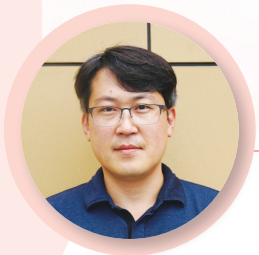


비만 예방 및 치료를 위한 저산소 운동 효과



박훈영 parkhy1980@konkuk.ac.kr

건국대학교 대학원 스포츠의과학과 부교수 | 운동생리학, 스포츠의학에 관심

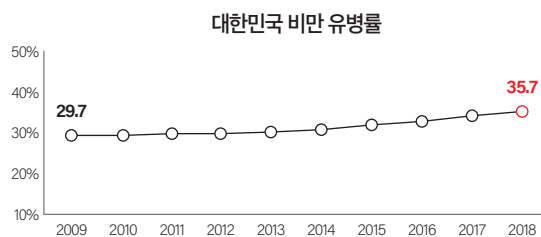
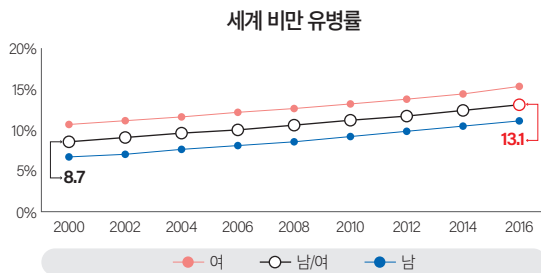
1. 들어가며

비만은 개인이 신체를 통해 소비하는 에너지보다 더 많은 칼로리를 섭취할 때 유발되는 질환이며, 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서 보고한 비만은 건강을 해칠 수 있는 비정상적

이거나 과도한 지방 축적이 있는 상태로 정의된다.¹⁾ WHO에 따르면 세계적으로 비만 유병률은 2000년 8.7%에서 2016년 13.1%로 약 4.4% 포인트 상승하였으며, 대한민국 또한 비만 유병률이 2009년 29.7%에서 2018년 35.7%로 약 6% 포인트 상승해 시간에 따른 증가 양상을 보였다.²⁾(그림 1)

1) WHO (2021) Obesity and overweight, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.

2) Nam GE, Kim YH, Han K, Jung JH, Rhee EJ, Lee SS, Kim DJ, Lee KW, Lee WY: Korean Society for the Study of Obesity. Obesity Fact Sheet in Korea,

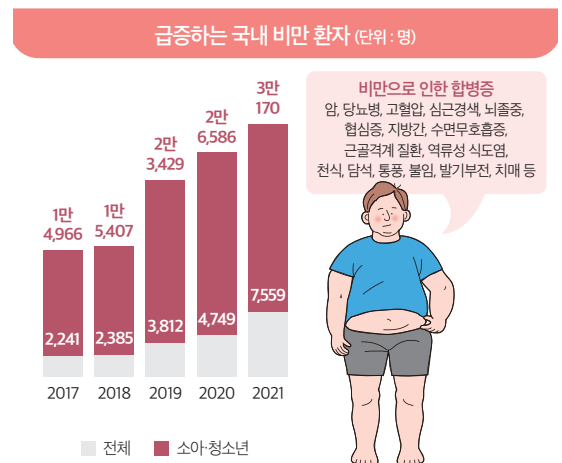


〈그림 1〉 세계 비만 유병률 및 대한민국 비만 유병률

신체의 과도한 지방 축적은 관상동맥질환, 당뇨, 뇌졸중, 고혈압, 고지혈증, 당뇨병, 골관절염, 수면 무호흡 등에 대한 위험을 증가시켜 수명 단축의 위험도를 올리고 삶의 질을 악화시킨다.³⁾ 비만은 대표적으로 심혈관계, 근골격계, 호흡계, 소화계, 인지기능 등에 주로 악영향을 미치는 것으로 알려져 왔다.⁴⁾ 이에 대해서 살펴보면, 가장 먼저 심혈관계 측면에서 비만은 혈액 점성을 높이고 심장의 작업 부하를 증가시켜 고혈압을 유발하며, 혈관계의 기능을 악화시켜 관상동맥질환 및 하지정맥류와 같은 다양한 심혈관 질환을 유도한다. 근골격계 측면에서 비만은 무거운

체중으로 근골격계에 과도한 부하를 주어 고관절, 무릎관절, 요부관절의 연골을 닳게 하거나 파열시켜 통증 및 관절염을 유발한다. 호흡계와 관련하여 비만은 폐용적을 감소시키고 가스교환을 손상시킴으로써 호흡계의 기능을 방해하여 호흡능력을 제한한다.

특히 비만인에게 주로 나타나는 수면 무호흡증은 건강상에 위험할 뿐만 아니라 수면의 시간과 질을 방해한다. 소화계 문제들은 주로 비만에 의해 기인하게 되는데 과도한 지방이 위와 다른 소화기관에 축적되면 산의 역류가 더욱 빈번하게 발생하며, 이에 소화불량이 나타나고 심한 경우에는 식도로 위의 산성 성분들이 역류하여 식도암에 대한 위험을 증가시킨다. 이외에도 비만은 중추신경계인 뇌로의 혈류를 감소시켜 뇌조직의 경색으로 인해 인지기능을 감소시키고 치매 등의 질환을 유발할 수 있다.



〈그림 2〉 급증하고 있는 국내 비만 환자와 그로 인한 합병증

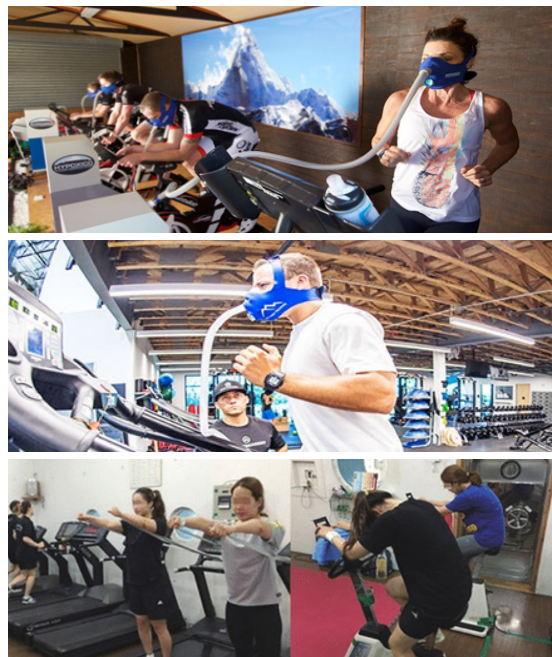
2019: Prevalence of Obesity and Abdominal Obesity from 2009 to 2018 and Social Factors. J Obes Metab Syndr. 2020 Jun 30;29(2):124-132.
 3) Park HY, Jung WS, Kim J, Hwang H, Lim K. Twelve Weeks of Aerobic Exercise at the Lactate Threshold Improves Autonomic Nervous System Function, Body Composition, and Aerobic Performance in Women with Obesity. J Obes Metab Syndr. 2020 Mar 30;29(1):67-75.
 4) ACSM (2022) ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 11th edition

이렇듯 비만은 세포 내 만성적인 염증반응을 일으켜 전술한 바와 같이 다양한 질환을 유발하게 되며, 세계적으로 비만이 증가함에 따라 사회적으로 질환에 대한 유병률과 사망률을 높이게 된다.⁵⁾ 이에 효과적으로 체중을 감량하거나 유지할 수 있는 전략이 매우 절실하다고 설명할 수 있다. 가장 대표적인 비만 예방 및 치료 방법에는 저칼로리 식이와 운동을 복합 처치하는 방법이 있다.⁶⁾ 일반적으로 최소 12주 이상의 처치를 수행하며, 두드러진 효과를 내기 위해서는 24주 이상 실시하는 것이 추천된다.

그러나 이러한 복합처치 방법은 운동량의 증가에 따른 식욕의 증가를 억제하지 못하기 때문에 그 결과가 긍정적 또는 부정적으로 나뉘는 특징을 지닌다. 또한, 처치 기간 동안에는 체중 감량 효과가 두드러지게 나타나지만 종료 후에는 감소한 체중이 다시 회복하는 요요현상이 나타나게 된다.

최근에는 고산지대에서 생활하는 사람들에게서 더 낮은 체지방률, 혈중지질농도, 혈압 및 비만관련질환이 나타난다는 다양한 연구결과를 바탕으로 많은 선진국들에서 비만을 위한 새로운 예방 및 치료법으로서 다양한 '저산소 운동'을 활용하고 있다.⁷⁾ 저산소 운동은 다양한 생리적 기전을 바탕으로 비만 및 비만관련 질환을 효율적으로 예방 및 치료할 수 있는 방법으로 새롭게 추천되고 있다.⁸⁾ 그러나 현재 대한민국의 경우 선진국과 비교했을 때, 저산소 운동을 수행할 수 있는

인프라 및 인식의 부족으로 인해 비만 및 비만관련질환의 예방 및 치료에 적용하지 못하고 있는 실정이다. 현재 비만 예방 및 치료를 위해 저산소 운동을 수행할 수 있는 국내 시설은 건국대학교에 있는 KUMEC이 유일하다. 이에 비만에 의한 유병률이 전세계적으로 증가하여 의료적인 측면에서 사회적·경제적 부담이 높아지고 있는 추세에서 새로운 운동치료 방법인 저산소 운동에 대해서 알아보고 이를 생활체육에 적용하는 것은 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.



〈그림 3〉 비만을 위한 새로운 예방 및 치료법으로서의 저산소 운동

5) Misra A, Khurana L. Obesity and the metabolic syndrome in developing countries. J Clin Endocrinol Metab 2008;93(11 Suppl 1):S9-30.

6) Wu T, Gao X, Chen M, van Dam RM. Long-term effectiveness of diet-plus-exercise interventions vs. diet-only interventions for weight loss: a meta-analysis. Obes Rev. 2009 May;10(3):313-23.

7) Park HY, Kim J, Park MY, Chung N, Hwang H, Nam SS, Lim K. Exposure and Exercise Training in Hypoxic Conditions as a New Obesity Therapeutic Modality: A Mini Review. J Obes Metab Syndr. 2018 Jun 30;27(2):93-101.

8) Urdampilleta A, González-Muniesa P, Portillo MP, Martínez JA. Usefulness of combining intermittent hypoxia and physical exercise in the treatment of obesity. J Physiol Biochem. 2012 Jun;68(2):289-304.



〈그림 4〉 저산소 환경 조성을 위한 건국대학교 KUMEC

2. 저산소 운동을 위한 시설

우리가 저산소 운동을 수행하기 위해서는 고지환경 즉, 인공적으로 저산소 환경을 조성할 수 있는 시설 및 시스템을 구비해야 한다. 인공적인 고지환경은 크게 저압·저산소 환경 시스템과 평압·저산소 환경 시스템 2가지로 나눌 수 있다.

우선, 실질적인 고지환경은 고도가 올라감에 따라 압력이 감소하고 이에 동일 부피 내에서 공기의 양이 감소하기 때문에 대기압과 산소분압이 모두 감소하는 저압·저산소 환경에 해당된다. 고지환경과 동일한 조건인 저압·저산소 환경 조성은 특정 공간 내 공기를 빨아들일 수 있는 진공펌프를 이용하여 대기압인 760mmHg 보다 낮게 설정한 기압(예를 들어 2000m 상당고도에 해당되는 596mmHg)에 따라 정해진 비율로 공기를 빼내는 방식으로 이루어지게 된다. 그러나 저압·저산소 환경 조성은 실내 내부의 환기 및 쾌적한 상태의 이산화탄소 농도를 유지하기 어렵고 대규모의 예산 및 높은 기술을 요구하게 된다. 따라서 저압·저산소 환경에서의 운동이 엘리트 선수들의 경기력, 전문 산악인의 현지적응훈련, 비만의

치료 및 예방 등 여러 분야에 활용될 수 있음에도 안정상의 문제 및 시설의 부족으로 인해 실질적으로 잘 활용되지 않고 있는 실정이다.

반면에, 평압·저산소 환경은 압력의 조절 없이 질소발생기를 이용하여 공기 중 질소의 농도를 높여 상대적으로 산소 농도가 낮아진 저산소 환경을 조성하는 것을 의미한다. 이러한 평압·저산소 환경의 조성 방법은 비용이 상대적으로 저렴하고 시설이 간편하며, 안전상의 이점이 있기 때문에 비만 및 비만관련질환의 예방과 치료에 있어서 현재 많이 활용되고 있다. 이러한 평압·저산소 시스템은 마스크 및 텐트 등으로 개인이 혼자서 운동을 수행할 수 있는 저산소 운동 시스템으로 개발되어 있으며, 이를 바탕으로 비만 예방 및 치료를 위해 다양하게 적용되고 있다.⁹⁾ 국내의 경우 현재 건국대학교 PAP연구소 KUMEC(그림 4)에 온도 및 습도 조절이 가능하며, 저압·저산소 및 평압·저산소 두 가지 저산소 환경을 모두 조성할 수 있는 시설이 존재하며, 이러한 시스템을 바탕으로 비만 환자 및 다양한 질환자들의 건강증진을 위해 저산소 운동을 적용하고 있다.

9) Urdampilleta A, González-Muniesa P, Portillo MP, Martínez JA. Usefulness of combining intermittent hypoxia and physical exercise in the treatment of obesity. J Physiol Biochem. 2012 Jun;68(2):289-304.

3. 저산소 운동의 다양한 효과

저산소 운동과 식이조절호르몬

저산소 운동은 식이조절호르몬에 영향을 미쳐서 비만 예방 및 치료에 있어서 중요한 식욕을 조절한다.¹⁰⁾ 대표적인 식이조절호르몬으로는 렙틴(leptin)이 있는데, 렙틴은 식욕 및 에너지 소비량 조절에 있어서 가장 중추적인 역할을 하는 호르몬으로 배고픔을 방해하여 에너지 균형을 조절한다. 반대로 그렐린(grhelin)이라 불리는 호르몬은 배고픔을 유도하여 식욕을 자극하는 역할을 수행하게 된다. 기본적으로 식욕은 여러 호르몬에 의해 영향을 받지만 대표적으로 이 두 가지 호르몬의 길항작용에 의해 조절된다.¹¹⁾

저산소 운동은 평지에서 수행하는 운동과 비교했을 때 감소된 식욕 및 식이섭취량과 증가된 에너지 소비량에서 높은 상관관계를 가지고 있는 것으로 확인된다.¹²⁾ 즉, 저산소 운동은 식욕을 촉진하는 호르몬을 억제하고 식욕을 억제하는 호르몬을 활성화시켜 식이섭취량을 감소시키고, 지방 산화량 및 에너지 소비량을 증가시켜 체중 및 체지방률 감소에 효과적이다.

저산소 운동의 운동역학적 효과

미국스포츠의학회에서는 모든 성인에게 있어서 주 5일, 하루에 최소 30분 이상의 중강도 유산소 신체활동을 하거나 주 3일, 하루에 최소 20분의 고강도 신체활동을 수행하는 것을 권고하고 있다.¹³⁾

그러나 대부분의 비만인들은 과도한 체중으로 인해 허리 및 무릎 통증과 같은 근골격계에 부담을 느껴 미국스포츠의학회에서 권고하고 있는 신체활동을 수행하기 어려운 실정이다. 하지만 동일상대강도 즉, 동일한 심박수 수준에서 저산소 환경에서의 운동은 평지 환경에서의 운동에 비해 더 낮은 운동부하를 가져오지만 더 큰 생리적 자극을 불러일으켜 비만 예방 및 치료에 있어서 보다 큰 효과를 나타내게 된다.¹⁴⁾

저산소 환경에서 비만인에게 운동 처치 시에는 걷거나 달리는 속도를 줄임으로써 관절의 스트레스와 기계적 부담의 감소를 통한 운동의 불편함을 줄이고 지방산화 및 근체력을 효과적으로 개선시킨다.¹⁵⁾ 이처럼 저산소 운동은 비만인의 근골격계의 손상위험을 감소시키면서 목표한 에너지 소비량에 도달할 수 있게 해주는 매우 효율적인 운동처치 방법에 해당된다. 정리하면, 저산소 운동은 비만인들에게 있어서 신체활동에 대한 순응도 및 친숙함을 높여줄 수 있으며, 이를 통해 보다 쉽게 건강증진 및 질병개선을 유도할

10) Matu J, Deighton K, Ispoglou T, Duckworth L. The effect of moderate versus severe simulated altitude on appetite, gut hormones, energy intake and substrate oxidation in men. *Appetite*. 2017 Jun 1;113:284-292.

11) Lippel FJ, Neubauer S, Schipfer S, Lichter N, Tufman A, Otto B, Fischer R. Hypobaric hypoxia causes body weight reduction in obese subjects. *Obesity* (Silver Spring). 2010 Apr;18(4):675-81.

12) Mekjavic IB, Amon M, Kölegård R, Kounalakis SN, Simpson L, Eiken O, Keramidis ME, Macdonald IA. The Effect of Normobaric Hypoxic Confinement on Metabolism, Gut Hormones, and Body Composition. *Front Physiol*. 2016 Jun 2;7:202.

13) ACSM (2022) ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 11th edition

14) Park HY, Kim J, Park MY, Chung N, Hwang H, Nam SS, Lim K. Exposure and Exercise Training in Hypoxic Conditions as a New Obesity Therapeutic Modality: A Mini Review. *J Obes Metab Syndr*. 2018 Jun 30;27(2):93-101.

15) Girard O, Malatesta D, Millet GP. Walking in Hypoxia: An Efficient Treatment to Lessen Mechanical Constraints and Improve Health in Obese Individuals? *Front Physiol*. 2017 Feb 9;8:73.



운동에 대한 부하를 줄이면서 에너지소비량을 증가시켜 비만을 예방 및 치료하는 새로운 수단

〈그림 5〉 저산소 운동에 의한 비만인의 심혈관 질환 예방 및 개선 효과

수 있는 효과적인 새로운 운동방법에 해당된다.

저산소 운동과 심혈관기능개선

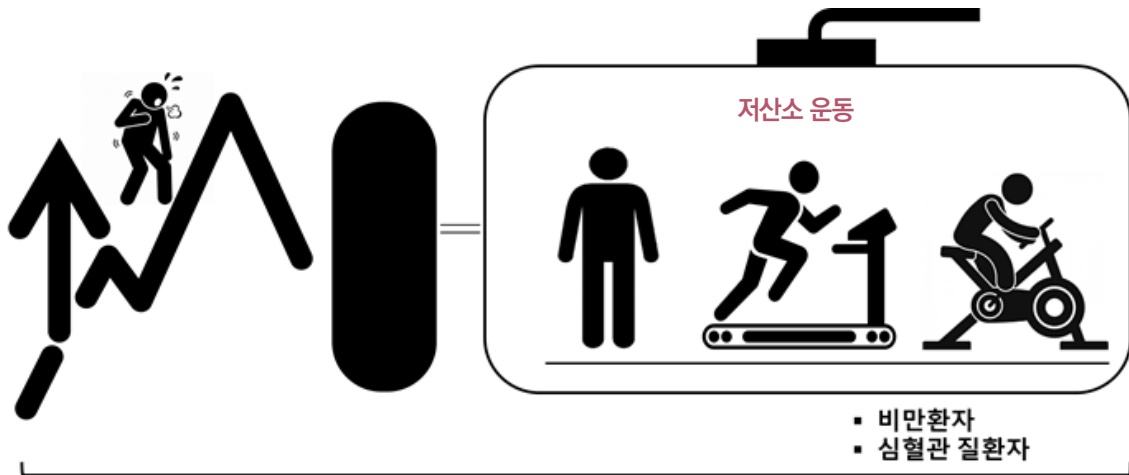
비만은 고혈압, 협심증, 관상동맥질환, 뇌혈관질환 등 다양한 심혈관질환을 유발하지만 오늘날 저산소 운동은 비만에 의해 유도되는 다양한 심혈관질환을 개선하는데 있어서 매우 효과적인 것으로 알려져 있다.¹⁶⁾ 저산소 환경은 산화질소와 같은 혈관 이완물질의 분비를 증가시켜 혈관을 확장시키고 혈압을 감소

시키며, 골격근으로의 혈류를 증가시킨다.¹⁷⁾ 특히, 저산소 운동은 혈관내피성장인자 생성 및 산화질소의 분비를 자극하여 관상동맥을 확장시키는 효과를 보이며, 동맥경화를 감소시킬 뿐만 아니라 혈압을 크게 감소시키며, 혈중지질 및 심혈관질환 위험요인들을 효과적으로 개선시킨다.¹⁸⁾ 이러한 저산소 운동의 효과는 비만관련질환 중 가장 높은 유병률을 보이는 심혈관질환을 효과적으로 예방 및 치료하는데 있어서 저산소 운동이 매우 효과적인 새로운 운동 방법임을

16) Park HY, Kim SW, Jung WS, Lim K. Hypoxic Therapy as a New Therapeutic Modality for Cardiovascular Benefit: A Mini Review. Rev. Cardiovasc. Med. 2022;23(5):161.

17) Savla JJ, Levine BD, Sadek HA. The Effect of Hypoxia on Cardiovascular Disease: Friend or Foe? High Alt Med Biol. 2018 Jun;19(2):124-130.

18) Jung K, Seo J, Jung WS, Kim J, Park HY, Lim K. Effects of an Acute Pilates Program under Hypoxic Conditions on Vascular Endothelial Function in Pilates Participants: A Randomized Crossover Trial. Int J Environ Res Public Health. 2020 Apr 9;17(7):2584.



심혈관 혜택을 늘리고 비만에 의한 유병률이 높은 심혈관질환을 예방하고 치료하는 새로운 수단



- 혈압 개선
- 심혈관 질환 위험요인 개선
- 동맥경직도 개선

- 동맥내피세포기능 개선(혈관확장)
- 혈액유변적 기능 개선
- 혈관이완물질 분비 증가



〈그림 6〉 저산소 운동에 의한 비만인의 심혈관 질환 예방 및 개선 효과

보여주는 요인으로 확인된다.

저산소 운동과 노화예방

연령의 증가와 함께 비만의 유병률은 증가하며 이에 노화는 비만 및 다양한 비만관련질환의 유병률 또한 높게 된다. 노화에 따른 비만의 특징은 심혈관 질환 및 근감소증 유도이다.¹⁹⁾ 고지환경에서 거주하는 노인들은 일반적으로 더 낮은 허혈성 심장질환 위험도, 감소된 관상동맥질환 사망률, 향상된 심근의 혈관생성 및 리모델링을 보인다.²⁰⁾ 또한, 평지 환경과

비교했을 때, 저산소 환경에서의 운동은 근합성에 필요한 더 많은 대사산물, 성장호르몬, 인슐린유사성장인자, 남성호르몬의 분비를 높여서 근육의 크기, 근력 및 근지구력, 골격근에서의 혈관생성 등을 향상시킨다.²¹⁾ 이러한 내용은 저산소 운동이 노화와 비만으로 인한 근감소증의 발달을 늦추고 혈압감소와 항산화 효과를 통해 신체기능을 향상시켜 노인의 독립적인 삶과 웰빙을 향상시켜 줄 수 있는 효과적인 새로운 운동 방법이라는 것을 보여준다.

19) Jung WS, Kim YY, Park HY. Circuit Training Improvements in Korean Women with Sarcopenia. Percept Mot Skills. 2019 Oct;126(5):828-842.

20) Faeh D, Moser A, Panczak R, Bopp M, Rössli M, Spoerri A; Swiss National Cohort Study Group. Independent at heart: persistent association of altitude with ischaemic heart disease mortality after consideration of climate, topography and built environment. J Epidemiol Community Health. 2016 Aug;70(8):798-806.

21) Allsopp GL, Hoffmann SM, Feros SA, Pasco JA, Russell AP, Wright CR. The Effect of Normobaric Hypoxia on Resistance Training Adaptations in Older Adults. J Strength Cond Res. 2022 Aug 1;36(8):2306-2312.



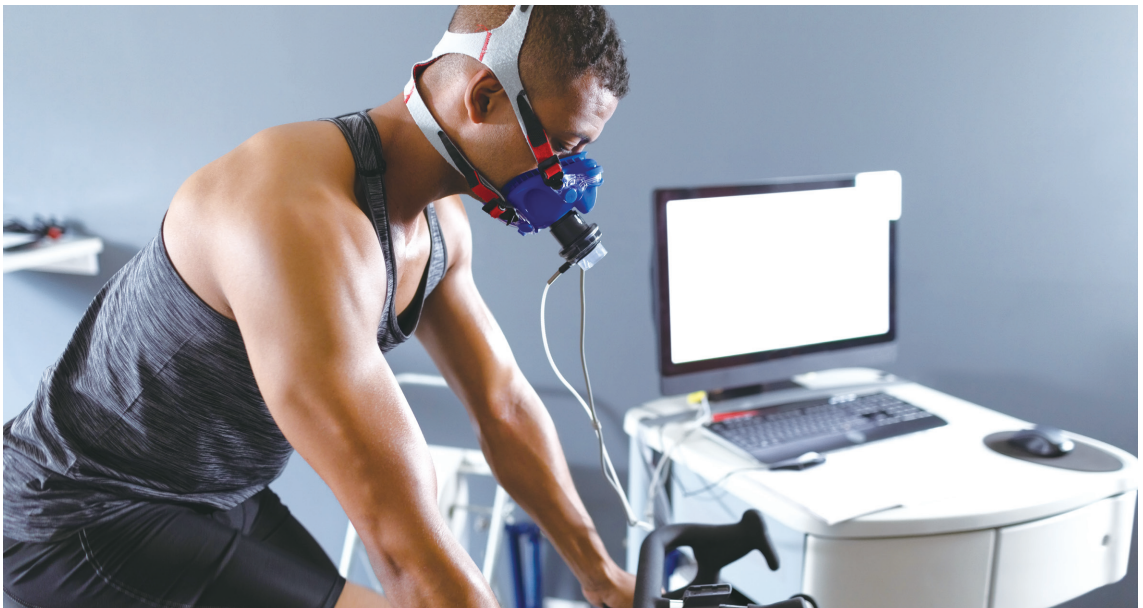
4. 정리하며

오늘날 고산지대에서 생활하는 사람들에게 있어서 더 낮은 체지방률, 혈중지질농도, 혈압 및 비만관련 질환을 나타낸다는 다양한 연구결과를 바탕으로 많은 선진국들에서 비만을 위한 새로운 예방 및 치료법으로서 다양한 저산소 운동을 많이 활용하고 있다.

저산소 운동을 실시하기 위해서는 인공적 고지환경 중 하나인 평압·저산소 환경을 조성할 수 있는 장비가 필요하며, 현재 국내에는 시설의 불비로 저산소 운동이 잘 활용되고 있지 않지만, 많은 선진국에서는 저산소 마스크 및 저산소 텐트와 같은 저산소 운동을 수행할 수 있는 다양한 시스템이 개발되어 있다. 이러한 시스템을 바탕으로 수행할 수 있는 저산소 운동은 식이조절호르몬에 긍정적인 영향을 미쳐 비만 예방 및 치료에 있어서 중요한 식욕을 억제하여 부정적

에너지 균형을 유도할 수 있으며, 동일강도 즉, 동일한 심박수에서 더 낮은 운동부하를 나타내어 근골격계를 보호하면서도 지방산화 및 에너지소비량을 증가시켜 체지방과 체중을 감소키는데 효과적이다. 또한 비만에 의해 유도되는 다양한 심혈관질환을 매우 효과적으로 개선하며, 비만과 노화로 인해 유병률이 높아지는 근감소증의 발달을 늦추고 혈압감소와 항산화 효과를 통해 신체기능을 개선시킴으로써 노인의 독립적인 삶과 웰빙을 향상시켜 줄 수 있는 효과적인 운동 방법이라는 것을 알 수 있다.

따라서 많은 비만인들이 비만관련질환을 예방 및 치료할 수 있는 저산소 운동을 수행할 수 있는 다양한 시스템 개발과 이에 대한 효용성을 널리 알리는 것이 현재 우리 사회가 직면한 다양한 공중보건문제를 해결하고 건강한 사회로 한발 더 나아갈 수 있는 촉매제의 역할을 할 것이다.



© clipartkorea