비만처치를 위한 운동트레이닝의 효과분석 시 체지방 감소 및 심폐기능의 중요성

정수련, 문상복, 김기진*

계명대학교 체육학과

Relative Importance of Fitness and Fatness in Obesity Intervention

Suryun Jung, Sangbok Moon, Kijin Kim*

Department of Physical Education, Keimyung University, Daegu, Korea

Obesity is significantly correlated with prevalence of metabolic syndrome and is an important risk factor of mortality. However, overweight or slight obesity does not increase mortality; therefore, physical fitness might be a more important factor of mortality in such people. The main targets of exercise intervention programs for obesity treatment include decreases in waist circumference, visceral fat, and metabolic risk factors without weight change and improvement of cardiorespiratory function. Based on the results of this study, we suggest the importance of physical fitness for the prevention of obesity-related cardiovascular risk factors and the importance of body composition, body weight control, and life-style change for prevention of obesity-related metabolic risk factors.

Key words: Obesity, Body fat percentage, Cardiopulmonary function, Obesity paradox

서론

과거 20년 동안 다수의 연구들을 통해서 건강관련 체력¹⁻⁸과 비만⁹⁻¹³이 각각 독립적으로 인간의 사망률에 영향을 미치는 것으로 보고되어 왔다. 이들 연구 중 2개의 메타분석 결과를 살펴보면 심폐지구력과 비만이 독립적으로 사망률과 관련이 있으며^{14,15}, 특히 비만은 독립적으로 여성은 약 20%, 남성은 약 28%의 사망률을 증가시키는 것으로 보고된 바 있다.¹⁶ 그러나 심폐지구력을 약 1 metabolic rate (MET)씩 증가시키기에 따라 사망 위험도가 13%씩 감소하는 것으로 나타났다.¹⁴ 비록 건강관련 체력과 비만이 사망률에 독립적으로 영향을 미치는 것으로 잘 알려져 있으나 어떠한 요인이 더욱 중요한 영향을 미치는지 여전히 명확하게 제시되지 못하고 있다. 이에 본 연구자는 지금까지 보고된 선행연구들의 결과를 중심으로 비만처치과정에서 심폐지구력을 중심으로 한 건강관련 체력과 비만이 사망률에 미치는 영향과

관련된 상대적 중요도를 비교 분석하여 대사성 질환의 예방 및 처치를 위한 더욱 분명한 정보를 제공하고자 한다.

본론

1. 비만과 사망률

1) 비만 유병률의 증가와 심혈관 질환

수세기 동안 인류는 식량부족과 질병, 혹독한 환경을 이겨내기 위해 많은 노력을 기울여 왔다. 그러나 산업혁명이 시작됨과 동시에 인류의 신체크기가 증가하는 것이 중요한 사회적, 정치적 요인이 되었다. 국가의 군사력과 경제력은 결정적으로 군인과 노동자인 젊은 세대의 신체 크기와 힘에 의존하게 되었다. 국민들의 신체질량지수 분포가 저체중에서 정상범위로 옮겨가는 변화는 생존과 생산성에 중요한 영향을 미치며, 개발도상국의 경제적 발전에는 중심적인 역할을 하게 되었

Table 1. Effects of obesity on factors related to cardiovascular function

Vascular mechanics	<ul style="list-style-type: none"> · Increase of blood volume · Increase of stroke volume · Increase of arterial blood pressure · Increase of LV stress · Hypertension of pulmonary pressure
Cardiac structure	<ul style="list-style-type: none"> · Hypertrophy of left ventricle · Hypertrophy of left atrium · Hypertrophy of right atrium
Cardiac function	<ul style="list-style-type: none"> · Abnormal state of diastolic function in left ventricle · Abnormal state of systolic function in left ventricle · Arrhythmia of right ventricle
Inflammation	<ul style="list-style-type: none"> · Increase of CRP · Overexpression of TNF-α
Neuro-hormone	<ul style="list-style-type: none"> · Insulin resistanc and blood overinsulinemia · Depression of leptin sensitivity and increase of leptin concentration · Decrease of adiponectin concentration · Activation of sympathetic nervous system · Activation of renin-angiotensin-aldosterone system · Overexpression of peroxism receptor
Cell	<ul style="list-style-type: none"> · Hypertrophy · Apoptosis · Fibroma

LV, left ventricle; CRP, creative reactive protein; TNF, tumor necrosis factor.

다.¹⁷ 개발도상국의 역사적 기록을 살펴보면 신장과 체중은 점차적으로 증가하였으며, 특히 19세기 동안 두드러지게 증가한 것으로 나타났다. 20세기 동안 선진국의 국민들은 중단적인 성장의 유전적 한계점에 도달함으로써 점차 길이 성장보다는 체중의 증가를 나타내면서 평균 신체질량지수의 증가를 나타내게 되었다. 2000년 들어 인류는 처음으로 성인의 경우 저체중보다 과도한 체중을 지닌 사람들의 비율이 더욱 많아지는 전환점을 맞이하게 되었다.¹⁸

지방조직 또는 체중 과다는 건강을 위협하고 2형 당뇨병이나 심혈관 질환, 고혈압 발생의 주된 원인이 된다¹⁹는 것은 광범위하게 받아들여지고 있다(Table 1).²⁰ 비만은 죽상동맥 혈관과 대사성 질환의 위험인자를 가지고 있으며, 좌심실 비대와 심부전, 심방세동 및 독립적인 연관성을 가지고 있다.²¹ 실제로, 지난 수십여 년 동안 많은 연구에서는 비만이 심장의 구조 및 기능적 이상에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 변화에 영향을 미치는 기전은 심근조직의 세포사멸, 비대, 섬유화 초래 등을 중심으로 신경, 체액 및 대사 요인뿐만 아니라 염증과 산화 스트레스의 복잡한 상호작용으로 이루어진다.²²

2) 비만과 인슐린 저항성

Christou 등²³은 건강한 남자 성인의 경우 증가된 체지방량을 심폐지구력 수준보다 더욱 중요하게 심혈관계 질환에 영향을 미치는 대표적인 위험요인으로 간주한 바 있다. 또한 연령이 증가되면서 체지방량

과 심폐지구력은 모두 인슐린 저항성과 관련된 위험요인으로 작용하며, 특히 내장지방량은 인슐린 저항성에 관한 가장 대표적인 위험요인으로 간주된다.²⁴ Lee 등²⁵은 최근 우리나라 남성을 대상으로 2형 당뇨병의 유병률이 현저하게 증가하는 현상을 방지하기 위해서는 신체적 활동량의 증가와 함께 과체중과 비만을 방지하는 것을 가장 중요한 처치프로그램으로 강조하면서 이 과정에서 일반적인 체중보다는 과체중 및 체지방량의 감소를 위한 신체적 활동량의 증가가 2형 당뇨병 유병률에 중요한 영향을 미치는 것으로 주장하였다. Ingelsson 등²⁶은 인슐린 저항성에 대해서 비만과 건강관련 체력 수준의 저하는 모두 중요한 위험 요인으로 간주되지만 그 영향의 기전은 독립적인 기전으로 작용하며 상대적 중요성에 관해서는 계속적인 연구가 요구된다고 하였다.

3) 신체질량지수의 상대적 중요성

Hamer 등²⁷은 체지방량이 높을수록 염증발생 가능성이 현저하게 높는데 반해서 건강관련 체력 수준은 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 주장하였다. 그러나 과체중 그룹에서 건강관련 체력 수준이 우수할수록 심혈관계 질환의 위험요인이 낮게 나타나며, 운동의 항염증효과가 비만인의 심혈관계 위험요인을 낮추는 데 부분적으로 도움을 주는 것으로 간주하였다. Rana 등²⁸은 중년 여성을 대상으로 비만과 신체적 활동부족은 모두 2형 당뇨병의 독립적인 위험요인으로 영향을 미치는데 그 위험요인의 정도는 비만이 더욱 높은 것으로 주장하였다. 이러한 결과는 연령대에 따라서 다소 다른 차이를 나타낼 수 있는데, DuBose 등²⁹은 10대 미만의 어린아이를 대상으로 대사성 질환의 위험도를 분석한 결과 비만 여부가 중요한 위험요인으로 작용하며 체력 수준의 향상이 그 위험 정도를 낮출 수 있으나 비만 정도의 위험요인을 초월할 수는 없는 것으로 주장하였다. 또한 Weinstein 등³⁰은 당뇨병에 대해서 신체질량지수와 신체활동 부족 모두가 유병률에 중요한 위험요인으로 작용하지만, 신체질량지수의 상대적 위험도가 더 크게 작용한다고 주장하였으며, Fogelholm³¹은 우수한 심폐기능의 소유자가 높은 신체질량지수를 나타낼 경우에는 비록 낮은 심폐기능을 소유한 자가 정상 신체질량지수를 유지하는 경우 보다 심혈관계 질환의 높은 유병률을 나타냈으며, 신체적 활동량이 높거나 낮다고 하더라도 높은 신체질량지수를 나타낸 대상자는 정상 신체질량지수의 대상자보다 2형 당뇨병 및 심혈관계 질환의 위험률이 높은 것으로 간주하면서 신체질량지수의 중요성을 더욱 높게 강조하였다. 또한 Hu 등³²은 신체질량지수와 신체활동량은 모두 사망률에 관한 독립적인 예측인자로 제시될 수 있으나 신체활동량의 수준이 높다고 하더라도 체지방과 관련된 위험요인을 간과할 수 없다고 하였으며, 또한 24년 동안 추적 분석한 결과 신체질량지수와 사망률의 높은 관련성을 제시하면서 성인기간 동안 체중 증가는 사망률 증가와 관련성을 나타

내는 것으로 보고함으로써 건강한 체중 유지와 신체활동의 중요성을 강조하였다. Lee 등³³도 중년 남성을 대상으로 운동검사에 의한 심폐 기능을 기준으로 한 체력 수준의 저하와 비만은 글루코스 감수성 저하와 2형 당뇨병 발생의 중요한 위험요인으로서 거의 동일한 범위에서 영향을 미치는 것으로 간주될 수 있으며, 체력 향상이 글루코스 감수성 저하와 2형 당뇨병 발생의 위험 정도를 약화시킬 수 있으나 완벽하게 제거하지 못하는 것으로 보고하였다.

한편 연구대상의 인종 및 환경특성에 따른 차이도 지적된 바 있는데, Stevens 등³⁴은 러시아인 및 미국인을 비교한 결과, 미국인의 경우에는 체지방과 체력 수준 모두 사망률에 영향을 미치는 데 반해서 러시아인은 체력 수준이 더욱 중요한 요인으로 작용한다고 주장하였다. 그러나 인종에 따른 차이점에 관한 연구 결과는 상당히 다양하게 보고되고 있어 명확한 규명을 위해서는 더욱 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

2. Obesity paradox

1) Obesity paradox의 기전

과거 수세기 동안 다수의 연구를 통해서 비만과 과체중은 심혈관 질환에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고되었음에도 불구하고 다수의 연구에서 심혈관 질환을 가진 환자들 중 과체중 또는 비만 환자들이 마른 환자들에 비해서 긍정적인 예후가 제시된다는 관점의 obesity paradox가 나타난 것으로 보고하였다.²⁰ 일반적으로 비만인들은 마른 사람들에 비해서 고혈압 발병률이 유의하게 높게 나타나면서 좌심실 비대와 동맥압을 증가시킴으로써 심혈관질환의 발생에 직접적인 영향을 미친다. 그러나 고혈압 환자들에서 obesity paradox가 나타나는 것으로 여러 연구들에 의해서 보고되었다. Uretsky 등³⁵은 고혈압과 심혈관질환을 가진 22,576명의 비만 환자들을 대상으로 2년간 추적 조사한 결과 마른 환자들에 비해서 과체중 또는 비만한 고혈압 환자들의 생존율이 약 30% 더 높은 것으로 보고하였다. 다른 연구들에서도 이와 유사한 결과들을 보고하거나 체질량지수와 모든 병인에 의한 사망률 또는 심혈관 질환 사망률과의 관계가 U자형을 나타내는 것으로 보고하였다.²³ Obesity paradox는 여전히 그 기전의 분명한 규명이 어려운 것으로 간주되지만 무분별한 체중조절, 연령차, 흡연, 근육 감소증, 혈압, 약물섭취 등이 복합적으로 작용하게 되면서 그 원인으로 제시될 수 있을 것이다.

2) 신체질량지수와 all-cause mortality

비만 및 체력수준에 따른 사망률을 분석한 결과에서 체력수준이 낮은 사람의 범위 내에서 분석한 경우에는 과체중인 상태가 정상체중 혹은 비만한 사람들 보다 사망의 위험성이 낮은 것으로 보고하였다.³⁶ 이는 2.88 million 사람들을 대상으로 실시된 all-cause mortality

의 원인을 분석한 결과에서 나타난 것으로서 과체중인 사람들이 정상체중의 사람들과 비교했을 때 유의하게 사망 위험성이 감소한 것으로 보고하였다. 과체중·비만과 사망률을 신체질량지수에 따라 분류하여 상호 연관성에 관해서 문헌고찰 및 메타분석을 실시하였다. 신체질량지수에 따라 과체중(신체질량지수 25-30)과 비만(신체질량지수 ≥ 30), 1급 비만(신체질량지수 30-35), 2-3급 비만(신체질량지수 ≥ 35)으로 분류하고 각 군에서 정상 체중(신체질량지수 18.5-25) 대비 all-cause mortality를 비교 평가하였는데, 평가 결과 위험률은 과체중 군 0.94 (95% CI, 0.91-0.96), 모든 비만군 1.18 (95% CI, 1.12-1.25), 1급 비만군 0.95 (95% CI, 0.88-1.01), 2-3급 비만군 1.29 (95% CI, 1.18-1.41)로 나타났다. 신장과 체중의 측정값이 적절하게 보정된 연구로 제한했을 때 동일한 결과가 나타났으며, 신장과 체중을 직접 측정한 경우보다 자가 보고한 경우에 위험비가 더 높은 것으로 나타났다. 이를 obesity paradox로 간주하며 65세 이상의 중국 노인들을 대상으로 생존율을 분석한 결과 약간의 과체중과 중심형 비만인의 생존율이 높은 것으로 나타났다.³⁷

3) 건강관련 체력과 obesity paradox

Uretsky 등³⁵도 nuclear perfusion stress tests시 정상범위에 있는 5,000명의 환자들을 대상으로 실시된 연구에서 체력수준과 상관없이 obesity paradox가 나타나는 것으로 보고하였다. 정상 신체질량지수를 나타낸 집단의 사망률(연간 1.4%)이 과체중(연간 0.9%) 또는 비만 집단(연간 0.6%)에 비해서 유의하게 높은 것으로 나타났다.^{35,38} 그러나 이들 대부분의 연구는 체력수준이 고도 비만환자(특히 class II, class III)의 사망률에 미치는 영향을 분석하지 않았다. 또한 이들 연구에서는 심폐 체력과 상관성에 대해서도 분석하지 않았음으로써 어떤 요인이 사망률에 더욱 의미있는 영향을 미쳤는지 분명한 결론을 제시하는 것은 어려운 것으로 간주되며, 만약 대상자가 체력수준이 높은 사람들이었다면 다른 결과가 도출되었을 것으로 생각된다. 체력수준은 모든 비만 요인들과 유의한 관련성을 나타냈는데, 비만인들 중 체력수준이 높은 사람은 소수에 불과한 경우가 대부분이다. 따라서 obesity paradox의 근본적 기전에 체력적 요소가 영향을 미칠 가능성은 낮은 것으로 간주될 수도 있다.³⁹ 최근 10,000명의 심혈관 질환자들을 대상으로 분석한 결과 연령과 성별에 따른 체력 수준이 하위 33%인 집단에서 obesity paradox가 나타난 것으로 보고하였다.⁴⁰ 또한 체력수준이 낮은 심혈관 질환자를 제외하면 체지방량에 상관없이 긍정적인 예후를 나타냈다. Lavie 등⁴¹도 심혈관 질환을 가진 2,066명의 환자들을 대상으로 분석한 결과 최대산소섭취량이 14 mL/kg/min 이하인 사람은 대부분 심혈관 질환에 의한 사망가능성이 높게 나타났지만 신체질량지수가 30 kg/m² 이상인 사람들이 18.5-25 kg/m²인 사람들에 비해서 긍정적인 예후를 나타냄으로써 obesity para-

dox를 현저하게 나타냈다. 그러나 상대적으로 심폐지구력이 높은 환자들의 경우(최대산소섭취량이 14 mL/kg/min 이상인 경우) 신체질량지수와 상관없이 예후가 좋았으며, obesity paradox가 나타나지 않았다. 따라서 obesity paradox는 명백하게 심폐지구력이 높은 사람들에게는 적용하기 어렵다는 것을 알 수 있다.⁴²

3. 체력과 사망률

1) 심폐지구력, 비만과 all-cause mortality

과체중과 비만은 고혈압과 당뇨병, 심혈관질환, 수면 중 무호흡 등과 같은 다양한 만성질환과 조기사망의 발생을 증가시키는 요인이다.⁴³⁻⁴⁶ 세계보건기구에 의하면 10억 이상의 성인이 과체중이었으며, 3억 이상이 비만인 것으로 추정하고 있으며,⁴⁷ 미국인 중 2/3는 과체중이거나 비만에 해당한다.⁴⁸ 심폐지구력을 중심으로 한 건강관련 체력과 심혈관, 그리고 사망률 사이에는 연령과 성별, 인종 등에 상관없이 밀접한 관련성이 있는 것으로 보고되었다.⁴⁸⁻⁵² 최근 연구에 의하면 심폐지구력이 증가하면 고혈압을 가진 남성들의 사망률이 감소할 뿐만 아니라 다른 심혈관질환 위험요인을 가진 사람들의 사망률도 유의하게 감소시키는 것으로 나타났다.⁵³

선행연구에 의하면 높은 수준의 심폐지구력은 비만에 의한 사망률 또는 질환 발생률을 유의하게 감소시킴으로써 비만보다는 심폐지구력의 저하가 사망률에 더욱 중요한 영향을 미치는 요인으로 보고되었다.^{35,54} Pedersen⁵⁵을 비롯한 많은 연구자들^{39,56-59}은 심폐지구력과 비

만이 사망률 변화에 미치는 영향을 분석한 결과 심폐지구력이 비만보다 사망률을 증가시키는 더욱 중요한 요인이라는 가설을 강하게 지지하는 결과가 제시되었다. Sui 등⁶⁰도 노인들의 경우에는 신체질량지수 수준에 관계없이 심폐지구력 수준이 사망률 저하에 가장 핵심적인 요인으로 보고하였다. 사망률과 심폐지구력, 신체질량지수 간의 관련성을 메타분석을 통하여 분석한 결과 사망에 이르게 하는 위험요인은 심폐지구력 수준에 의해서 영향을 받지만 신체질량지수와는 관련성이 없는 것으로 나타났다.⁶¹

Woo 등³⁹은 65세 이상의 노인들을 대상으로 7년간 병력과 신장, 체중, 허리와 엉덩이둘레비율(waist hip ratio, WHR), Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA)를 이용한 신체구성 및 보행 속도를 측정하여 분석한 결과, 체력수준이 상위인 집단에 비해서 중간이거나 하위인 집단의 7년간 사망 위험률이 각각 43%, 68%로 증가하였다. 다양한 비만관련지표를 통해서 사망 위험을 분석한 결과, 신체질량지수, 체지방지수, 제지방대 체지방 비율 등이 위험성에 미치는 영향 정도는 미흡하였다. 결과적으로 체력이 우수한 사람은 과체중이거나 비만하여도 all-cause mortality의 위험률이 높지 않다는 것이다. 이러한 결과는 체중을 감량할 수 없거나 감소한 체중을 유지할 수 없는 사람들을 포함한 모든 사람들에게 규칙적인 신체활동을 통한 중정도 수준의 심폐지구력을 유지 또는 향상시키는 것으로도 모든 건강관련 이익을 얻을 수 있음을 나타낸다.⁶² 초기의 고찰문헌들은 이러한 결과를 상당부분 지지해 주고 있는데^{31,55}, 그럼에도 불구하고 all-cause

Table 2. Characteristics of previous studies with the meta-analysis

Article	Participants (n)	Age (yr)	Disease status	Follow-up (yr)	Cardiorespiratory fitness	Body mass index (kg/m ²)
Church et al. (2004) ⁶³	2,196	49.3	Diabetes	14.6	Fit: ≥8.8 METs Unfit: <8.8 METs	Normal weight: <25 Overweight: 25-29.9 Obese: ≥30
Farrell et al. (2010) ⁶⁶	9,925	45	-	12.3	Fit: 2nd-5th quintile Unfit: 1st quintile	Normal weight: 18.5-24.9 Overweight: 25-29.9 Obese: ≥30
Goel et al. (2011) ⁴²	855	62.4	Coronary Artery disease	9.7	Men Fit: ≥21.5 mL/kg/min Unfit: <21.5 mL/kg/min Women Fit: ≥16.8 mL/kg/min Unfit: <16.8 mL/kg/min	Normal weight: 18.5-24.9 Overweight: 25-29.9
Lyerly et al. (2009) ⁶⁷	3,044	47.4	Pre- and undiagnosed diabetes	16	Fit: 2nd-5th quintile Unfit: 1st quintile	Normal weight: 19.0-25.0
McAuley et al. (2009) ⁶	13,155	47.7	Hypertension	12	Fit: 2nd-5th quintile Unfit: 1st quintile	Normal weight: 18.5-24.9 Overweight: 25.0 <30.0 Obese: ≥30.0
McAuley et al. (2010) ⁶⁸	10,965	57.3	-	7.7	Fit: 2nd-5th quintile Unfit: 1st quintile	Normal weight: 18.5-24.9 Overweight: 25.0-29.9 Obese: ≥30.0
Sui et al. (2007) ⁶⁰	2,603	64.4	-	12.1	Fit: 2nd-5th quintile Unfit: 1st quintile	Normal weight: 19.0-24.9 Overweight: 25.0-29.9 Obese: 30-35.0

mortality에 대한 심폐지구력과 체중의 관련성, 신체질량지수나 심폐지구력과 사망률의 관련성에 대한 연구결과는 거의 없었다. 여러 선행연구들에서 이미 제시한 바와 같이⁶³⁻⁶⁵ 높은 수준의 심폐지구력 수준은 신체질량지수와 상관없이 사망률을 독립적으로 감소시키는 것으로 보고하였다.⁵⁵ Fogelholm³¹은 비만하고 심폐지구력 수준이 높은 사람은 정상체중이지만 심폐지구력의 수준이 낮은 사람보다 사망 위험도가 더욱 낮은 것으로 보고하였다. 또한 Church 등⁵⁷은 당뇨병 환자에서 심혈관계 질환에 의한 사망률과 심폐지구력을 중심으로 한 건강관련체력 수준의 관련성은 신체질량지수 수준과는 독립적인 것으로 주장하면서 체중 감소 및 유지를 위한 신체적 활동과 함께 체력 향상의 중요성을 강조한 바 있다. Table 2⁶¹는 심폐지구력과 신체질량지수가 성인의 사망률에 미치는 영향력의 경증을 규명하기 위해 실시된 연구를 수집하여 메타분석한 결과이다. 지금까지 언급한 선행연구들과 동일하게 비만의 정도보다 심폐지구력의 정도가 성인의 사망률에 더욱 현저한 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

2) 심폐지구력, 비만과 obesity paradox

지난 수세기 동안 많은 연구들을 통해 심폐지구력과 체지방이 각각 독립적으로 사망률에 영향을 미치는 것으로 보고되었다.^{1,14,56,66} 대규모 메타분석결과¹⁴ 심폐지구력 수준이 1 MET씩 증가할 때마다 심혈관질환의 발생 위험도가 약 15% 감소함으로써 사망률 감소에 크게 영향을 미친 것으로 나타났다.⁶⁰ 이에 Barry 등⁶¹은 심폐지구력과 비만이 사망률에 미치는 상대적 중요도를 살펴보기 위하여 메타분석을 실시하였다. 연구 결과 비만의 정도와 상관없이 심폐지구력을 중심으로 한 체력수준이 높은 사람들이 체력수준이 낮은 사람에 비해서 사망률이 50% 낮은 것으로 나타났다. 한편 과체중이거나 비만하면서 체력수준이 높은 사람들은 정상체중이면서 체력수준이 높은 사람과 유사한 생존율을 나타냈다. 이들은 이러한 결과를 통해서 대부분의 사람들에게서 신체구성 변화에 의한 비만 정도는 심폐지구력의 수준에 비해서 사망률에 미치는 영향력이 크지 않게 나타난다는 관점에서의 obesity paradox를 제시하였다.

한편 건강한 집단이 아닌 심혈관 질환을 가진 사람들을 대상으로 심폐지구력과 비만도가 생존률에 미치는 영향 정도를 분석한 연구결과들을 살펴보면^{38,69}, 신체구성에 의한 비만 정도는 심폐지구력이 하위인 집단에서는 사망률을 예측하는 훌륭한 지표로 제시될 수 있으나 심폐지구력이 높은 사람에서는 사망률의 예측력이 떨어지는 것으로 보고함으로써 obesity paradox의 가능성을 제시하였다. McAuley 등⁴⁰은 심혈관 질환을 앓고 있거나 높은 신체질량지수와 허리둘레, 체지방률로 심혈관 질환이 의심되는 9,563명의 피험자를 대상으로 13년간 all-cause mortality와 심혈관질환관련 사망률을 분석한 결과, 신체활동과 흡연, 고지혈증, 당뇨병, 유전병력, 연령 등으로 결과를 보정

한 경우에도 신체구성에 의한 비만 정도는 심폐지구력이 하위인 집단에서만 사망률을 예측하는 데 유용한 지표가 되는 것으로 나타남으로써 역시 obesity paradox의 가능성을 제시하였다. 또한 만성심장병을 가진 2,066명의 환자들을 대상으로 5년간 추적한 결과 최대산소섭취량이 낮은 환자들이 사망률이 높게 나타났다.^{65,66} 따라서 지금까지의 결과들을 종합해보면 심혈관 질환의 유병률과 이에 의한 사망률에 대해서는 심폐지구력의 영향 범위가 신체구성에 의한 영향보다 상대적으로 더욱 중요한 영향을 미칠 수 있다는 obesity paradox의 가능성을 제시할 수 있다.

3) 심폐지구력과 근육기능관련 체력

지금까지 선행연구의 고찰을 통해 심폐지구력은 비만관련 사망 또는 질병의 발생 위험도를 감소시키는 것을 알 수 있다. 이때 몇몇 연구에서 근육기능관련 체력과 체지방조직이 사망률에 미치는 영향에 대해서 분석한 바 있다.^{70,71} 건강한 성인 남성들을 종단적 연구를 실시한 결과 대사성 증후군의 발생 위험은 근육기능관련 체력수준과 상관없이 신체질량지수가 25 이상인 남성에서 2배 이상 높게 나타났다. 더욱이 심폐지구력과 근육기능관련 체력을 동시에 분석하였을 때 대사성 증후군의 발생위험도⁷⁰와 사망률⁷¹의 감소는 근육기능관련 체력보다 심폐지구력에 의해서 더욱 높은 영향을 받았다. 따라서 비만 유발 질환의 발생 위험도를 감소하는 데는 근육기능관련 체력보다 심폐지구력이 더욱 중요한 요인이 될 수 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 낮은 수준의 체지방 조직은 사망률을 예측하는데 중요한 요인으로 포함된다⁷²는 결과에서 나타난 바와 같이 골격근이 대사과정에 미치는 영향은 매우 크기 때문에 근육기능관련 체력의 중요성은 간과될 수 없다.⁷³

4) 심폐지구력 증가와 체중 감소

Lee 등⁷⁴은 14,345명의 건강한 남성을 대상으로 평균 6.3년 동안 2회 심폐지구력을 측정하여 체력과 체중의 변화에 따른 심혈관질환 관련 사망률의 변화를 측정하였다. 연구결과 2회 측정에서 심폐지구력수준이 증가한 남성의 경우 심폐지구력수준이 낮게 유지된 남성에 비해서 사망률이 47%나 감소한 것으로 나타났다. 즉 심폐지구력이 1 MET씩 향상될 때마다 사망률이 15% 감소하였다는 것이다. 또한 3,148명의 남성을 대상으로 실시된 cohort 연구결과에 의하면 심폐지구력의 변화는 고혈압과 고지혈증을 비롯한 대사성 증후군의 발생을 예측하는 중요한 요인에 포함되는 것으로 나타났다.²⁵ All-cause mortality의 감소는 심폐지구력 수준의 증가와 비례적으로 나타났으나 신체질량지수와 체지방률의 변화와는 관련성이 나타나지 않았다. 종합해보면 심혈관질환과 all-cause mortality의 감소를 위해서는 심폐지구력의 향상이 체지방의 감소보다 더욱 중요한 것으로 간주된다.

한편 심폐지구력과 all-cause mortality의 상호 관련성을 연구한 결

과들과 다르게 의도적 체중감소와 all-cause mortality의 관련성에 대해서는 명확하게 규명되지 않고 있다.⁷⁵⁻⁷⁸ Look AHEAD Research Group 등⁷⁸은 체중감량이 심혈관질환의 위험도와 사망률의 감소에 효과가 없는 것으로 보고하였다. 5,145명의 과체중인 또는 2형 당뇨병을 가진 비만인을 대상으로 13.5년간의 추적 분석을 실시한 결과 초기 1년간 생활습관 교정 프로그램을 통해서 체중이 약 8.6% 감소하였으나, 이후 5년간 감소한 체중의 50%가 다시 회복되었으며 심혈관질환 위험도를 감소시키지 못한 것으로 나타났다.¹⁴ Harrington 등⁷⁷은 체중감소가 사망률에 미치는 영향을 분석한 결과 의도적 체중감량은 비만관련 사망률을 약 13% 감소시키는 것으로 보고하였다. 그러나 건강한 과체중인 또는 비만인의 경우 이러한 효과가 나타나지 않았다. 따라서 이들은 이러한 결과에 대해 비만하거나 과체중이지만 건강한 사람의 경우 체중을 감량하는 것이 질병을 예방하고 치료하는 중요한 방법은 아닌 것으로 결론 내렸다. 따라서 체중 감소를 통해 치료적 효과를 얻고자하는 사람들에게 보다 가치 있는 정보를 제공하기 위해서는 의도적 체중감량에 의한 잠재적 효과에 대해서도 더욱 세부적으로 검토될 필요성이 있다.

그러나 체중감량이 all-cause mortality에 긍정적 영향을 미치지 못한다는 결과들에도 불구하고 여전히 체중감량의 임상적 중요성이 강조되고 있다.⁷⁹⁻⁸¹ 그러나 체중 감량 후 발생한 건강상 이익이 반드시 체중감량에 의한 것인지 보다 명확하게 규명할 필요성이 있다.⁸² 더욱이 체중 감량은 대부분 일시적이며^{78,83}, 체중 감소에 의해서 얻어진 건강상 효과는 체중이 다시 증가하게 될 경우 사라지게 된다.⁷⁹ 80명의 과체중 또는 비만 폐경기 여성을 대상으로 5개월 동안 식이 조절을 통해 체중을 약 11.4 kg 감량을 나타냈으나 이후 12개월 동안 이들 중 58명의 체중이 그 이전보다 더욱 증가하게 되었다. 이 과정에서 심폐기능과 관련된 위험요인은 체중감소와 함께 유의하게 개선되었으나, 그 후 12개월간 체중 증가현상을 통해서 긍정적인 변화들의 대부분은 사라지게 되었다. 더욱 부정적인 현상은 체중이 다시 증가한 여성의 대부분이 혈중 지질변인의 농도와 인슐린 저항성이 초기보다 더욱 증가한 것으로 나타났다. 또한 심폐기능관련 위험요인의 저하현상은 체중이 다시 증가하는 과정에서 여전히 처음보다 감량되어 있는 경우에도 나타났다. 또한 Ekelund 등⁸⁴은 334,161 유럽 남성과 여성을 대상으로 12.4년간 추적 조사한 결과 규칙적인 신체활동은 신체질량지수 또는 허리둘레 수준의 고려 없이 all-cause mortality를 감소시켰다. 이러한 결과는 비록 신체활동이 심폐지구력을 중심으로 한 체력수준을 향상시킬 수 있을 만큼 충분하지는 않다고 하더라도 사망률 저하에 대한 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 나타내 주는 것이다. 그러나 낮은 수준의 심폐지구력 및 건강관련 체력 수준에 비해 중상의 체력 수준을 가진 사람들의 사망위험도가 더욱 크게 감소하였기 때문에 심폐지구력 및 건강관련 체력을 충분히 향상시킬 수 있는 중강도 이상의

규칙적인 운동프로그램 수행이 더욱 중요하게 추천되어야 한다.^{61,84,85}

결론

비만은 당뇨병, 고혈압, 고지혈증, 심장질환 등의 유병률과 밀접한 관련성을 나타냄으로써 사망률을 증가시키는 대표적인 위험요인에 해당하기 때문에 비만은 그 자체로서 질병으로 규정되고 있다. 그러나 과체중을 비롯한 가벼운 수준의 비만이 사망률을 일방적으로 증가시키지 않고, 신체활동 유무와 체력 수준, 체지방 분포, 인슐린 저항성, 비만관련 질환의 가족력 등이 비만인의 더욱 중요한 위험요인으로 간주되면서 체중 및 체지방률 증가 자체보다 체력수준의 저하를 비롯한 특이적 증상이 사망률을 높이는 위험요인이 될 수 있는 것으로 제시되고 있다.⁸⁶ 비만 치료과정에서 신체활동 증가를 포함한 운동 프로그램의 적용 시 체중의 변화 없이 허리둘레 감소, 내장지방 감소, 순환대사 위험요인 감소, 심폐기능관련 체력의 향상 등을 보고한 연구들을 통해서 신체적 활동과 규칙적인 운동프로그램을 통한 심폐지구력을 중심으로 한 건강관련 체력의 향상에 의한 비만관련 순환계 질환 위험요소의 감소노력이 비만치료과정에서 더욱 중요하게 강조되고 있다.⁸⁷

이상에서 살펴본 바와 같이, 비만치료과정에서 신체구성 변화와 심폐지구력을 중심으로 한 건강관련 체력 수준 변화의 상대적 중요성을 논의하는 시도는 흥미로운 주제로서 이에 관한 세부적 연구의 중요성을 강조해볼 수 있는데, 비만에 의한 심혈관계 질환의 위험요인에 관해서는 심폐지구력을 중심으로 한 건강관련 체력 향상의 중요성이 더욱 우세하며, 전체적인 대사성 질환의 위험요인으로서 체지방 감소를 중심으로 한 체중조절과 신체적 활동을 중심으로 한 생활패턴의 변화가 중요하게 강조된다고 볼 수 있다. 그러나 이러한 견해를 뒷받침하기 위해서는 운동프로그램의 특이성을 고려한 세부적인 접근의 분석 결과들이 더욱 다양하게 축적되어야 할 것이다.

요약

비만과 관련하여 심폐지구력과 비만이 사망률에 독립적으로 영향을 미치는 것으로 잘 알려져 있으나 어떤 요인이 더욱 중요한 영향을 미치는지 명확하게 제시되지 못하고 있다. 선행연구들의 결과를 중심으로 심폐지구력과 비만이 사망률에 미치는 영향을 비교 분석하여 대사성 질환의 예방 및 치료과정에서 도움을 주고자 한다. 비만은 대사성 질환의 유병률과 밀접한 관련성을 나타내며, 사망률을 증가시키는 대표적인 위험요인에 해당한다. 그러나 과체중을 비롯한 가벼운 수준의 비만은 사망률을 일방적으로 증가시키지 않으며, 체중 및 체지방률 증가보다는 체력을 비롯한 특이적 증상이 사망률을 높이는

위험요인이 될 수 있다. 비만 처치과정에서 운동프로그램의 적용 시 체중의 변화 없이 허리둘레 감소, 내장지방 감소, 순환대사 위험요인 감소 등과 함께 신체적 활동과 심폐지구력의 향상에 의한 비만 관련 순환계 질환 위험요소의 감소 노력이 더욱 중요하게 강조되고 있다.

이상에서 비만에 의한 심혈관계 질환의 위험요인으로서 심폐지구력을 중심으로 한 건강관련 체력 저하의 중요성이 더욱 우세하며, 전체적인 대사성 질환의 위험요인으로서 체지방 감소를 중심으로 한 체중조절과 신체적 활동을 중심으로 한 생활습관의 변화가 중요하게 강조된다고 볼 수 있다.

중심단어 : 비만, 체지방률, 심폐지구력, 비만관련 패러독스

Conflicts of Interest

No conflict of interest to be declared.

References

1. Blair SN, Kohl HW 3rd, Paffenbarger RS Jr, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW. Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA* 1989;262:2395-401.
2. Ekelund LG, Haskell WL, Johnson JL, Whaley FS, Criqui MH, Sheps DS. Physical fitness as a predictor of cardiovascular mortality in asymptomatic North American men. The Lipid Research Clinics Mortality Follow-up Study. *N Engl J Med* 1988;319:1379-84.
3. Evenson KR, Stevens J, Thomas R, Cai J. Effect of cardiorespiratory fitness on mortality among hypertensive and normotensive women and men. *Epidemiology* 2004;15:565-72.
4. Kampert JB, Blair SN, Barlow CE, Kohl HW 3rd. Physical activity, physical fitness, and all-cause and cancer mortality: a prospective study of men and women. *Ann Epidemiol* 1996;6:452-7.
5. Kokkinos P, Myers J, Kokkinos JP, Pittaras A, Narayan P, Manolis A, et al. Exercise capacity and mortality in black and white men. *Circulation* 2008;117:614-22.
6. McAuley P, Myers J, Emerson B, Oliveira RB, Blue CL, Pittsley J, et al. Cardiorespiratory fitness and mortality in diabetic men with and without cardiovascular disease. *Diabetes Res Clin Pract* 2009;85:e30-3.
7. Sandvik L, Erikssen J, Thaulow E, Erikssen G, Mundal R, Rodahl K. Physical fitness as a predictor of mortality among healthy, middle-aged Norwegian men. *N Engl J Med* 1993;328:533-7.
8. Thompson AM, Church TS, Janssen I, Katzmarzyk PT, Earnest CP, Blair SN. Cardiorespiratory fitness as a predictor of cancer mortality among men with pre-diabetes and diabetes. *Diabetes Care* 2008;31:764-9.
9. Diehr P, Bild DE, Harris TB, Duxbury A, Siscovick D, Rossi M. Body mass index and mortality in nonsmoking older adults: the Cardiovascular Health Study. *Am J Public Health* 1998;88:623-9.
10. Gelber RP, Kurth T, Manson JE, Buring JE, Gaziano JM. Body mass index and mortality in men: evaluating the shape of the association. *Int J Obes (Lond)* 2007;31:1240-7.
11. Jee SH, Sull JW, Park J, Lee SY, Ohrr H, Guallar E, et al. Body-mass index and mortality in Korean men and women. *N Engl J Med* 2006;355:779-87.
12. Song YM, Ha M, Sung J. Body mass index and mortality in middle-aged Korean women. *Ann Epidemiol* 2007;17:556-63.
13. Stevens J, Cai J, Pamuk ER, Williamson DF, Thun MJ, Wood JL. The effect of age on the association between body-mass index and mortality. *N Engl J Med* 1998;338:1-7.
14. Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA* 2009;301:2024-35.
15. McGee DL; Diverse Populations Collaboration. Body mass index and mortality: a meta-analysis based on person-level data from twenty-six observational studies. *Ann Epidemiol* 2005;15:87-97.
16. Borlaug BA. Fatness, fitness, stiffness, and age: how does it lead to heart failure? *JACC Heart Fail* 2014;2:247-9.
17. Fogel RW, Costa DL. A theory of technophysio evolution, with some implications for forecasting population, health care costs, and pension costs. *Demography* 1997;34:49-66.
18. Gardner G, Halweil B. Underfed and overfed: the global epidemic of malnutrition (Worldwatch paper no. 150). Washington, DC: Worldwatch Institute; 2000.
19. Fogel RW. Nutrition and the decline in mortality since 1700: some preliminary findings. In: Engerman SL, Gallman RE, eds. Long-term factors in American economic growth. Chicago, IL: University of Chicago Press; 1986. p. 439-555.
20. Lavie CJ, Milani RV, Ventura HO. Obesity and cardiovascular disease: risk factor, paradox, and impact of weight loss. *J Am Coll Cardiol* 2009;53:1925-32.

21. Ogden CL, Carroll MD, Flegal KM. Prevalence of obesity in the United States. *JAMA* 2014;312:189-90.
22. Walls HL, Backholer K, Proietto J, McNeil JJ. Obesity and trends in life expectancy. *J Obes* 2012;2012:107989.
23. Christou DD, Gentile CL, DeSouza CA, Seals DR, Gates PE. Fatness is a better predictor of cardiovascular disease risk factor profile than aerobic fitness in healthy men. *Circulation* 2005;111:1904-14.
24. Racette SB, Evans EM, Weiss EP, Hagberg JM, Holloszy JO. Abdominal adiposity is a stronger predictor of insulin resistance than fitness among 50-95 year olds. *Diabetes Care* 2006;29:673-8.
25. Lee DC, Park I, Jun TW, Nam BH, Cho SI, Blair SN, et al. Physical activity and body mass index and their associations with the development of type 2 diabetes in Korean men. *Am J Epidemiol* 2012;176:43-51.
26. Ingelsson E, Arnlov J, Sundström J, Risérus U, Michaëlsson K, Byberg L. Relative importance and conjoint effects of obesity and physical inactivity for the development of insulin resistance. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2009;16:28-33.
27. Hamer M, Steptoe A. Prospective study of physical fitness, adiposity, and inflammatory markers in healthy middle-aged men and women. *Am J Clin Nutr* 2009;89:85-9.
28. Rana JS, Li TY, Manson JE, Hu FB. Adiposity compared with physical inactivity and risk of type 2 diabetes in women. *Diabetes Care* 2007;30:53-8.
29. DuBose KD, Eisenmann JC, Donnelly JE. Aerobic fitness attenuates the metabolic syndrome score in normal-weight, at-risk-for-overweight, and overweight children. *Pediatrics* 2007;120:e1262-8.
30. Weinstein AR, Sesso HD, Lee IM, Cook NR, Manson JE, Buring JE, et al. Relationship of physical activity vs body mass index with type 2 diabetes in women. *JAMA* 2004;292:1188-94.
31. Fogelholm M. Physical activity, fitness and fatness: relations to mortality, morbidity and disease risk factors. A systematic review. *Obes Rev* 2010;11:202-21.
32. Hu FB, Willett WC, Li T, Stampfer MJ, Colditz GA, Manson JE. Adiposity as compared with physical activity in predicting mortality among women. *N Engl J Med* 2004;351:2694-703.
33. Lee DC, Sui X, Church TS, Lee IM, Blair SN. Associations of cardiorespiratory fitness and obesity with risks of impaired fasting glucose and type 2 diabetes in men. *Diabetes Care* 2009;32:257-62.
34. Stevens J, Evenson KR, Thomas O, Cai J, Thomas R. Associations of fitness and fatness with mortality in Russian and American men in the lipids research clinics study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004;28:1463-70.
35. Uretsky S, Supariwala A, Gurram S, Bonda SL, Thota N, Bezawada P, et al. The interaction of exercise ability and body mass index upon long-term outcomes among patients undergoing stress-rest perfusion single-photon emission computed tomography imaging. *Am Heart J* 2013;166:127-33.
36. Flegal KM, Kit BK, Orpana H, Graubard BI. Association of all-cause mortality with overweight and obesity using standard body mass index categories: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2013;309:71-82.
37. Auyeung TW, Lee JS, Leung J, Kwok T, Leung PC, Woo J. Survival in older men may benefit from being slightly overweight and centrally obese--a 5-year follow-up study in 4,000 older adults using DXA. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2010;65:99-104.
38. Lavie CJ, Cahalin LP, Chase P, Myers J, Bensimhon D, Peberdy MA, et al. Impact of cardiorespiratory fitness on the obesity paradox in patients with heart failure. *Mayo Clin Proc* 2013;88:251-8.
39. Woo J, Yu R, Yau F. Fitness, fatness and survival in elderly populations. *Age (Dordr)* 2013;35:973-84.
40. McAuley PA, Artero EG, Sui X, Lee DC, Church TS, Lavie CJ, et al. The obesity paradox, cardiorespiratory fitness, and coronary heart disease. *Mayo Clin Proc* 2012;87:443-51.
41. Lavie CJ, De Schutter A, Patel DA, Milani RV. Does fitness completely explain the obesity paradox? *Am Heart J* 2013;166:1-3.
42. Goel K, Thomas RJ, Squires RW, Coutinho T, Trejo-Gutierrez JF, Somers VK, et al. Combined effect of cardiorespiratory fitness and adiposity on mortality in patients with coronary artery disease. *Am Heart J* 2011;161:590-7.
43. Fox CS, Pencina MJ, Meigs JB, Vasan RS, Levitzky YS, D'Agostino RB Sr. Trends in the incidence of type 2 diabetes mellitus from the 1970s to the 1990s: the Framingham Heart Study. *Circulation* 2006;113:2914-8.
44. Wilson PW, D'Agostino RB, Sullivan L, Parise H, Kannel WB. Overweight and obesity as determinants of cardiovascular risk: the Framingham experience. *Arch Intern Med* 2002;162:1867-72.
45. Brown WV, Fujioka K, Wilson PW, Woodworth KA. Obesity: why be concerned? *Am J Med* 2009;122:S4-11.
46. Flegal KM, Graubard BI, Williamson DE, Gail MH. Cause-specific

- excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. *JAMA* 2007;298:2028-37.
47. World Health Organization. Global Status Report on Non-Communicable Diseases 2010. Geneva: Switzerland, World Health Organization; 2011.
 48. Flegal KM, Carroll MD, Ogden CL, Curtin LR. Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999-2008. *JAMA* 2010;303:235-41.
 49. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002;346:793-801.
 50. Blair SN, Kampert JB, Kohl HW 3rd, Barlow CE, Macera CA, Paffenbarger RS Jr, et al. Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *JAMA* 1996;276:205-10.
 51. Gulati M, Pandey DK, Arnsdorf MF, Lauderdale DS, Thisted RA, Wicklund RH, et al. Exercise capacity and the risk of death in women: the St James Women Take Heart Project. *Circulation* 2003;108:1554-9.
 52. Kokkinos P, Manolis A, Pittaras A, Doumas M, Giannelou A, Panagiotakos DB, et al. Exercise capacity and mortality in hypertensive men with and without additional risk factors. *Hypertension* 2009;53:494-9.
 53. Kokkinos P, Myers J, Faselis C, Panagiotakos DB, Doumas M, Pittaras A, et al. Exercise capacity and mortality in older men: a 20-year follow-up study. *Circulation* 2010;122:790-7.
 54. Hainer V, Toplak H, Stich V. Fat or fit: what is more important? *Diabetes Care* 2009;32 Suppl 2:S392-7.
 55. Pedersen BK. Body mass index-independent effect of fitness and physical activity for all-cause mortality. *Scand J Med Sci Sports* 2007;17:196-204.
 56. Barlow CE, Kohl HW 3rd, Gibbons LW, Blair SN. Physical fitness, mortality and obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995;19 Suppl 4:S41-4.
 57. Church TS, LaMonte MJ, Barlow CE, Blair SN. Cardiorespiratory fitness and body mass index as predictors of cardiovascular disease mortality among men with diabetes. *Arch Intern Med* 2005;165:2114-20.
 58. Faselis C, Doumas M, Panagiotakos D, Kheirbek R, Korshak L, Manolis A, et al. Body mass index, exercise capacity, and mortality risk in male veterans with hypertension. *Am J Hypertens* 2012;25:444-50.
 59. Heir T, Erikssen J, Sandvik L. Overweight as predictor of long-term mortality among healthy, middle-aged men: a prospective cohort study. *Prev Med* 2011;52:223-6.
 60. Sui X, LaMonte MJ, Laditka JN, Hardin JW, Chase N, Hooker SP, et al. Cardiorespiratory fitness and adiposity as mortality predictors in older adults. *JAMA* 2007;298:2507-16.
 61. Barry VW, Baruth M, Beets MW, Durstine JL, Liu J, Blair SN. Fitness vs. fatness on all-cause mortality: a meta-analysis. *Prog Cardiovasc Dis* 2014;56:382-90.
 62. U.S. Department of Health and Human Services. 2008 Physical Activity Guidelines for Americans (No. U0036), ODPHP Publication; 2008.
 63. Church TS, Cheng YJ, Earnest CP, Barlow CE, Gibbons LW, Priest EL, et al. Exercise capacity and body composition as predictors of mortality among men with diabetes. *Diabetes Care* 2004;27:83-8.
 64. Farrell SW, Braun L, Barlow CE, Cheng YJ, Blair SN. The relation of body mass index, cardiorespiratory fitness, and all-cause mortality in women. *Obes Res* 2002;10:417-23.
 65. Stevens J, Cai J, Evenson KR, Thomas R. Fitness and fatness as predictors of mortality from all causes and from cardiovascular disease in men and women in the lipid research clinics study. *Am J Epidemiol* 2002;156:832-41.
 66. Farrell SW, Fitzgerald SJ, McAuley PA, Barlow CE. Cardiorespiratory fitness, adiposity, and all-cause mortality in women. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:2006-12.
 67. Lysterly GW, Sui X, Lavie CJ, Church TS, Hand GA, Blair SN. The association between cardiorespiratory fitness and risk of all-cause mortality among women with impaired fasting glucose or undiagnosed diabetes mellitus. *Mayo Clin Proc* 2009;84:780-6.
 68. McAuley PA, Kokkinos PF, Oliveira RB, Emerson BT, Myers JN. Obesity paradox and cardiorespiratory fitness in 12,417 male veterans aged 40 to 70 years. *Mayo Clin Proc* 2010;85:115-21.
 69. Lavie CJ, Schutter AD, Archer E, McAuley PA, Blair SN. Obesity and prognosis in chronic diseases--impact of cardiorespiratory fitness in the obesity paradox. *Curr Sports Med Rep* 2014;13:240-5.
 70. Jurka R, Lamonte MJ, Barlow CE, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:1849-55.
 71. Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, Morrow JR Jr, Jackson AW, Sjöström M, et al. Association between muscular strength and mortality in

- men: prospective cohort study. *BMJ* 2008;337:a439.
72. Lavie CJ, De Schutter A, Milani RV. Healthy obese versus unhealthy lean: the obesity paradox. *Nat Rev Endocrinol* 2015;11:55-62.
 73. Bayol SA, Bruce CR, Wadley GD. Growing healthy muscles to optimise metabolic health into adult life. *J Dev Orig Health Dis* 2014;5:420-34.
 74. Lee DC, Sui X, Artero EG, Lee IM, Church TS, McAuley PA, et al. Long-term effects of changes in cardiorespiratory fitness and body mass index on all-cause and cardiovascular disease mortality in men: the Aerobics center Longitudinal Study. *Circulation* 2011;124:2483-90.
 75. Després JP. Obesity and cardiovascular disease: weight loss is not the only target. 2015;31:216-22.
 76. Dixon JB, Egger GJ, Finkelstein EA, Kral JG, Lambert GW. 'Obesity paradox' misunderstands the biology of optimal weight throughout the life cycle. *Int J Obes (Lond)* 2015;39:82-4.
 77. Harrington M, Gibson S, Cottrell RC. A review and meta-analysis of the effect of weight loss on all-cause mortality risk. *Nutr Res Rev* 2009;22:93-108.
 78. Look AHEAD Research Group, Wing RR, Bolin P, Brancati FL, Bray GA, Clark JM, et al. Cardiovascular effects of intensive lifestyle intervention in type 2 diabetes. *N Engl J Med* 2013;369:145-54.
 79. Beavers DP, Beavers KM, Lyles MF, Nicklas BJ. Cardiometabolic risk after weight loss and subsequent weight regain in overweight and obese postmenopausal women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2013;68:691-8.
 80. Kramer CK, Zinman B, Retnakaran R. Are metabolically healthy overweight and obesity benign conditions?: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* 2013;159:758-69.
 81. Montani JP, Schutz Y, Dulloo AG. Dieting and weight cycling as risk factors for cardiometabolic diseases: who is really at risk? *Obes Rev* 2015;16 Suppl 1:7-18.
 82. Gaesser GA, Angadi SS, Sawyer BJ. Exercise and diet, independent of weight loss, improve cardiometabolic risk profile in overweight and obese individuals. *Phys Sportsmed* 2011;39:87-97.
 83. Dansinger ML, Tatsioni A, Wong JB, Chung M, Balk EM. Meta-analysis: the effect of dietary counseling for weight loss. *Ann Intern Med* 2007;147:41-50.
 84. Ekelund U, Ward HA, Norat T, Luan J, May AM, Weiderpass E, et al. Physical activity and all-cause mortality across levels of overall and abdominal adiposity in European men and women: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Study (EPIC). *Am J Clin Nutr* 2015;101:613-21.
 85. DeFina LF, Haskell WL, Willis BL, Barlow CE, Finley CE, Levine BD, et al. Physical activity versus cardiorespiratory fitness: two (partly) distinct components of cardiovascular health? *Prog Cardiovasc Dis* 2015;57:324-9.
 86. Malnick SD, Knobler H. The medical complications of obesity. *QJM* 2006;99:565-79.
 87. Ross R, Janiszewski PM. Is weight loss the optimal target for obesity-related cardiovascular disease risk reduction? *Can J Cardiol* 2008;24 Suppl D:25D-31D.