaerobik performansa etkileme şeklinin solunum kası ısınması ile farklılıklar içermektedir. Özellikle solunum kaslarının ısınması ile aktifliği artacak olan solunum mekaniğinin anaerobik aktivitelerde enerji metabolizmasına etkili olmayacağını düşünmekteyiz. Oluşabilecek etkinin sebebinin, solunum kası ısınması ile birlikte vücudun core bölgesinde yer alan kas gruplarının da ısısının artması olduğu kanaatindeyiz. Literatürde solunum kası ısınma egzersizleri ile ilgili çalışmalara bakıldığında;

Wilson ve ark. (2014), 9 erkek ve 6 kadın yüzücüde yaptıkları araştırmada solunum kası ısınma egzersizinin (MIP %40) 100 mt yüzme performansına etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda deneklerin, yüzücülere yönelik ısınma egzersizi ile birlikte solunum kası ısınma egzersizinin kullanıldığı uygulamada (57,05 sn) diğer ısınma çeşitlerine göre (58,24 sn, 57,67 sn, 57,39 sn) daha kısa sürede yüzdüğünü ve istatistiksel olarak bu sonucun anlamlı olduğunu saptamışlardır.

Volianitis ve ark. (2001a), 7 erkek 7 kadın kürek sporcusu üzerinde solunum kası ısınma egzersizinin (MIP %40) kürek performansı üzerine etkisini incelemişlerdir. Test boyunca üretilen güç değerinde (W) solunum kası ısınma egzersizinin yer aldığı deney uygulamasında kürek ısınmasına göre %1,2, genel ısınmaya göre ise %4,45 daha yüksek ve istatistiksel olarak anlamlı sonuç elde etmişlerdir.

Cheng ve ark. (2013), çalışmalarında araştırmamızda uyguladığımız solunum kası ısınma egzersizi yöntemini (MIP %40) 10 kadın sporcu üzerinde yapmışlardır. Tekrarlı sprintler uygulamışlar ve her sprint için peak ve average power değerlerini incelemişlerdir. Genel ısınma ve solunum kası ısınması karşılaştırıldığında ilk sprint

için sırasıyla peak power 643 ve 627 W, average power 560 ve 536 W iken altıncı yani son sprintte peak power 572 ve 577 W, average power ise 449 ve 468 W olarak hesaplanmıştır. Solunum kası ısınma egzersizi uygulamasında ilk sprintte güç değerleri genel ısınmaya göre daha düşük olmasına rağmen son sprintte solunum kası ısınmasının yapıldığı uygulama daha yüksek bulunmuştur. Böylelikle solunum kası ısınma egzersizinin yorgunluğu geciktirdiği ve performans açısından değeri ortaya konmuştur.

Çalışmamızda anaerobik gücün göstergesi olan peak power parametresinde anlamlı artışın yanı sıra power drop ve time to peak değerlerinde de istatistiksel anlamlılık gözlemlendi. Power drop ve time to peak değerlerinde meydana gelen anlamlılık peak power parametresinde elde ettiğimiz sonuçların doğruluğunu göstermiş oldu. Ancak average power, minimum power ve %power drop parametrelerinde anlamlı bir sonuca rastlanılmadı. Elde ettiğimiz veriler ışığında;

- Peak power değeri D_{AN} uygulamasında daha yüksek çıkmasına rağmen testin bitirildiği değer olan minimum power her iki uygulamada da aynı ölçüldü. Ayrıca power drop parametresi de D_{AN} uygulamasındaki peak ile minimum arasındaki düşüşün K_{AN} lehine anlamlı olduğunu gösterdi. Bu sonuçlar bize, solunum kası ısınma egzersizinin anaerobik enerji sisteminin laktik kısmını yani “anaerobik kapasiteyi” etkilemediğini ifade etmektedir.
- Peak power parametresi D_{AN} uygulamasında K_{AN} uygulamasına göre anlamlı bir şekilde yüksek çıkmıştır. Bu bilgiye göre, solunum kası ısınma egzersizinin anaerobik enerji sisteminin alaktik kısmını yani “anaerobik gücü” olumlu etkilediğini gösterdi. Ancak anaerobik sistemin fizyolojik yapısı düşünüldüğünde, bu etkinin solunum kası ısınma egzersizinin solunum mekaniğine etkisiyle açıklanamayacağı görüşündeyiz. Time to peak parametresi peak power değerine ulaşma süresini gösterir ve bu süre D_{AN} uygulamasında anlamlı bir şekilde düşük çıktı. Bu sonuç, bize solunum kası ısınma egzersizinin vücudun core bölgesinin ısınısını da olumlu etkilediğini gösterdi ve peak power değerinde meydana gelen artışın bu sonuca bağlı olarak açıklamamızı sağladı.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Solunum kası ısınma egzersizinin aerobik ve anaerobik güce etkisi başlıklı çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar çerçevesinde solunum kası ısınma egzersizlerinin;

- MIP ve MEP değerlerini arttırarak inspirasyon ve ekspirasyon kaslarının kuvvetini olumlu etkilediği,
- MaxVO₂ ve relatif MaxVO₂ parametrelerini yükselterek aerobik gücü olumlu etkilediği,
- Time to peak paramtresinde meydana gelen azalma ile peak power değerine ulaşma süresini kısalttığı,
- Peak power ve relatif peak power değerlerinde sağladığı artış ile anaerobik gücü olumlu etkilediği,
- Average power ve relatif average power parametrelerinde anlamlı bir değişiklik saptanmaması nedeniyle de anaerobik kapasiteyi etkilemediği söylenebilir.

Araştırmacılara öneriler;

- Solunum kası ısınma egzersizlerinin performansa olan etkisi bakımından fizyolojik ergojenik yardımcı olarak literatüre geçmesi,
- Solunum kası ısınma egzersizlerinin anaerobik güce olan etkisinde core bölgesinin de ısınmasının katkısını test etmek için, core bölgesi ısınma prosedürü de uygulanan bir çalışmanın araştırmacılarca planlanması,
- Araştırmacıların, solunum kasının performans üzerindeki etkilerinin ortaya konulması için branşa özgü çalışmalar yapması önerilir.

Antrenör ve sporculara öneriler;

- Solunum kası ısınma egzersizlerinin önemine dair antrenör ve sporcuların bilgilendirilmesi ve sporculara müsabaka öncesi genel ısınma ile beraber uygulanması önerilir.

KAYNAKLAR

- Akgün N. Egzersiz Fizyolojisi. Ankara, Gökçe Ofset Matbaacılık. 1989; 34-62.
- Akgün N. Solunum Fizyolojisi. 2. Baskı, İzmir, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları No:114. 1975; 22-98.
- Akıncı ÇA. KOAH'lı hastalara uygulanan pulmoner rehabilitasyonun fiziksel ve psikolojik parametrelere etkisi. Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Doktora Tezi, 2008; 3.
- Aktümsek A. Anatomi ve Fizyoloji (İnsan Biyolojisi). 1. Baskı, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım. 2001; 307-317.
- Alemdaroğlu U, Arslan E, Karakoç B, Köklü Y. Farklı seviyedeki liglerde oynayan takımların alt yapısında mücadele eden genç futbolcularda supramaksimal bacak egzersizi yanıtlarının karşılaştırılması. Spormetre. 2008;6(1):21-25.
- Alkaş E. Quantification of the effect of warm up and stretching on the oxygen metabolism using an improved version of a fNIRS device. Boğaziçi Üniversitesi, Biyomedikal Mühendislik Enstitüsü, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi, 2006; 11.
- Alter MJ. Science of Stretching. Champaign, Il, Human Kinetics Pub. 1988; 59.
- American Thoracic Society. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. Am J Respir Crit Care Med. 2003;167(2):211.
- Amonette WE, Dupler TL. The effects of respiratory muscle training on VO₂ max, the ventilatory threshold and pulmonary function. J Exerc Physiol, 2002;5(2):29-35.
- Andzel WD, Busuttill C. Metabolic and physiological responses of college females to prior exercise, varied rest intervals and a strenuous endurance task. J Sports Med Phys Fitness. 1982;22(1):113-119.
- Andzel WD. The effects of moderate prior exercise and varied rest intervals upon cardiorespiratory endurance performance. J Sports Med Phys Fitness. 1978;18(3):245-252.
- Araújo PRS, Resqueti VR, Nascimento Jr J, Carvalho LDA, Cavalcanti AGL, Silva VC, Silva E, Moreno MA, Andrade AFDD, Fregonezi GADF. Reference values for sniff nasal inspiratory pressure in healthy subjects in Brazil: a multicenter study. Jornal Brasileiro de Pneumologia. 2012;38(6):700-707.
- Arend M, Maestu J, Kıvastık J, Ramson R, Jürimae J. Effect of inspiratory muscle warm-up on submaximal rowing performance. J Strength Cond Res. 2015;29(1):213-218.
- Arıncı K, Elhan A. Anatomi. 2. Baskı, 1. Cilt, Ankara, Güneş Kitapevi Ltd. Şti. 1997; 358-393.
- Aziz AR, Chia M, Teh KC. The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. J Sports Med Phys Fitness. 2000;40(3):195-200.

- Balady GJ, Arena R, Sietsema K, Myers J, Coke L, Fletcher GF, Forman D, Franklin B, Guazzi M, Gulati M, Keteyian SJ, Lavie CJ, Macko R, Mancini D, Milani RV. Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. *Circulation*. 2010;122(2):191-225.
- Baltacı G, Tunay BV, Tuncer A, Ergün N. Spor Yaralanmalarında Egzersiz Tedavisi. 2. Baskı, Ankara, Alp Yayınevi. 2006; 29.
- Bartter TC, Pratter MR, Irwin RS. Respiratory failure Part I: A Physiologic Approach to Managing respiratory Failure. In *Intensive Care Medicine*, Ed. Irwin RS and Rippe JM. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 2003; 485-489.
- Beyaz M. İzokinetik tork değerleri ve wingate testi ile anaerobik gücün değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Uzmanlık Tezi, İstanbul, 1997; 6-23.
- Bishop D, Bonetti D, Spencer M. The effects of an intermittent, high-intensity warm-up on supramaximal kayak ergometer performance. *J Sport Sci*. 2003;21(1):13-20.
- Bishop D, Maxwell NS. Effects of active warm up on thermoregulation and intermittent-sprint performance in hot conditions. *J Sci Med Sport*. 2009;12:196-204.
- Bishop D, Spencer M, Duffield R, Lawrance S. The validity of a repeated sprint ability test. *J Sci Med Sport*. 2001;4(1):19-29.
- Bishop D. Warm up I. Potential mechanism and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Med*. 2003b;33(6):439-454.
- Bishop D. Warm up II. Performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med*. 2003a;33(7):483-498.
- Bompa TO. Antrenman Kuramı ve Yöntemi. 2. Baskı, Ankara, Bağırhan Yayın Evi, 2001; 41,42,230-243.
- Booth ML, Hunter C, Gore CJ, Bauman A, Owen N. The relationship between body mass index and waist circumference: implications for estimates of the population prevalence of overweight. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000;24(8):1058-1061.
- Bostancı Ö. Elit yüzücülerde ve futbolcularda akciğer hacim oranının stereolojik yöntemle belirlenip solunum parametreleri ile karşılaştırılması. Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009; 7-19.
- Boutellier U, Büchel R, Kundert A, Spengler C. The respiratory system as an exercise limiting factor in normal trained subjects. *Eur J Appl Physiol*. 1992;65(4):347-353.
- Boyle PM, Mahoney CA, Wallace WF. The competitive demands of elite male field hockey. *J Sports Med Phys Fitness*. 1994;34(3):235-241.
- Bozdoğan A. Yüzme, Fizyoloji-Mekanik-Metod. İstanbul, İl Press, 2000; 23.
- Brooks GA, Hittelman KJ, Faulkner JA, Beyer RE. Temperature, skeletal muscle mitochondrial functions, and oxygen debt. *Am J Physiol*. 1971;220(4):1053-1059.

- Brown PI, Sharpe GR, Johnson MA. Inspiratory muscle training abolishes the blood lactate increase associated with volitional hyperpnoea superimposed on exercise and accelerates lactate and oxygen uptake kinetics at the onset of exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(6):2117-2129.
- Bucher CA. *Foundations of Physical Educational Sport*. St. Louis, Mosby Company. 1983; 36.
- Burkett LN, Phillips WT, Ziruatias J. The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *J Strength Cond Res*. 2005;19(3):673-676.
- Burstyn PG. *Physiology for Sport People*. Manchester, Manchester University Press. 1990; 66-73.
- Caine MP, McConnell AK. The inspiratory muscles can be trained differentially to increase strength or endurance using a pressure threshold, inspiratory muscle training device. *Eur Respir J*. 1998;12:58-59.
- Capelli C, Cautero M, Di Prampero PE. New perspectives in breath-by-breath determination of alveolar gas exchange in humans. *Pflügers Arch-Eur J Physiol*. 2001;441(4):566-577.
- Carpenter MA, Tockman MS, Hutchinson G, Davis CE, Heiss G. Demographic and anthropometric correlates of maximum inspiratory pressure. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;159(2):415-422.
- Casanova C, Celli BR, Tost L, Soriano E, Abreu J, Velasco V, Santolaria F. Long-term controlled trial of nocturnal nasal positive pressure ventilation in patients with severe COPD. *Chest*. 2000;118(6):1582-1590.
- Cè E, Margonato V, Casasco M, Veicsteinas A. Effects of stretching on maximal anaerobic power: the roles of active and passive warm-ups. *J Strength Cond Res*. 2008;22(3):794-800.
- Changela PK, Bhatt S. The correlational study of the vertical jump test and wingate cycle test as a method to assess anaerobic power in high school basketball players. *International J Sci Res Publ*. 2012;2(6):1-6.
- Cheng CF, Tong TK, Kuo TC, Chen PH, Huang HW, Lee CL. Inspiratory muscle warm-up attenuates muscle deoxygenation during cycling exercise in women athletes. *Respir Physiol Neurobiol*. 2013;186(3):296-302.
- Chiappa GR, Ribeiro JP, Alves CN, Vieira PJ, Dubas J, Queiroga Jr F, Batista LD, Silva AC, Neder JA. Inspiratory resistive loading after all-out exercise improves subsequent performance. *Eur J Appl Physiol*. 2009;106(2):297-303.
- Clark RA, Bryant AL, Reaburn P. The acute effects of a single set of contrast preloading on a loaded countermovement jump training session. *J Strength Cond Res*. 2006;20(1):162-166.
- Clegg C. *Exercise Physiology and Functional Anatomy*. 3rd Ed. USA, Felthom Press. 2002: 20.
- Cochrane DJ, Stannard SR. Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *Br J Sports Med*. 2005;39(11):860-865.

- Covey KM, Larson JI, Wirtz SE, Berry JK, Pogue NJ, Alex CG, Patel M. High-intensity inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease and severely reduced function. *J Cardiopulm Rehabil.* 2001;21(4):231-240.
- Çolak M, Çetin E. Bayanlara uygulanan farklı ısınma protokollerinin eklem hareket genişliği ve esneklik üzerine etkileri. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Tıp Dergisi.* 2010;24(1):1-8.
- Dabinett JA, Reid K, James N. Educational strategies used in increasing fluid intake and enhancing hydration status in field hockey players preparing for competition in a hot and humid environment: a case study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001;11(3):334-348.
- Davis AJ, Storer TW, Caiozzo VJ, Pham PH. Lower reference limit for maximal oxygen uptake in men and women. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2002;22(5):332-338.
- De Bruyn-Prevost P, Lefebvre F. The effects of various warming up intensities and durations during a short maximal anaerobic exercise. *Eur J Appl Physiol.* 1980;43(2):101-107.
- De Vries HA. Effects of various warm-up procedures on 100-yard times of competitive swimmers. *Res Q Exerc Sport.* 1959;30(1):11-20.
- De Vries HA. *Physiology of Exercise for Physical Education and Athletes.* OIWA, WMC Brown Publishers. 1986; 6-22.
- Decramer M. The Respiratory Muscles. In: Fishman AP. *Fishman's Pulmonary Disease and Disorders.* 3rd Ed, McGraw-Hill. 1999; 63-71.
- Demirel H, Koşar N. *İnsan Anatomisi ve Kinezyoloji.* 1. Baskı, Ankara, Nobel Yayınevi. 2002: 26-34.
- Dempsey JA. JB Wolffe memorial lecture. Is the lung built for exercise? *Med Sci Sports Exerc.* 1986;18(2):143-155.
- Dolan P, Greig C, Sergeant AJ. Effect of active and passive warm-up on maximal short-term power output of human muscle. *J Physiol.* 1985;365:74.
- Dündar U. *Antrenman Teorisi.* 2. Baskı, Ankara, Bağırhan Yayın Evi. 1998: 36-80.
- Dündar U. *Basketbolda Kondisyon.* 2. Baskı, Ankara, Bağırhan Yayınevi. 2004: 3.
- Edwards RHT, Faulkner JA. Structure and Function of the Respiratory Muscles. İçinde: Roussos C. *The Thorax.* New York, Marcel Dekker. 1995; 185-217.
- Ekren PK. Kronik obstrüktif akciğer hastalığında sekiz haftalık süreyle ayaktan uygulanan pulmoner rehabilitasyonun etkinliği. *Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Uzmanlık Tezi,* 2009; 6-10.
- Ergen E, Zerberlioğlu AM, Ülkar B, Demirel H, Turnagöl H, Güner R, Başoğlu S. *Egzersiz Fizyolojisi.* Ankara, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. 2002; 39-81.
- Ergen E. *Spor Fizyolojisi.* Eskişehir, Anadolu Üniversitesi Yayınları. 1993; 27.
- Erkal N. *Yaşam Boyu Spor.* Ankara, Bağırhan Yayınevi. 2000; 28.

- Eston R, Reilly T. Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual. 2nd Edition, London, Routledge Publisher. 2001; 77-89.
- Faigenbaum AD, Bellucci M, Bernieri A, Bakker B, Hoorens K. Acute effect of different warm-up protocols on fitness performance in children. *J Strength Cond Res.* 2005;19(2):376-381.
- Faigenbaum AD, McFarland J, Schwerdtman JA, Ratamess NA, Kang J, Hoffman J. Dynamic warm-up protocols, with and without a weighted vest, and fitness performance in high school female athletes. *J Athletic Training.* 2006;41(4):357-363.
- Faller A, Schuenke M. *The Human Body an Introduction to Structure and Function.* Stuttgart, Thieme Publishers. 2000; 334-356.
- Febbraio MA, Carey MF, Snow RJ, Stathis CG, Hargreaves M. Influence of elevated muscle temperature on metabolism during intense, dynamic exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 1996;271(5):R1251-R1255.
- Forbes S, Game A, Syrotuik D, Jones R, Bell GJ. The effect of inspiratory and expiratory respiratory muscle training in rowers. *Res Sports Med.* 2011;19(4):217-230.
- Fox EL, Bowers RW, Foss ML. *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics. Beden Eğitimi ve Sporun Fizyolojik Temelleri.* 4. Baskı, Çev: Cerit M, Ankara, Spor Yayınevi ve Kitabevi. 2012; 26-290.
- Fuso L, DiCosmo B, Nardecchia B, Sammarro S, Pagliari G, Pistelli R. Maximal inspiratory pressure in elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 1996;36(1):67-71.
- Gaesser GA, Rich RG. Effects of high and low intensity exercise training on aerobic capacity and blood lipids. *Med Sci Sports Exerc.* 1984;16(3):269-274.
- Gail DB. Respiratory muscle fatigue: report of respiratory muscle fatigue workshop group. *Am Rev Respir Dis.* 1990;142:474-486.
- Geddes EL, O'Brien K, Reid WD, Brooks D, Crowe J. Inspiratory muscle training in adults with chronic obstructive pulmonary disease: an update of a systematic review. *Respir Med.* 2008;102(12):1715-1729.
- Gelen E. Acute effects of different warm-up methods on sprint, slalom dribbling and penalty kick performance in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(4):950-956.
- Gelen E. Farklı ısınma protokollerinin sıçrama performansına akut etkileri. *Sportmetre.* 2008;6(4):207-212.
- Gething AD, Passfield L, Davies B. The effects of different inspiratory muscle training intensities on exercising heart rate and perceived exertion. *Eur J Appl Physiol.* 2004;92(1-2):50-55.
- Ghosh AK, Goswami A, Mazumdar P, Mthur DN. Heart rate & blood lactate response in field hockey players. *Indian J Med Res.* 1991;94:351-356.
- Gigliotti F, Binazzi B, Scano G. Does training of respiratory muscles affect exercise performance in healthy subjects? *Respir Med.* 2006;100(6):1117-1120.

- Goosey-Tolfrey V, Foden E, Perret C, Degens H. Effects of inspiratory muscle training on respiratory function and repetitive sprint performance in wheelchair basketball players. *Br J Sports Med.* 2010;44(9):665-668.
- Gosselink R, Decramer M. Inspiratory muscle training, where we are? *Eur Respir J.* 1994;7:2103-2105.
- Gregson W, Batterham A, Drust B, Cable NT. The effects of pre-warming on the metabolic and thermoregulatory responses to prolonged intermittent exercise in moderate ambient temperatures. *J Sports Sci.* 2002a;20(1):49-50.
- Gregson W, Drust B, Batterham A, Cable N. The effects of pre-warming on the metabolic and thermoregulatory responses to prolonged submaximal exercise in moderate ambient temperatures. *Eur J Appl Physiol.* 2002b;86(6):526-533.
- Grodjnovsky A, Magel JR. Effect of warming-up on running performance. *Res Q Exerc Sport.* 1970;41(1):116-119.
- Guy JH, Edwards AM, Deakin GB. Inspiratory muscle training improves exercise tolerance in recreational soccer players without concomitant gain in soccer-specific fitness. *J Strength Cond Res.* 2014;28(2):483-491.
- Guyton AC, Hall JE. *Tıbbi Fizyoloji.* 12. Baskı, İstanbul, Nobel Tıp Kitabevleri, 2013; 12-60
- Güçlü MB, İnce Dİ, Arıkan H, Savcı S, Tülümen E, Tokgözlüoğlu L. Farklı fonksiyonel sınıflardaki kalp yetersizliği hastalarında, solunum fonksiyonları, periferik ve solunum kas kuvveti ve fonksiyonel kapasitenin karşılaştırılması. *Anadolu Kardiyoloji.* 2011;1:101-106.
- Günay M, Yüce İA. *Futbol Antrenmanının Bilimsel Temelleri.* 3. Baskı, Ankara, Gazi Kitabevi. 2001; 45-64.
- Günay M. *Egzersiz Fizyolojisi.* 2. Baskı, Ankara, Bağırhan Yayınevi. 1998: 35-174.
- Güneş Z. *Spor ve Beslenme: Antrenör ve Sporcu El Kitabı.* 5. Baskı, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. 2009: 51.
- HajGhanbari B, Yamabayashi C, Buna TR, Coelho JD, Freedman KD, Morton TA, Palmer SA, Toy MA, Cody W, Shell WA, Reid WD. Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses. *J Strength Cond Res.* 2013;27(6):1643-1663.
- Harms CA, Wetter JT, Croix CM, Pegelow DF, Dempsey JA. Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *J Appl Physiol.* 2000;89(1):131-138.
- Hautmann H, Hefele S, Schotten K, Huber RM. Maximal inspiratory mouth pressures (PIMAX) in healthy subjects, what is the lower limit of normal. *Respir Med.* 2000;94(7):689-693.
- Hawkes EZ, Nowicky AV, McConnell AK. Diaphragm and intercostals surface EMG and muscle performance after acute inspiratory muscle loading. *Respir Physiol Neurobiol.* 2007;155(3):213-219.
- Hawley JA, Williams MM, Hamling GC, Walsh RM. Effects of task-specific warm-up on anaerobic power. *Bri Sports Med.* 1989;23(4):233-236.

- Hickson RC, Rosenkdetter MA. Reduced training frequencies and maintenance of increased aerobic power. *Med Sci Sports Exerc.* 1981;13:13-16.
- Hill K, Cecins NM, Eastwood PR, Jenkins SC. Inspiratory muscle training for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a practical guide for clinicians. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(9):1466-1470.
- Hinrichs T, Franke J, Sven V, Bloch W, Schanzer W, Platen P. Total hemoglobin mass, iron status and endurance capacity in elite field hockey players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(3):629-638.
- Hollmann W, Hettinger T. *Principles of Sports Medicine.* Stuttgart, Schattauer. 1990; 60.
- Holt BW, Lambourne K. The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *J Strength Cond Res.* 2008;22(1):226-229.
- Horton ES, Terjung RL. *Exercise, Nutrition and Energy Metabolism.* New York, MacMillian. 1988: 9.
- Hostrup M, Kalsen A, Auchenberg M, Bangsbo J, Backer V. Effects of acute and 2-week administration of oral salbutamol on exercise performance and muscle strength in athletes. *Scand J Med Sci.* 2014:1-9.
- http://faculty.scf.edu/kerstenb/2086/lecture%20powerpoints/MN%20Chapter%2023_files/slide0059_image019.jpg, 12.12.2014
- Hulzebos EH, Van Meeteren NL, De Bie RA, Dagnelie PC, Helders PJ. Prediction of postoperative pulmonary complications on the basis of preoperative risk factors in patients who had undergone coronary artery bypass graft surgery. *Phys Ther.* 2003;83(1):8-16.
- Illi SK, Held U, Frank I, Spengler CM. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals. *Sports Med.* 2012;42(8):707-724.
- İmren AH. *Fizyoloji Metabolizma.* İstanbul, Formül Matbaası. 1977; 24.
- İnce Dİ. Solunum Fizyoterapisi: Solunum Egzersizleri, Solunum Kas Eğitimi, Bronşiyal Hijyen Teknikleri. İçinde Erk M, Ergün P. *Pulmoner Rehabilitasyon.* Toraks Kitapları, Sayı:7. 2009; 179-194.
- Jagers JR, Swank AM, Frost KL, Lee CD. The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force, and power. *J Strength Cond Res.* 2008;22(6):1844-1849.
- Jelalian E, Steele RG. *Handbook of Childhood and Adolescent Obesity.* New York, Springer Science + Business Media. 2008; 67.
- Jennings DH, Cormack SJ, Coutts AJ, Aughey RJ. International field hockey players perform more high-speed running than national-level counterparts. *J Strength Cond Res.* 2012;26(4):947-952.
- Johnson BD, Aaron EA, Babcock MA, Dempsey JA. Respiratory muscle fatigue during exercise: implications for performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28(9):1129-1137.

- Johnson MA, Sharpe GR, Brown PI. Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *Eur J Appl Physiol.* 2007;101(6):761-770.
- Kabadayı M. Aktif engelli basketbol ve futbolcularda stereolojik yöntemle hesaplanan triceps brachii kas hacminin dirsek ekstansiyon kuvveti ile ilişkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2005; 77.
- Kalinski M, Norkowski H, Kerner M, Tkaczuk W. Anaerobic power characteristics of elite athletes in national level team-sport games. *Eur J Sport Sci.* 2002;2(3):1-21.
- Kalyon TA. Spor Hekimliği Sporcu Sağlığı ve Spor Sakatlıkları. 4. Baskı, Ankara, GATA Basımevi. 1997; 29-30.
- Kantarson J, Jalayondeja W, Chaunchaiyakul R, Pongurgsorn C. Effect of respiratory muscles warm-up on exercise performance in sedentary subjects. *J Med Technol Phys Ther.* 2010;22(1):71-81.
- Karakaş SE. Sağlık, spor ve performans. 1. Yüksek İrtifa ve Spor Bilimleri Kongresi Bildirileri, Kayseri, Özet Kitabı, 1991; 10-11.
- Karakurt A. Sporda ısınmanın, ısınma öncesi ve ısınma sonrası sıçrama hareketine etkisinin araştırılması. Dicle Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, Yüksek Lisans Tezi, 2000; 1.
- Karatosun H. Futbol-Fizyolojik Temeller. Ankara, Kolka Matbaası. 1991; 21.
- Karvonen J, Lemon PWR. *Medicine in Sports Training and Coaching.* Basel, Karger Pub.1992:190-213.
- Kılınç F, Ersoy A, Acet M. *Anatomi ve Fizyoloji.* Isparta, Özkaya Matbaacılık. 1998: 83-164.
- Kilding AE, Brown S, McConnell AK. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(3):505-511.
- Kin A. 400m koşusu ve enerji. Hacettepe Üniversitesi Atletizm Bilim Teknik Dergisi. 1994;13:37-39.
- Klainman E, Starobin D, Wishnizer R, Yarmolovsky A, Fink G. The functional effect of beta blockers vs vasodilators in hypertension treatment. *J Clin Basic Cardiol.* 2008;11(1):8-10.
- Koley S, Jha S, Sandhu JS. Study of back strength and its association with selected anthropometric and physical fitness variables in interuniversity hockey players. *Anthropologist.* 2012;14(4):359-363.
- Koley S, Vashisth D. Correlations of back endurance with anthropometric variables and performance tests in indian elite male hockey players. *Hum Biol Rev.* 2014;3(2):175-183.
- Konarski J, Matuszynski M, Strzelczyk R. Different team defense tactics and heart rate during a field hockey match. *Stud Phys Cult Tourism.* 2006;13:145-147.
- Konopka P. *Spor Beslenmesi.* Ankara, Bağırhan Yayinevi. 2000: 31.

- Köse B. Farklı ısınma yöntemlerinin esnekliğe, sıçramaya ve dengeye etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Yüksek Lisans Tezi, 2014; 1.
- Kuran G. Yavaş progresyon gösteren kas hastalarında solunum kas eğitiminin solunum fonksiyonlarına etkisi. İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kardiyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Doktora Tezi, 2011; 16.
- Kuter M, Öztürk F. Antrenör Sporcu El Kitabı. 2. Baskı, Ankara, Bağırhan Yayınevi. 1999; 15-16-79.
- Kuter M, Öztürk F. Sporda Risk Faktörleri. Bursa, Kuter Yayın ve Tanıtım Hizmetleri Ltd. Şti. 1998; 51.
- Kuter M, Yakupoğlu S, Öztürk F. Bayan basketbol takımının fiziksel ve fizyolojik profili. 2. Ulusal Spor Bilimleri Kongresi Bildirileri, Ankara, Özet Kitabı, 1992; 182.
- Lacasse Y, Goldstein R, Lasserson TJ, Martin S. Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease (review). *Cochrane Database Syst Rev.* 2006;4(4):DOI:10.1002/14651858.CD003793.pub2.
- Larson LM, Smeltzer RM, Petrella JK, Jung AP. The effect of active vs. supine recovery on heart rate, power output, and recovery time. *Int J Exerc Sci.* 2013;6(3):180-187.
- Leech JA, Ghezzi H, Stevens D, Becklake MR. Respiratory pressures and function in young adults. *Am Rev Respir Dis.* 1983;128:17-23. İçinde; Smyth RJ, Chapman KR, Rebuck AS. Maximal inspiratory and expiratory pressures in adolescents, normal values. *Chest.* 1984;86(4):568-572.
- Leicht CA, Smith PM, Sharpe G, Perret C, Gossey-Tolfrey VL. The effects of a respiratory warm-up on the physical capacity and ventilatory response in paraplegic individuals. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(6):1291-1298.
- Leith DE, Bradley M. Ventilatory muscle strength and endurance training. *J Appl Physiol.* 1976;41(4):508-516.
- Lemmink KAPM, Visscher SH. Role of energy systems in two intermittent field tests in women field hockey players. *J Strength Cond Res.* 2006;20(3):682-688.
- Leslie V. Physiological and match performance characteristics of field hockey players. Loughborough University, Loughborough, Doctoral Thesis, 2012; 15-22.
- Lin H, Tong TK, Huang C, Nie J, Lu K, Quach B. Specific inspiratory muscle warm-up enhances badminton footwork performance. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2007;32(6):1082-1088.
- Lisboa C, Villafranca C, Leiva A, Cruz E, Pertuze J, Borzone G. Inspiratory muscle training in chronic airflow limitation: effect on exercise performance. *Eur Respir J.* 1997;10(3):537-542.
- Loke J, Mahler DA, Virgulto JA. Respiratory muscle fatigue after marathon running. *J Appl Physiol.* 1982;52(4):821-824.

- Lomax M, Grant I, Corbett J. Inspiratory muscle warm-up and inspiratory muscle training: separate and combined effects on intermittent running to exhaustion. *J Sports Sci.* 2011;29(6):563-569.
- Lomax M, McConnell AK. Influence of prior activity (warm-up) and inspiratory muscle training upon between-and within-day reliability of maximal inspiratory pressure measurement. *Respiration.* 2009;78(2):197-202.
- Lomax M, McConnell AK. Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200m swim. *J Sport Sci.* 2003;21(8):659-664.
- Lomax M, Tasker L, Bostancı Ö. An electromyographic evaluation of dual role breathing and upper body muscles in response to front crawl swimming. *Scand J Med Sci Sports.* 2014a; DOI: 10.1111/sms.12354.
- Lomax M, Tasker L, Bostancı Ö. Inspiratory muscle fatigue affects latissimus dorsi but not pectoralis major activity during arms only front crawl sprinting. *J Strength Cond Res.* 2014b;28(8):2262-2269.
- Lötters F, Van Tol B, Kwakkel G, Gosselink R. Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: a meta-analysis. *Eur Respir J.* 2002;20(3):570-576.
- Lythe J. The physical demands of elite men's field hockey and the effects of differing substitution methods on the physical and technical outputs of strikers during match play. Auckland University of Technology, School of Sport and Recreation, Master of Health Science Thesis, 2008; 12.
- Macleod H, Morris J, Nevill A, Sunderland C. The validity of a non-differential global positioning system for assessing player movement patterns in field hockey. *J Sport Sci.* 2009;27(2):121-128.
- Malina RM, Bouchard C. Growth, Maturation, and Physical Activity. Champaign, IL, USA, Human Kinetics. 1991; 3-17.
- Markov G, Spengler CM, Knöpfli-Lenzin C, Stuessi C, Boutellier U. Respiratory muscle training increases cycling endurance without affecting cardiovascular responses to exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2001;85(3-4):233-239.
- Martin BJ, Robinson S, Wiegman DL, Aulick LH. Effect of warm-up on metabolic responses to strenuous exercise. *Med Sci Sports.* 1975;7(2):146-149.
- McConnell AK, Caine MP, Sharpe GR. Inspiratory muscle fatigue following running to volitional fatigue: The influence of baseline strength. *Int J Sports Med.* 1997;18(3):169-173.
- McConnell AK, Lomax M. The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *J Physiol.* 2006;577(1):445-457.
- McConnell AK. Breathe Strong, Perform Better. Champaign, USA, Human Kinetics. 2011; 6-20.
- McCutcheon LJ, Geor RJ, Hinchcliff KW. Effects of prior exercise on muscle metabolism during sprint exercise in horses. *J Appl Physiol.* 1999;87(5):1914-1922.

- McKenna MJ, Green RA, Meyer AD, Shaw PF. Tests of anaerobic power and capacity. *Aust J Sci Med Sport*. 1987;19(2):13-17.
- McNeal J, Sands W. Acute static stretching reduces lower extremity power in trained children. *Pediatr Sci*. 2003;15(2):139-145.
- Medbo JI, Burgers S. Effect of training on the aerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc*. 1990;22(4):501-507.
- Metin G, Yücel R, Altan M, Öztürk L, Tutluoğlu B. Sigarayı bırakmanın fiziksel egzersiz kapasitesi üzerine etkileri. *Türk Toraks*. 2005;6(3):221-227.
- Mišić U, Zmogljivost NŠ, Plavalcev MPI. Effects of inspiratory muscle training on inspiratory muscle strength and sprint swimming performance in young female and male swimmers. *Kinesiologia Slovenica*. 2013;19(1):53-61.
- Mostoufi-Moab S, Widmaier EJ, Cornett JA, Gray K, Sinoway LI. Forearm training reduces the exercise pressor reflex during ischemic rhythmic handgrip. *J Appl Physiol*. 1998;84(1):277-283.
- Mota S, Güell R, Barreiro E, Solanes I, Ramírez-Sarmiento A, Orozco-Levi M, Casan P, Gea J, Sanchis J. Clinical outcomes of expiratory muscle training in severe COPD patients. *Respir Med*. 2007;101(3):516-524.
- Mutlubaş Ö. Antrenmanın metabolik kapasite üzerine etkileri. *Hacettepe Üniversitesi Atletizm Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 1999;33:40.
- Myers J, Ashley E. Dangerous curves: a perspective on exercise, lactate and the anaerobic threshold. *Chest*. 1997;111(3):787-795.
- Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res*. 1999;32(6):719-727.
- Nicks C, Farley R, Fuller D, Morgan D, Caputo J. The effect of respiratory muscle training on performance, dyspnea, and respiratory muscle fatigue in intermittent sprint athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(5):381.
- Noble JB. *Physiology of Exercise and Sport*. USA, Times Mirror/Mosby Coll. Publish. 1986; 40.
- Özdal M. Çim hokeyi oyuncularında aerobik antrenman programının bazı dolaşım ve solunum parametrelerine etkisi. *Gaziantep Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, Yüksek Lisans Tezi*, 2012; 3.
- Özkan A, Köklü Y, Ersöz G. Wingate anaerobik güç testi. *Uluslararası İnsan Bilimleri*. 2010;7(1):207-224.
- Özturan D. Egzersizin bazı solunum fonksiyon testlerine etkisi. *Gaziantep Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 1997; 17.
- Pachecco BA. Improvement in jumping performance due to preliminary exercise. *Res Q Exerc Sport*. 1957;28(1):55-63.
- Pardy RL, Reid WD, Belman MJ. Respiratory muscle training. *Clin Chest Med*. 1988,9(2):287-96.
- Peker HS. *Sporda Beslenme*. 4. Baskı, Ankara, Onay Ajans. 1998; 10.

- Pitta F, Takaki MY, De Oliveira NH, Sant'Anna TJ, Fontana AD, Kovelis D, Camillo CA, Probst VS, Brunetto AF. Relationship between pulmonary function and physical activity in daily life in patients with COPD. *Respir Med.* 2008;102(8):1203-1207.
- Podgorski T, Krysiak J, Domaszewska K, Pawlak M, Konraski J. Influence of maximal exercise on organisms antioxidant potential in field hockey players. *Medicina Sportiva.* 2006;10(4):102-104.
- Porsuk M. Orta ve uzun mesafe koşularında anaerobik eşik. *Hacettepe Üniversitesi Atletizm Bilim ve Teknoloji.* 1999;35:8-9.
- Price M, Beckford C, Dorricott A, Hill C, Kershaw M, Singh M, Thornton I. Oxygen uptake during upper body and lower body Wingate anaerobic tests. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014;39(12):1345-1351.
- Proske U, Morgan DL, Gregory JE. Thixotropy in skeletal muscle and in muscle spindles: a review. *Prog Neurobiol.* 1993;41(6):705-721.
- Pyke FS. The effect of preliminary activity on maximal motor performance. *Res Q Exerc Sport.* 1968;39(4):1069-1076.
- Pyne D, Tresin C, Hopkins W. Progression and variability of competitive performance of olympic swimmers. *J Sports Sci.* 2004;22(7):613-620.
- Ranatunga KW, Sharpe B, Turnbull B. Contractions of human skeletal muscle at different temperatures. *J Physiol.* 1987;390(1):383-395.
- Ratnovsky A, Elad D, Halpern P. Mechanics of respiratory muscles. *Respir Physiol Neurobiol.* 2008;163(1-3):82-89.
- Reilly T, Secher N, Snell P, Williams C. *Physiology of Sports.* Taylor & Francis. 2005; 420.
- Renklikurt T. Isınma, Türkiye Futbol Federasyonu Futbol Kondisyon El Kitabı. Ankara, TFF. 1991; 31.
- Riezebos MZ. Relationship of selected variables to performance in womens basketbol. *Can J Appl Sport Sci.* 1983;8(1):34.
- Romer LM, Lovering AT, Haverkamp HC, Pegelow DF, Dempsey JA. Effect of inspiratory muscle work on peripheral fatigue of locomotor muscles in healthy humans. *J Physiol.* 2006;571(2):425-439.
- Romer LM, McConnell AK, Jones DA. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. *J Sport Sci.* 2002a;20(7):547-590.
- Romer LM, McConnell AK, Jones DA. Effects of inspiratory muscle training upon recovery time during high intensity, repetitive sprint activity. *Int J Sports Med.* 2002b;23:353-360.
- Romer LM, Polkey MI. Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *J Appl Physiol.* 2008;104(3):879-888.
- Roussos C, Fixley M, Gross D, Macklem PT. Fatigue of inspiratory muscles and their synergic behavior. *J Appl Physiol.* 1979;46(5):897-904.

- Roussos C, Grassino A, Macklem PT. Inspiratory muscle fatigue and acute respiratory failure. *CMAJ*. 1980;122(12):1375.
- Rumaka M, Uptis I, Grants J, Aberberga-Augskalne L. Maximal respiratory pressures, their association with spirometric parameters, swimming skills and changes due to immersion in water. *Žurnalas Ugdymas Kūno Kultūra Sportas*. 2013;4(91):31-36.
- Saicaors M. Comparison of responses to weight training in pubescent boys and men. *J Sport Med Phys Fitness*. 1987;27(1):30-37.
- Santos MLM, Rosa BD, Ferreira CR, Medeiros AA, Batiston AP. Maximal respiratory pressures in healthy boys who practice swimming or indoor soccer and in healthy sedentary boys. *Physiother Theory Pract*. 2012;28(1):26-31.
- Scott PA. Morphological characteristics of elite male field hockey players. *J Sports Med Phys Fitness*. 1991;31(1):57-61.
- Sekir U, Arabaci R, Akova B, Kadagan SM. Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes. *Scand J Med Sci Sports*. 2009;20(2):268-281.
- Sergeant AJ, Dolan P. Effect of prior exercise on maximal short-term power output in humans. *J Appl Physiol*. 1987;63(4):1475-1480.
- Sevim Y. *Antrenman Bilgisi*. Ankara, Gazi Büro Kitapevi. 1995; 20-22.
- Sharma A, Tripathi V, Koley S. Correlations of anthropometric characteristics with physical fitness tests in Indian professional hockey players. *J Hum Sport Exerc*. 2012;7(3):698-705.
- Sheel AW. Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports Med*. 2002;32(9):567-581.
- Shell AW, Derchak PA, Morgan BJ, Pegelow DF, Jacques AJ, Dempsey JA. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *J Physiol*. 2001;537(1):277-289.
- Shellock FG, Prentice WE. Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Med*. 1985;2(4):267-278.
- Siafakas NM, Mitrouska I, Bouros D, Georgopoulos D. Surgery and respiratory muscles. *Thorax*. 1999;54(12):1140-1141.
- Silverman EP, Sapienza CM, Saleem A, Carmichael C, Davenport PW, Hoffman-Rudy B, Okun MS. Tutorial on maximum inspiratory and expiratory mouth pressures in individuals with Parkinson disease and the preliminary results of an expiratory muscle strength training program. *NeuroRehabilitation*. 2006;21(1):71-79.
- Singer J, Yelin EH, Katz PP, Sanchez G, Iribarren C, Eisner MD, Blanc PD. Respiratory and skeletal muscle strength in COPD: Impact on exercise capacity and lower extremity function. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2011;31(2):111.

- Smith D, Whitemore PH, Whitemore L, Collins D, Devonport T. The effect of theoretically-based imagery scripts on field hockey performance. *J Sport Behav.* 2001;24(4):408-419.
- Smyth RJ, Chapman KR, Rubuck AS. Maximal inspiratory and expiratory pressures in adolescents normal values. *Chest.* 1984;86(4):568-572.
- Solberg G, Robstad B, Skjonberg OH, Borchsenius F. Respiratory gas Exchange indices for estimating the anaerobic threshold. *J Sports Sci Med.* 2005;4:29-36.
- Somers VK, Leo KC, Shields R, Clary M, Mark AL. Forearm endurance training attenuates sympathetic nerve response to isometric handgrip in normal humans. *J Appl Physiol.* 1992;72(3):1039-1043.
- Sönmez GT. Egzersiz ve Spor Fizyolojisi. Bolu, Ata Ofset Matbaacılık. 2002; 65-70.
- Sparling PB, Owen N, Lambert EV. Promoting physical activity: the new imperative for public health. *Health Educ Res.* 2000;15(3):367-376.
- Sparling PB, Snow TK, Roskopf LB, O'Donnell EM, Freedson PS, Brynes WC. Bone mineral density and body composition of the United States olympic womens field hockey team. *Br J Sports Med.* 1998;32(4):315-318.
- Spencer M, Bishop D, Lawrance S. Longitudinal assesment of the effects of field-hockey training on repeated sprint ability. *J Sci Med Sport.* 2004;7(3):323-334.
- Spencer M, Fitzsimons M, Dawson B, Bishop D, Goodman C. Reliability of a repeated-sprint test for field hockey. *J Sci Med Sport.* 2006;9(1):181-184.
- St Croix CM, Morgan BJ, Wetter TJ, Dempsey JA. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. *J Physiol.* 2000;529(2):493-504.
- Stamford BA, Weltman A, Moffatt R, Sady S. Exercise recovery above and below anaerobic treshold following maximal work. *J Appl Physiol.* 1981;51(4):840-844.
- Stuessi C, Spengler CM, Knöpfli-Lenzin C, Markov G, Boutellier U. Respiratory muscle endurance training in humans increases cycling endurance without affecting blood gas concentrations. *Eur J Appl Physiol.* 2001;84(6):582-586.
- Suzuki S, Yoshiike Y, Suzuki M, Akahori T, Hasegawa A, Okubo T. Inspiratory muscle training and respiratory sensation during treadmill exercise. *Chest.* 1993;104(1):197-202.
- Şahin G. 17-19 yaş grubu elit erkek çim hokeycilere uygulanan iki farklı kuvvet antrenman programının bazı fiziksel, fizyolojik ve teknik özelliklere etkileri. Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Ankara, 2008; 34.
- Tamer K. Sporda Fiziksel Fizyolojik Performansın Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi. Ankara, Türkerler Kitabevi. 1995; 48-163.
- Taşkın H. Aktif ve pasif (masaj) ısınmanın anaerobik güce etkisi. Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya, Yüksek Lisans Tezi, 2002; 45.
- Taverner CM. Field Hockey: Techniques and Tactics. USA, Human Kinetics. 2005; 173, 174

- Tel M. Halı sahada futbol oynayanların yaralanma durumlarının bazı değişkenlere göre incelenmesi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Tıp Dergisi*. 2011;25(3):125-131.
- Terzano C, Ceccarelli D, Conti V, Graziani E, Ricci A, Petroianni A. Maximal respiratory static pressures in patients with different stages of COPD severity. *Respir Res*. 2008;9(1):8, doi:10.1186/1465-9921-9-8.
- Thompson H. Effect of warm-up upon physical performance in selected activities. *Res Q Exerc Sport*. 1958;29(2):231-246.
- Tong TK, Fu FH, Chung PK, Eston R, Lu K, Quach B, Nie J, So R. The effect of inspiratory muscle training on high-intensity, intermittent running performance to exhaustion. *Applied Physiology, Nutr Metab*. 2008;33(4):671-681.
- Tong TK, Fu FH, Eston R, Chung PK, Quach B, Lu K. Chronic and acute inspiratory muscle loading augment the effect of a 6-week interval program on tolerance of high-intensity intermittent bouts of running. *J Strength Cond Res*. 2010;24(11):3041-3048.
- Tong TK, Fu FH. Effect of specific inspiratory muscle warm-up on intense intermittent run to exhaustion. *Eur J Appl Physiol*. 2006;97(6):673-680.
- Türkmen S, Kayatekin M, Varol R. Beden eğitimi derslerinin bir öğretim yılı boyunca ambulans ve acil bakım teknikerliği öğrencileri üzerindeki fiziksel ve fizyolojik etkileri. *Ege Üniversitesi Besyo Performans*. 1995;1(3):141-145.
- Ünlü NK. Isınmanın fiziki aktivite ve bazı fizyolojik değerler üzerine etkisi. Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya, Yüksek Lisans Tezi, 1992; 1-21.
- Ünlü SS. Kombine edilmiş ısınma uygulamalarının anaerobik güç performansına akut etkileri. Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2008; 3-10.
- Volianitis S, McConnell AK, Jones DA. Assessment of maximum inspiratory pressure. Prior submaximal respiratory muscle activity ('warm-up') enhances maximum inspiratory activity and attenuates the learning effect of repeated measurement. *Respiration*. 2001b;68:22-27.
- Volianitis S, McConnell AK, Koutedakis Y, Jones DA. Specific respiratory warm-up improves rowing performance and exertional dyspnea. *Med Sci Sports Exerc*. 2001a;33(7):1189-1193.
- Volianitis S, McConnell AK, Koutedakis Y, Jones DA. The influence of prior activity upon inspiratory muscle strength in rowers and non-rowers. *Int J Sports Med*. 1999;20(8):542-547.
- Volianitis S, McConnell AK, Koutedakis Y, McNaughton L, Backx K, Jones DA. Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2001c;33(5):803-809.
- Weerapong P. Preexercise strategies: the effect of warm up, stretching and massage on symptoms of eccentric exercise induced muscle damage and performance. Auckland University of Technology, New Zeland, Doctoral Thesis, 2005; 24.

- Weineck J. Sporda Fonksiyonel Anatomi. İstanbul, Birol Yayın Ltd. Şti. 2002; 49-52.
- Weiner P, Waizman J, Magadle R, Berar-Yanay N, Pelled B. The effect of specific inspiratory muscle training on the sensation of dyspnea and exercise tolerance in patients with congestive heart failure. *Clin Cardiol.* 1999;22(11):727-732.
- Wells GD, Plyley M, Thomas S, Goodman L, Duffin J. Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers. *Eur J Appl Physiol.* 2005;94(5-6):527-540.
- Williams AM, Ward P, Chapman C. Training perceptual skill in field hockey: is there transfer from the laboratory to the field? *Res Q Exerc Sport.* 2003;24(1):98-103.
- Willmore JH, Costill DL. *Physiology of Sport and Exercise.* 3. Ed. Champaign, IL: Human Kinetics. İçinde; Zachrich TP. MaxVO₂ and ventilatory treshold in university level hockey players. College of Bowling Green State University, Master of Education Thesis, 2008; 11.
- Wilson EE, McKeever TM, Lobb C, Sherriff T, Gupta L, Hearson G, Martin N, Lindley MR, Shaw DE. Respiratory muscle specific warm-up and elite swimming performance. *Br J Sports Med.* 2014;48(9):789-791.
- Witt JD, Guenette JA, Rupert JL, McKenzie DC, Sheel AW. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *J Physiol.* 2007;584(3):1019-1028.
- Wright V, Johns RJ. Quantitative and qualitative analysis of joint stiffness in normal subjects and in patients with connective tissue disease. *Ann Rheum Dis.* 1961;20(1):36-46.
- Yıldız SA. Aerobik ve anaerobik kapasitenin anlamı nedir? *Solunum.* 2012;14(ek):1-8.
- Yılmaz F. *Beden Eğitimi ve Sporda Temel İlkeler.* Bursa, Ekin Kitabevi. 2001; 18.
- Zachrich TP. MaxVO₂ and ventilatory threshold in university level hockey players. College of Bowling Green State University, Master of Education Thesis, 2008; 5-20.
- Zeren B. Halı saha tuzağı. 2. Ulusal Spor Bilimleri Kongresi, Ankara, Özet Kitabı, 1992; 208-212.

EKLER

Ek 1. Etik kurul onayı




T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Sayı: B.30.2.ODM.0.20.08/1055

30.06.2014

Sayın : Yrd.Doç.Dr. Özgür BOSTANCI

Etik Kurulumuza sunmuş olduğunuz **Solunum Kaslarına Yönelik Isınma Egzersizlerinin Aerobik ve Anaerobik Güce Etkisi** başlıklı OMÜ KAEK 2014/635 Karar nolu Egzersiz fizyolojisi çalışması nitelikli araştırma projeniz: Amaç, gerekçe, yaklaşım ve yöntemle ilgili açıklamaları, Klinik Araştırmalar Etik Kurulu yönergesine göre incelenmiş etik açıdan bir sakınca olmadığına, çalışmanın süresi 6 ayı geçerse 6 aylık bildirimlerinin yapılmasına; çalışma tamamlandıktan sonra sonucunun tarafımıza en geç üç(3) ay içerisinde bildirilmesine 24.04.2014 tarihli Etik kurulumuzda oy birliği ile karar verilmiştir. Bilgilerinize arz/rica ederim.


Prof.Dr.Abdulkadir BEDİR
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
Başkanı

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Mustafa ÖZDAL

Doğum Yeri: Gaziantep

Doğum Tarihi: 26.12.1985

Medeni Hali: Evli

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

Lisans, Gaziantep Üniversitesi (2002-2006)

Yüksek Lisans, Gaziantep Üniversitesi (2010-2012)

Doktora, Ondokuz Mayıs Üniversitesi (2012-2015)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Gaziantep Şerif Peri İlköğretim Okulu (2006-2010)

Gaziantep Kanuni Sultan Süleyman T.E.M. Lisesi (2010-2013)

Gaziantep Vehbi Dinçerler Fen Lisesi (2013-2013)

Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü (2013-2014)

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü (2014-2014)

Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü (2014-)

E-posta: mustafaozdal@gantep.edu.tr