



Yükselti ve Sportif Performans “Altitude and Athletic Performance”

İbrahim CAN¹

DERLEME

Tarihçe

Yayın Geliş Tarihi: 9 Eylül 2021
Kabul Tarihi: 22 Ekim 2021
Online Yayın Tarihi: 30 Aralık 2021

DOI: <http://dx.doi.org/10.29228/anatoliarsr.20>

Yazarlarla İletişim

1- (Sorumlu Yazar) Iğdır Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Iğdır / Türkiye
ibrahimcan_61@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2050-1473>

Yazar Katkıları

Tüm yazarlar çalışmanın konseptine ve tasarımına katkıda bulundu.

Finansman

Bu çalışma herhangi bir kurum/kuruluştan maddi destek almadı.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ediyorlar.

Şeffaflık

Yazarlar, çalışmada hiçbir hayati özelliğin ihmal edilmediğini, dürüst, doğru ve şeffaf bir anlatım ile raporlaştırdığını ve herhangi bir tutarsızlık olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik

Bu çalışmada bilimsel etik kriterlerine uyulmuştur.

Referans Gösterimi

Can, İ. (2021). Yükselti ve Sportif Performans, Anatolia Sport Research, 2(3): 39-44.

Copyright © 2021 by Anatolia Sport Research

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, yükseltinin aerobik ve anaerobik performans üzerindeki olumlu veya olumsuz etkilerini araştırmaktır.

Materyal ve Metod: Bu amaç doğrultusunda, literatür detaylı bir şekilde incelenmiş ve yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar kapsamlı olarak açıklanmıştır.

Bulgular: Yükseltinin sportif performans üzerinde önemli bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sonuç: Yükselti, belirli bir mesafenin üzerinde aerobik performansı olumsuz etkilerken, anaerobik performans üzerinde ise olumlu bir etkiye sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Aerobik, Anaerobik, Performans, Yükselti.

ABSTRACT

Aim: The aim of this study is to investigate the positive or negative effects of altitude on aerobic and anaerobic performance.

Material and Method: For this purpose, the literature was examined in detail and the results obtained in the studies were explained.

Results: It was concluded that altitude has a significant effect on athletic performance.

Conclusions: While altitude negatively affects aerobic performance over a certain distance, it has a positive effect on anaerobic performance.

Keywords: Aerobic, Altitude, Anaerobic, Performance.

GİRİŞ

Tüm cisimlerde olduğu gibi havanın da bir ağırlığı vardır ve bu ağırlıktan dolayı temasta olduğu cisimler üzerinde bir basınç yaratır. Bu basıncın büyüklüğü, gaz kütesinin büyüklüğüne bağlıdır. Dünyanın herhangi bir noktasındaki atmosferik basınç (açık hava basıncı, barometrik basınç ya da atmosfer basıncı), doğrudan o nokta üzerindeki hava kolonu ağırlığının ölçüsüdür. Hava basıncı, atmosferi oluşturan gazların basıncına ve dolayısıyla da bu gazların ağırlıklarının toplamına eşittir. Deniz seviyesinde, hava kolonunun ağırlığı (ve yüksekliği) en büyüktür. Daha yükseğe çıkınca, hava kütesinin kalınlığı azalır ve dolayısıyla kolon ağırlığı da azalır. Fakat bu azalma, yükseklikte paralel gerçekleşmez. Yükseğe çıkıldıkça yer çekimi kuvveti azaldığından, gazların yoğunluğu azalır ve hava basıncında azalma gerçekleşir. Sonuç olarak, artan yükseklik (irtifa) ile atmosfer basıncı düşer, hava daha az yoğunlaşır ve her bir hava litresi daha az gaz molekülünü içerir. Yükseltideki oksijen (% 20.93), karbondioksit (% 0.03) ve azot (% 79.04) yüzdeleri deniz seviyesindeki değerlerle aynıdır. En yüksek atmosfer basıncı deniz seviyesinde gerçekleşir (760 mmHg). Her bir gazın tek başına meydana getirebildiği basınca parsiyel veya kısmi basınç denir. Her bir gazın parsiyel basıncındaki değişiklik sadece atmosfer basıncındaki değişikliğe bağlıdır ve yükseklik artışı ile doğru orantılı olarak azalır. Çeşitli yüksekliklerdeki barometrik basınç (P_B) ve parsiyel oksijen basınç (P_{O_2}) değeri tablo 1’de verilmiştir. Yükseklik artışı ile P_{O_2} ’de, yani oksijen molekülleri yoğunluğunda meydana gelen azalma, hemoglobin saturasyonu ve dolayısıyla oksijen taşınmasında doğrudan etkiye sahip olarak kandan dokulara oksijen taşınmasını engelleyen düşük bir basınç gradyanına neden olur. Diğer bir ifadeyle düşük atmosferik basınç, düşük P_{O_2} anlamına gelir ve bu durum akciğerden O_2 ’in pulmoner difüzyonu ve dokulara O_2 taşınmasını sınırlar. Havadaki düşük kısmi oksijen basıncına hipoksi; kandaki düşük kısmi oksijen basıncına hipoksemi denir. Deniz seviyesi koşullarındaki PO_2 ise normoksi olarak adlandırılır. Hiperoksi terimi ise solunan PO_2 ’nin deniz seviyesinden daha büyük olduğu durumu belirtir (Hoffman, 2002; Powers and Howley, 2007; Plowman and Smith, 2011; Kenney et al., 2012).

Tablo 1. Çeşitli Yüksekliklerde Barometrik Basınç (P_B) ve Parsiyel Oksijen Basıncı (P_{O_2}) Değerleri (Hoffman, 2002)

Yükselti (m)	P_B (mmHg)	P_{O_2} (mmHg)
0	760	159
1000	674	141
2000	596	125
3000	526	110
4000	463	97
5000	405	85
6000	354	74
7000	308	65
8000	267	56
9000	231	48

Dünya genelinde 40 milyondan fazla insan deniz seviyesinin üzerindeki 3048 m ile 5486 metre arasındaki karasal yüksekliklerde yaşamakta, çalışmakta ve dinlenmektedir. Dünyanın topografyası açısından, bu mesafeler genellikle yüksek rakım olarak kabul edilen aralığı kapsar. And Dağları ve Himalayalar’da 5486 metreye kadar kalıcı yerleşim yerlerinde insanlar yaşarlar. Kişi fiziksel olarak hareketsiz kalsa bile, aklimatize (yükseleğe adaptasyon) olmayan bir kişinin bu yüksekliğe uzun süre maruz kalması durumunda ortamdaki hava normalin altında bir oksijen basıncına sahip olduğundan, ölümüne neden olabilir. Orta seviyede yüksekliğe maruz kalmanın bile fizyolojik zorluğu, fiziksel aktiviteler esnasında kolayca anlaşılır (McArdle et al., 2010). Bu nedenle, hipobarik (düşük hava basıncı) bir ortama akut yanıt, atletik performansı olumsuz yönde etkileyen önemli fizyolojik ve

psikolojik değişikliklere neden olabilir. Ayrıca, uzun süre hipobarik ortama maruz kalma aklimatizasyonla (yükseltiye adaptasyon veya uyum) sonuçlanır (Hoffman, 2002). Yükseklik terimi genellikle 1500 m üzeri yükseklikleri ifade eder. Çünkü bu yükseltinin altında egzersiz veya spor yapıldığında, performansı çok fazla olumsuz etkilemediği ileri sürülür. Yükseltinin performans üzerinde etkilerini şu şekilde belirtebiliriz;

- ✓ Deniz seviyesine yakın bir yükseltinin (500 metre altında) iyi oluş (well-being) ya da egzersiz üzerinde bir etkisi yoktur.
- ✓ Düşük yükseltinin (500 ila 2000 metre arası) well-being üzerine hiçbir etkisi yoktur ama özellikle 1500 metre üzerinde mesafelerde yarışan atletlerde performans azalabilir. Bu performans düşüşleri yükseltiye uyum (aklimatizasyon) ile ortadan kaldırılabilir.
- ✓ Orta seviye yükselti (2000 ila 3000 metre arası) farklı hava veya yükseltiye alışmamış insanların well-being durumlarını etkiler ve muhtemelen maksimal aerobik kapasite ve performanslarında azalmaya neden olur. Bireyin optimal performansı aklimatizasyonla eski haline getirilebilir ya da getirilmeyebilir.
- ✓ Yüksek irtifalar (3000 ila 5500 metre arası) insanların çoğunda olumsuz sağlık etkileri (akut dağ hastalığı gibi) ortaya çıkarır ve yükseltiye tam bir uyum olsa bile performans önemli ölçüde azalır.
- ✓ Aşırı irtifa (5500 metre ve üstü) birçok hipoksik etkiler ortaya çıkarır. Yerleşim alanları en fazla 5200 ila 5800 metre arasındadır (Kenney et al., 2012).

Yüksek rakımdaki çevre koşullarında meydana gelen değişiklikleri göz önüne aldığımızda, dinlenme ve egzersizler esnasında insanların fizyolojik fonksiyonlarında değişiklikler meydana gelir. Yükseltinin artması ile birlikte PO₂'deki azalmadan dolayı, alveoller ve pulmoner dolaşım arasındaki oksijen transferi için değişimde benzer bir azalma olacaktır. Bu durum, kandaki O₂ satürasyonu ve O₂ taşıma kapasitesinin azalmasına yol açacaktır. Arteriyel PO₂'deki bu düşüşü tersine çevirmeye çalışan ilk tepkilerden biri, ventilasyonu artırmak ve böylece belirli bir süre boyunca daha fazla O₂ solumaktır. Ventilasyonda meydana gelen bu artış, arteriyel PCO₂'in azalmasına (solunumsal alkaloz denir) ve pH'nın yükselmesine neden olur. Bunu dengelemek için böbrekler daha fazla HCO₃⁻ (egzersiz metabolizması ile ilişkili hidrojen iyonları için önemli bir tampon) salgılar. Azalan parsiyel basıncın sonucu olarak O₂ taşıma kapasitesinde, kaslara O₂ iletiminde, dayanıklılık kapasite seviyesinde ve maksimal oksijen alımında (VO₂max) bir azalma olacaktır. Kardiyovasküler sistem düşük PO₂'nin neden olduğu oksijen sunumundaki zorlukları dengelemek için akut yükseltiye maruz kalmaya yanıt verir. Bunun için gerçekleşen ilk yanıtlardan biri, dokulara daha fazla kan ve dolayısıyla daha fazla oksijen vermek için kalp atım hızı ve dolayısıyla kalp debisinde artış meydana gelmesidir. Bu durum egzersiz sırasında ve dinlenmede meydana gelir. Aynı zamanda, kırmızı kan hücre (eritrosit) sayıları aynı kalırken plazma ve kan hacmi azalır. Bunun sonucunda, O₂ sunumunu geliştirmeye yardımcı olmak için hemoglobin konsantrasyonunda artış meydana gelir. Buna karşılık, kan volümündeki azalma ön yükü (preload) ve dolayısıyla stroke volümü, diğer bir ifadeyle atım volümünü (kalbin her atımda pompaladığı kan miktarı) azaltacaktır. Bu nedenle, kardiyak verimini artırmak için kalp atım hızının daha fazla kompanse etmesi gerekir. Yüksek irtifada yapılan maksimal egzersizde, deniz seviyesine kıyasla hem kalp atım hızı hem de atım hacmi azalır ve bu durum VO₂max'da bir düşüşe katkıda bulunur. Yükseltiye maruz kalma, sadece kalp atım hızındaki artıştan değil, aynı zamanda kalbin pompaladığı artan viskozite ve ard yükten (afterload) dolayı da kardiyak çalışmada büyük bir artışa neden olur. Aklimatizasyonun bu kardiyak yükünün bir kısmını dengelemeye çalışması şartırcı değildir

ve bu nedenle atletik performansa yardımcı olabilir. Yüksek irtifaya maruz kalma ile O₂ dağıtımındaki azalma dikkate alındığında, egzersiz esnası ve dinlenmede anaerobik metabolizmadaki bir artışı görmek şaşırtıcı değildir. Bu durum, deniz seviyesi ile karşılaştırıldığında submaksimal egzersiz yoğunluklarında laktat üretiminin arttığını açıkça göstermektedir. İlginç şekilde, maksimal egzersizde yüksek rakımda kan laktat üretimi azalır. Bu "laktat paradoksu" tam olarak anlaşılmamıştır, ancak böyle yüksek irtifalarda ulaşılabilen daha düşük absolut metabolik hızlarla bağlantılı olabileceği ifade edilir (Birch et al., 2005).

Yükseklikteki artışla birlikte VO₂max'da azalma meydana gelir. Bu azalma, atmosferik PO₂ değeri 131 mmHg altına düşene kadar çok olmaz. Azalmalar genellikle 1500 metre yükseltiden sonra başlar. 1.500 ila 5.000 metre arasındaki yükseklikte meydana gelen azalmanın öncelikli sebebi, arteriyel PO₂'deki azalmadır. Daha yüksek rakımlarda, maksimal kardiyak verimindeki azalma VO₂max'ı daha fazla sınırlar. 1500 metre üzerinde yükseklikteki her 1000 metrelik artışta VO₂max'da yaklaşık % 8 - 11 arasında azalma meydana gelir. Bu düşüş oranı, yükselti daha fazla olduğunda artabilir (Kenney et al., 2012). Everest zirvesinde, VO₂max'da deniz seviyesindeki değerine göre % 10 ila % 25 oranında bir azalma meydana gelir ve bu azalma vücudun egzersiz kapasitesini ciddi bir şekilde etkiler (Wilmore and Costill, 2004). Erkekler ve kadınların VO₂max değerindeki düşüş oranlarında cinsiyet farklılığı olmadığı ifade edilir (Kenney et al., 2012).

Mesafe koşusu ve kros kayağı gibi aerobik enerji kullanımının dominant olduğu branşlarda VO₂max'da yükseltiden kaynaklanan azalmadan dolayı, performans azalır. Genel olarak, deniz seviyesinde 2 dakikadan daha uzun bir sürede sonlanan yarışmalarda yarışmanın süresi ne kadar uzarsa belirli bir irtifadaki bozulma da o kadar fazla olur. Benzer bir şekilde, yükselti ne kadar fazla ise uzun yarışmalardaki bozulma da o kadar fazla olur (Lundby, 2012). Örneğin, deniz seviyesinde 2 ila 5 dakika arasında biten yarışmalarda performans bozulması yükselti yaklaşık 1600 metreyi aşana kadar tespit edilmeyebilir. Fakat deniz seviyesinde 20-30 dakika arasında sonlanan yarışmalar için performans bozulması daha düşük rakımda (yaklaşık 800 m) meydana gelebilir. Sürat pateni ve pist bisikleti gibi hızların koşu hızından daha yüksek olduğu sporlarda VO₂max değerinde önemli ölçüde azalma olmasına rağmen, hava yoğunluğu azaldığı için deniz seviyesiyle karşılaştırıldığında daha büyük bir performans artışı meydana gelir. Aslında teorik bir modelde, VO₂max değerinde yaklaşık % 25 oranında bir azalma olmasına rağmen, 1 saatlik bisiklet rekoru kırmak için 4000 metrenin optimal yükseklik olduğu ileri sürülür. Daha yüksek rakımlarda, VO₂max daha fazla azalacağından bisiklet performansı bozulacaktır (Capelli and Di Prampero, 1995). Yükseltinin kısa, orta ve uzun mesafe koşularındaki neden olduğu performans değişimi tablo 2'de verilmiştir. Tabloda görülmektedir ki 1500 metre koşusu haricindeki diğer tüm uzun mesafe yarışlarında performansta bir azalma meydana gelmiştir. Aslında, 1500 metre koşusunda da performans düşüşü beklenmesine rağmen, rekor kıran atletin (Kipchoge Keino) Mexico City'ye benzer bir yükseltide doğup büyümesi ve dolayısıyla da yükseltiye adaptasyon sağlamış olmasından dolayı performansında düşüş olmamıştır (Powers and Howley, 2007).

3048 metrelik bir yükseltiye kadar hemoglobinin oksijenle saturasyon yüzdesinde sadece çok küçük bir değişiklik meydana geldiği ifade edilmiştir. Örneğin, 1981 metre bir yükseklikte alveolar PO₂, deniz seviyesindeki değerinden (100 mmHg) daha düşük seviyelere (78 mmHg) düşer, ancak oksihemoglobin (hemoglobinin O₂ ile saturasyonu ya da nefes alırken akciğerlerde kandaki hemoglobinin O₂ ile birleşmesiyle meydana gelen bileşik) oranı % 90'dır. Bu nispeten küçük arteriyel desaturasyon, dinlenme veya hafif egzersiz performansı esnasında kişi üzerinde çok az etki gösterir ama şiddetli aerobik aktivitelerde performansı ciddi bir şekilde azaltır. 1968 yılında 2240 metre yükseltideki Mexico City'de gerçekleştirilen Olimpiyat Oyunları esnasında yükseltinin sportif performans üzerindeki mevcut etkisi açık şekilde ortaya çıkmıştır. Mexico Olimpiyat Oyunlarında, orta ve uzun mesafe koşular ile yüzme branşındaki hem erkek hem de kadın sporcular oldukça kötü performanslar sergilemiş ve

aerobik branşlarda herhangi bir başarı elde edilmemiştir. Diğer bir ifadeyle, 2.5 dakikadan uzun süren etkinliklerde yeni dünya rekoru kırılmamıştır. Buna karşılık, sprint, atma, atlama ve ağırlık kaldırma gibi çoğunlukla anaerobik yapıdaki branşlar yükseltiden olumsuz şekilde etkilenmemiş ve hem erkekler hem de kadınlarda birçok anaerobik branşta dünya ve olimpiyat rekoru kırılmıştır. Bu tür faaliyetlerin tek seferlik dönemlerindeki performans, deniz seviyesinden daha yüksek irtifada hava yoğunluğunun (hava direncini ya da sürüklenme kuvvetini azaltma) daha düşük olmasından dolayı, genellikle artar (McArdle et al., 2010).

Tablo 2. 1964 ve 1968 Olimpiyat Oyunlarında Kısa, Orta ve Uzun Mesafe Koşularındaki Performans Değişimi (Powers and Howley, 2007).

Olimpiyat Oyunları	Erkekler				Kadınlar			
	100 m	200 m	400 m	800 m	100 m	200 m	400 m	800 m
1964 (Tokyo)	10.0	20.3	45.1	1:45.1	11.4	23.0	52.0	2:1.1
1968 (Mexico City)	9.9	19.8	43.8	1:44.3	11.0	22.5	52.0	2:0.9
% Değişim	+ 1.0	+ 2.5	+ 2.9	+ 0.8	+ 3.5	+ 2.2.	0	+ 0.2

Olimpiyat Oyunları	Erkekler					
	1500 m	3000 m	5000 m	10000 m	Maraton	50000 m Yürüyüş
1964 (Tokyo)	3:38.1	8:30.8	13:48.8	28:24.4	2:12:11.2	4:11:11.2
1968 (Mexico City)	3:34.9	8:51.0	14:05.0	29:27.4	2:20:26.4	4:20:13.6
% Değişim	% 1.5	- 3.9	- 1.9	- 3.7	- 6.2	- 3.6

2300 metredeki hava yoğunluğunda % 24'lük azalmadan kaynaklanan hava direncindeki azalmanın gülle atma, çekiç atma, cirit atma ve disk atma gibi branşlarda atış mesafesini sıraya göre 6 cm, 53 cm, 69 cm, 162 cm artırdığı belirtilir (Dickinson et al., 1966). Hava direncinin azalması ve anaerobik metabolizmaya bağlı olmasından dolayı, sprint (60 m, 100 m, 200 m ve 400 m) zamanları yükseltinin artması ile azalabilir (Peronnet et al, 1991). 2500 ila 3000 m'den daha yüksek rakımda egzersiz yapmak, oksijen kısmi basıncının düşmesi nedeniyle toparlanma oranının bozulmasına neden olur (Koutedakis et al., 2006). Haseler ve arkadaşları (1999, 2004)'nın yaptığı çalışmalarda, yorucu egzersizden sonra ATP rejenerasyon analizinde ATP resentezinin hipoksi nedeniyle yavaşlayabileceği gösterilmiştir. Bu yüzden, yükseltide gerçekleştirilen tek bir sprint koşusu, deniz seviyesindeki göre daha hızlı olsa bile tekrarlı sprintler (futboldaki gibi) daha yorucu olabilir. Bu etkinin büyüklüğü çalışma süresi ve çalışma / dinlenme oranına bağlıdır. Düşük (585 m) ve orta irtifa (2100 m) arasında bir yükseltide 15 saniye yapılan 6 sprint için çalışma / dinlenme oranı 1:3 olduğunda zirve güç değerinde azalma olmadığı gözlemlendi (Brosnan et al., 2000). 2320 metrelik yükseltide, sprintler arasında 1 veya 2 dakika dinlenme verildiğinde deniz seviyesindeki değere göre 400 metre tekrarlı sprintlerin % 10-15 daha hızlı yapılabileceği, sprintler arasında 5 dakika dinlenme verildiğinde bu farklılığın ortadan kalktığı elde edilmiştir (Feriche et al., 2007).

Bu noktadan hareketle, yükseltinin sportif performans üzerindeki etkilerinden iki temel faktörün sorumlu olduğunu söyleyebiliriz. Bunlardan ilki; barometrik basınçta meydana gelen azalma ile paralel gerçekleşen ve dolayısıyla da hava direncini azaltan hava yoğunluğundaki azalmadır (özellikle hava direncinin yenilmesinin gerekli olduğu yüksek hızdaki yarışmalar ve atma yarışmaları gibi spor branşları için önemlidir. Çünkü hız iki katına çıktığında, hava direnci dört kat artar). Diğeri ise yükselti artışı ile birlikte maksimal oksijen alımı ve hemoglobinin oksijenle saturasyonundaki kademeli azalmadır (Lundby, 2012).

KAYNAKLAR

- Birch, K., McLaren, D., & George, K. (2005). *Sport and Exercise Physiology*. Oxon: BIOS Scientific Publishers.
- Brosnan, M. J., Martin, D. T., Hahn, A. G., Gore, C. J., & Hawley, J. A. (2000). Impaired Interval Exercise Responses in Elite Female Cyclists at Moderate Simulated Altitude. *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1819-1824.
- Capelli, C., & Di Prampero, P. E. (1995). Effects of Altitude on Top Speeds During 1 h Unaccompanied Cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 71(5), 469-471.
- Dickinson, E. R., Piddington, M. J., & Brain, T. (1996). *Project Olympics*. *Schweitz Zeit Sportmed*, 14(1), 305-308.
- Ferliche, B., Delgado, M., & Calderon, C. (2007). The Effect of Acute Moderate Hypoxia on Accumulated Oxygen Deficit During Intermittent Exercise in Nonacclimatized Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 413-418.
- Haseler, L. J., Hogan, M. C., & Richardson, R. S. (1999). Skeletal Muscle Phosphocreatine Recovery in Exercise-Trained Humans is Dependent on O₂ Availability. *Journal of Applied Physiology*, 86(6), 2013-2018.
- Haseler, L. J., Lin, A. P., & Richardson, R. S. (2004). Skeletal Muscle Oxidative Metabolism in Sedentary Humans: ³¹P-MRS Assessment of O₂ Supply and Demand Limitations. *Journal of Applied Physiology*, 97(3), 1077-1081.
- Hoffman, J. (2002). *Physiological Aspects of Sport Training and Performance*. United State: *Human Kinetics*.
- Kenney, L. W., Wilmore, H. J., & Costill, L. D. (2012). *Physiology of Sport and Exercise* (5th Ed). United States: Human Kinetics.
- Koutedakis, Y., Metsios, G. S., & Stavropoulos-Kalinoglou, A. (2006). Periodization of Exercise Training in Sport. In Whyte G. (Editor). *The Physiology of Training: Advances in Sport and Exercise Science Series*. Philadelphia: Elsevier Health Sciences, 1-22.
- Lundby, C. (2012). Physiological Systems and Their Responses to Conditions of Hypoxia. In Farrell PA., Joyner MJ., Caiozzo VJ. (Editors). *ACSM's Advanced Exercise Physiology* (2nd). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 603-622.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance* (7th Ed). United State: Lippincott Williams & Wilkins.
- Peronnet, F., Thibault, G., & Cousineau, D. L. (1991). A Theoretical Analysis of the Effect of Altitude on Running Performance. *Journal of Applied Physiology*, 70(1), 399-404.
- Plowman, A. S., & Smith, L. D. (2011). *Exercise Physiology: For Health, Fitness and Performance* (2nd Ed). Philadelphia: Lippincott Williams / Wilkins.
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (2007). *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance* (7th Ed). New York: McGraw Hill Higher Education.
- Wilmore, H. J., & Costill, L. D. (2004). *Physiological of Sport and Exercise* (3th Ed.). United State: Human Kinetics.