Journal of the Korean Applied Science and Technology
Vol. 36, No. 1. March, 2019. 189~199
ISSN 1225-9098 (Print)
ISSN 2288-1069 (Online)
http://dx.doi.org/10.12925/jkocs.2019.36.1.189

복합운동이 노인여성의 낙상관련지표 및 Myokine에 미치는 효과

박우영†

단국대학교 스포츠과학대학원
(2019년 3월 5일 접수: 2019년 3월 28일 수정: 2019년 3월 29일 채택)

Effect of Combined Exercise on Fall Injury Index and Myokine in Older Adults

Woo-Young Park†

Department of Sport Medicine
(Received March 5, 2019; Revised March 28, 2019; Accepted March 29, 2019)

요 약 : 이 연구의 목적은 복합운동이 노인여성의 낙상관련 지표 및 마이오카인에 미치는 효과를 보는데 있다. 근감소증은 근력의 손실로 인해 발생하고, 기능적 상태의 감소, 활동력의 저하에 따른 낙상의 위험성이 높아지고 끝내 사망의 위험성이 높아지게 된다. 유산소운동은 대근을 이용한 리듬과 반복적인 동작으로 특징 지워지고 주로 유산소성 대사를 통한 산소를 에너지 이용으로 심폐체력, 체성분 및 심장과 호흡계 건강에 기여한다. 한편 저항운동은 근육에 스트레스를 가해 노인들의 근력관련 체력과 기능적 수행 개선에 기여한다. 근기능 및 심폐지구력 향상을 꾀하는 복합운동은 노년들의 효과적인 건강증진에 기여하는 것으로 나타내고 있다. 근육에서 분비되는 마이오카인은 운동에 중요한 요인으로 간주되고 있는데 지방세포 감소, 골격, 근육 및 인체 전반에 걸쳐 유익한 효과를 보인다.

주제어 : 근감소증, 낙상, 유산소 운동, 저항운동, 복합운동, 마이오카인

Abstract : The aim of this study was to investigate the effect of combine exercise on the fall injury related index and myokine in elderly women. Sarcopenia leads to a loss of strength, alter on to a decreased functional status, impaired mobility, a higher risk of falls, and eventually an increased risk of mortality. Aerobic exercise characterized by rhythmic and repetitive movements of large muscles, for sustained periods that depends primarily on the use of oxygen to meet energy demands through aerobic metabolism, and that is structured and intended to generate improvements in cardiopulmonary fitness, body composition, and cardiorespiratory health. Resistance training has performance in the elderly. As combined exercise therapy can be used to enhance muscle functions and cardiopulmonary

†Corresponding author
(E-mail: golterea@hanmail.net)

functions, it is being highlighted as an effective health management methods for the aged. The myokine has been regarded an important factor of exercise how muscle communicate adipose tissue, bone and muscle to exert beneficial effects at the whole body level.

Keywords : sarcopenia, fall injury, complex exercise(aerobic and resistance), myokine

1. 서 론

노인인구의 증대는 건강측면에서 부정적인 결과를 낳게 되는데 질환이나 질병으로 인한 노후의 삶을 위협하고, 국가적으로도 의료비 증가 등 경제적, 사회적 측면에서 손실이 나타나고 있다. 통계청에 의하면 2001년부터 2006년까지 노인의 사망 원인으로 27.3%가 낙상으로 밝혀졌으며, 그 비율은 지속적으로 증가할 것으로 보았다(1). 이와 같이 65세 노인의 약 30%는 적어도 1년에 한번은 낙상을 경험한다(2)고 하였고, 낙상 경험이 노인들은 넘어지는 것에 대한 두려움 때문에 외출을 삼가고, 신체활동량이 감소하고, 신체활동량이 떨어지면서 신체 기능이 오히려 더 떨어져 낙상에 대한 두려움이 더 커지는 악순환이 반복된다고 하였다(3). 특히 여성은 폐경 후 에스트로겐 호르몬 분비가 급격히 감소하여 골밀도가 낮아지고, 그로 인한 낙상은 조기사망을 불러오고 당뇨 등 대사성 질환이나 질병으로 악화되게 되기 때문에 예방하지 않으면 안될 것이다.

이를 예방하기 위해서는 의료적 지원과 균형잡힌 식단과 규칙적인 운동이 요구되는데 특히 노인여성에게 필요한 운동은 유산소성 운동과 저항운동이라 할 수 있겠다. 유산소성 운동은 공기중의 산소를 이용하여 신체활동을 일으키는 골격근 내부의 마이토콘드리아로 이동하여 ATP라는 에너지를 생성시키고 활성화에 기여한다. 뿐만 아니라 마이토콘드리아와 관련 단백질 발현의 합성을 증가시켜 유산소성 능력을 발달시킨다고 하였다(4). 또한 심장과 호흡순환계의 효율성과 체지방 감소 및 인슐린 감수성을 발달시키고 근지구력을 향상시킨다(5).이해 비해 저항운동은 근육의 비대에 따른 근육량과 근력의 개선을 불러와 근육내 ATP-PC 체계를 발달시키고 해당작용 효소를 증가시켜 근력과 신체적 수행력을 증가시킨다는 보고가 있어(6) 적극적인 실행이 요구된다. 특히 노화에 따른 대퇴부, 복근 등에서 속근의 감소가 나타나는데, 이는 낙상과 운동수행능력 손실을 가져오기에 저항성 운동을 통해 지근섬유(type Ⅰ)보다 속근섬유(type Ⅱa와 type Ⅱx)를 활성화시켜야 한다. 저항운동에 의한 인체의 근비대는 저항성 운동에 의해 근육단백질의 분해보다는 근단백질의 합성이 더 크게 나타나기 때문으로 보았다(7). 선행연구에 의하면 남녀 노인들의 저항성 운동효과를 젊은이들과 비교해볼 때 근비대에서 비슷하거나 오히려 증가하였다(8)는 보고는 저항운동의 중요성과 저항운동이 근감소증을 예방하고 운동능력을 향상시켜주는 지름길이라 볼 수 있다. 골밀도와 낙상관련성은 매우 밀접하기에 이를 방지하고자 실시하는 저항운동은 근육의 기능적 측면과 구조적 측면을 발달시키는데 저항 운동을 통해 근단백질의 합성을 높여주기 때문에 근육의 감소를 줄여주는 한편 대퇴부와 코어주변의 근육유지는 순발력과 민첩성을 유지하게 해주는 속근섬유의 유지는 중요하다 할 수 있다(7). 이와 같이 저항운동은 노인여성의 골밀도와 낙상예방을 위해 근비대에 따른 근육량과 근력을 향상시키고 운동기능을 발달시키는데 있어 중요한 운동의 한 축을 유지하고 있다고 볼 수 있다(9).

한편 마이오카인(myokine)은 골격근에서 분비되는 호르몬으로서 근육성장에 관여하는 마이오카인으로는 마이오스타틴(myostatin)과 IGF-1이 있으며, 그 역할이나 특징으로 근육체계를 성장시키고, 발달시키는 가장 중요한 인자이자 근육의 과잉 성장을 방지하고자 마이오스타틴을 증가시킨다고 하였다(10). 마이오스타틴은 근육량과 힘의 조절 뿐 아니라 힘줄조직의 구조와 기능을 조절하는 것으로 보고하였고, 마이오스타틴을 표적으로 하는 것은 골격근의 노화와 관련된 변화로부터 보호하고, 강화된 수명연장에 공헌할지도 모른다고 하였다(11). 척수손상 환자를 대상으로 한 16주간의 유산소 운동은 혈중 마이오스타틴의 증

가를 가져오는 것으로 보고하였다(12).

노인여성의 낙상관련 지표 및 근육에서 분비되는 호르몬인 마이오카인의 증대를 위해서는 유산소 운동과 저항운동에 중점을 둘 수 있다. 선행에서 언급한 것처럼 유산소 운동은 저항운동에 근력이나 근육량에 미치는 영향은 적은 반면에 저항운동은 부상의 위험이 높고, 참가율이 낮고 반복하는 과정에서 지루해할 수 있다는 단점이 있다(8). 노인들에게 저항운동을 하더라도 근육단백질 합성을 증가시키는 mTOR 신호전달의 결핍으로 인해 근육량이 크게 늘어나지 않는 단점이 있다(13). 따라서 노화 관련 낙상과 근육의 마이오카인 분비를 위해서는 유산소성 운동과 저항운동이 가미된 복합운동프로그램을 적용으로 운동효율성을 향상시키는 것은 의미있는 것이라 생각되어진다. 선행 연구들은 저항운동이나 유산소 및 저항운동이 가미된 복합운동과 같은 운동프로그램이 노인의 낙상 위험성을 감소시키는데 중요하면서도 효과적인 중재라고 하였다(14, 15). 이와 같은 규칙적인 복합 운동이 낙상예방 및 낙상 위험요인의 감소에 효과적이지만, 운동프로그램의 효과는 운동 처치에 따라 상이한 결과를 보이는 것으로 나타났다(16, 15). 따라서 이 연구의 목적은 유산소 운동과 저항운동이 가미된 복합운동의 효과를 다루고자 한다.

복합운동프로그램 적용으로 운동 효율성을 향상시키는 것은 의미있는 것이라 생각되어진다.

2. 근감소증과 낙상지표

2.1. 근감소증과 낙상

근육은 인체를 지지해주고 이동을 가능하게 하는 수단으로서 중요하다. 그러나 골격근은 노화, 영양결핍, 질환 및 호르몬의 변화에 의해 쇠퇴하게 된다. 이 현상을 근감소증이라 부르는데 이는 뼈의 약화, 암이나 골다공증, 대사적 증후군 및 조기 사망과 같은 위험을 불러오는 것으로 알려져 있다. 근감소증은 1989년에 노화관련 하여 근육량의 감소라는 사실을 밝혀냈다. 그러나 최근에 그 정의가 확대되어 적은 근량을 포함하여 근기능의 부실까지 포함되게 되었다. 실제로 유럽(EWGSOP2-european working group on sarcopenia in older people)에서는 낮은 근량과 낮은 근기능(근력 및 운동수행능력)을 근감소증의 기본적 진단 형태에 포함되게 되었다(17).

근감소증에 대한 임상적 기준은 국가마다 매우 다양하여 꼭 집어 말하긴 힘들어도 일반적으로 근량, 근력 및 신체적 수행능력을 포함한다. EWGSOP2에서는 표 1에서 보는 바와 같이 근감소증을 판단하는 기준으로서 신체적 수행력 중 상체근력으로 “악력”을 측정하는데 남자 〈27kg, 여성〈16kg, “5회 의자앉았다일어서기”는 남녀 공용 〉15초로 하였다. 근육량은 사지근육량에서(appendicular skeletal muscle mass : ASM)에서 신장의 제곱으로 나눈 값(ASM/cm^2) 남성과 여성의 기준치는 남자 〈7.0kg/m^2근, 여성 〈6.0kg/m^2으로 한다. 단기 운동수행력은 보행 속도(4m)는

Table 1. Sarcopenia index and levels

Variable	Index	levels	
		M	F
Muscle strength	Grip strength Chair stand(5times)	〈27kg 〉15sec	〈16kg
Muscle mass	Muscle mass	〈7.0kg/m^2	〈6.0kg/m^2
Physical performance	Gait speed(4m) 2.44m up and go 400m walking	≤0.8m/s ≥20sec ≥6min	

EWGSOP2-Cruz-Jentoft et al., 2018

남녀 공용 ≤0.8m/s으로 한다. “2.44m 왕복걷기”는 남녀 공용 ≥20초로 한다. “400m걷기”는 남녀 공용 ≥6분으로 한다. 이 기준치에 부합하지 못하면 낙상의 주요 위험 요인인 근감소증이라 판정한다.

근감소증은 노화에 의한 호르몬이나 세포내부의 변화로 그 증세가 나타나면서 신체적 기능이 약해지고 근육이 감소하고, 그 이유로 대사성 질환, 폐질환, 혈관, 면역이나 기관계에 부정적 영향을 미치게 된다. 이렇게 되는 것은 근감소증으로 근육의 위축이나 근육내부에 지방이 차지하는 비중이 커지게 되고, 근력의 손실이 발생할 뿐만 아니라 일상활동에 제한을 받게 되는 것이다. 그렇게 되면 건강비용이 높아지고, 스트레스가 많아지며, 뿐만 아니라 독립적인 생활이 불가능하게 되고, 일반적인 생활의 반경이나 참여가 불가능해지면서 노후 삶의 질을 낮아지게 하여 사전에 방지하지 않으면 안될 것이다.

노화에 의한 근감소증은 근육의 재생이나 합성이 잘 이루어지지 않고, 단백질 분해는 증가하기 때문에(18), 그렇게 되면 근육이 감소하고 비만세포가 늘어 대사성 질환에 노출되기 쉽다. 뿐만 아니라 염증세포가 증가하게 되며, 암과 내부 장기 등에 부정적 영향을 미치게 되고, 신체활동에도 영향을 미치기 때문에 근감소증 예방을 위한 다양한 방법이 시도되어야 할 것이다. 또한 근감소증은 마이토콘드리아의 산화적 스트레스, 동적, 자가포식, 자살유도 및 마이오스타틴의 증가 및 염증 사이토카인의 증가에 의해서 발생하고 진행된다. 노화에 의해 근수축이나 대사기능이 떨어지게 되고 이 감소폭의 정도는 생명에 지장이 있을 정도로 심각한 위험 상황을 불러올수도 있다. 특히 골격근에 있는 세포외 환경의 변화는 개인의 근섬유에 따른 수축 수행보다 노화에 따른 근기능의 저하에 보다 더 중요한 영향을 미치게 된다(7).

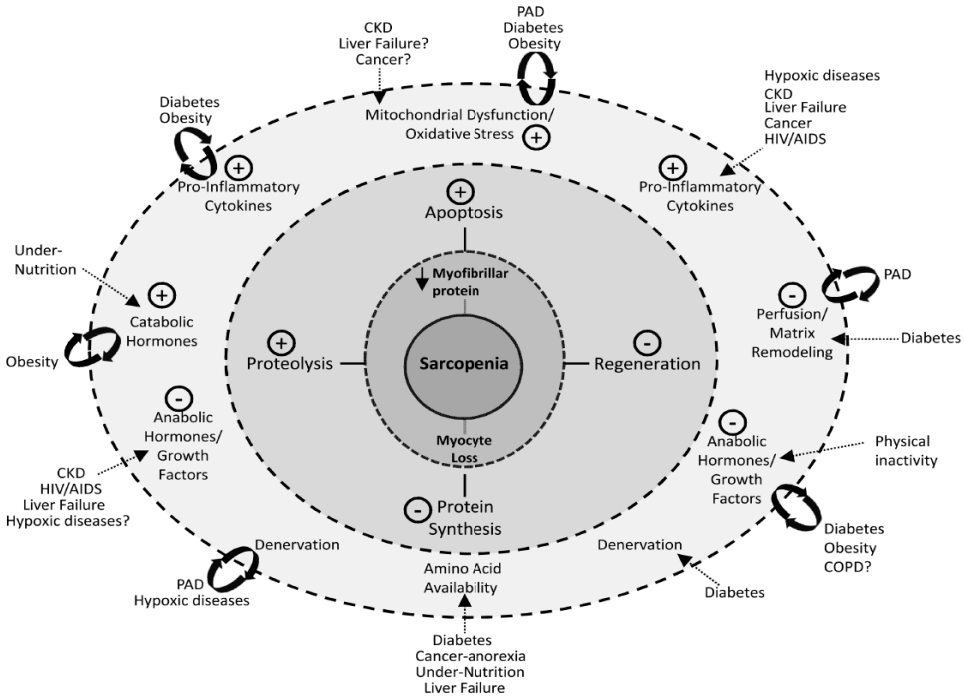

Fig. 1. Mechanisms associated with accelerated sarcopenia due to disease conditions and behaviors.

마이오스타틴(Myostatin)은 유전자(SMAD) 신호 혹은 mTOR(mammalian target of rapamycin complex) 억제를 통한 근육성장 억제 작용을 나타내는데, 고강도의 단시간 지구성 운동 및 저항성 운동은 미오스타틴 발현을 감소시켜 근 비대 효과를 나타낸다(19).

마이오스타틴의 분비량 증가는 인슐린 저항성, 비만, 근위축, 및 노화에 따른 근감소증을 유발하게 되는데 반해서 운동에 의한 마이오스타틴의 분비량 감소는 백색지방의 갈색화 현상을 일으키는 AMPK/PGC-1α/ 이리신 경로(Irisin pathway)를 통하여 뇌의 신경세포 생성에 관여하게 되는 장점이 있다(20).

2.2. 근감소증과 마이오스타틴(myostatin)

인체의 근육은 30대까지 최고의 기능을 보이다 점진적으로 감소하여 약 90세가 넘으면 약 50%로 저하되게 된다. 노인들의 근감소증은 근력근수행의 감소 및 인체기능과 신진대사에 문제를 야기하고, 그렇게 되면 사회경제적 측면과 의료비 향상을 불러일으키게 된다. 근감소증을 일으키는 원인으로는 완벽하지는 않지만 노화관련 호르몬의 변화, 성 스테로이드, 신체적 비활동, 영양부족, 심부전, 암이나 당뇨와 같은 질환이 동반되어 인체기능이 약화되기 때문으로 보고 있다(21). 그 결과로 근감소증을 해결하기 위한 인체 내부에서의 복잡한 경로 등이 막히게 되면서 근감소증에 직면하게 된다.

마이오스타틴은 성장전환인자 요인 β를 많은 숫자를 보유하고 있다. 근육속에 풍부하게 보유하고 있지만 지방세포의 활성화에도 기여하고 심장근에도 들어있다. 마이오스타틴 신호는 활성형태

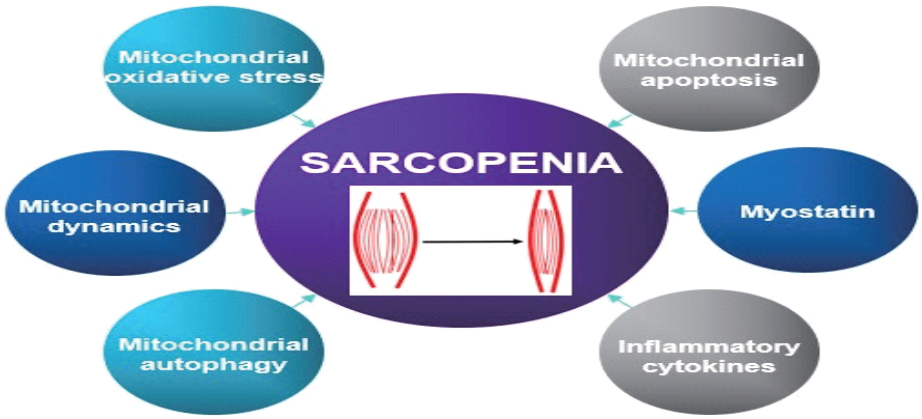

Fig. 2. Sarcopenia and myostatin.

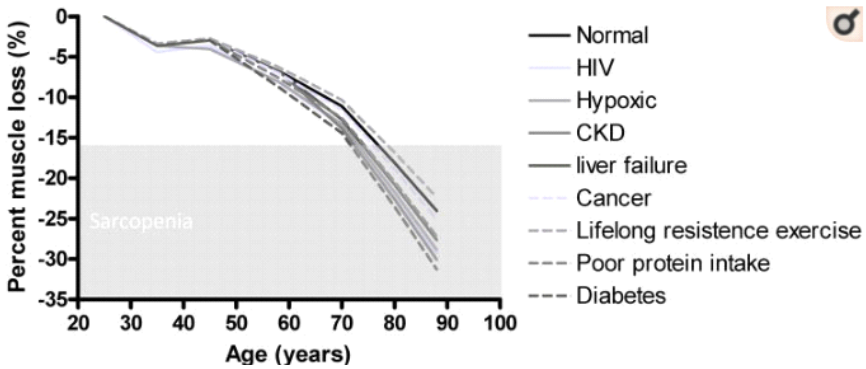

Fig. 3. Muscle loss with aging.

인 ⅡB 수용체(ActRⅡB)로 ALK4 혹은 ALK5 수용체로 이형이합체 형태이다. 근육은 전신 포도당 및 지방을 소모하는데 가장 중요한 인체의 일부이다. 근육량을 증가시키는 것은 비만과 인슐린 저항성을 예방하고 치료하는 효과적인 방법으로 진행되어 왔는데 마이오스타틴은 전환성장인자 집단에 속하면서 최근 근육성장 및 분화를 억제하는 기능을 가진 것으로 알려져 왔다. 전환성장인자의 작용기전과 유사한 마이오스타틴은 세포 표면에 존재하는 세린(serine)과 스레논키나아제(threonine kinase) 활성도를 가진 특이 수용체와 결합하여 SMAD2 신호전달 단계를 활성화시키는 작용을 하는 것으로 알려져 왔다(22). 따라서 마이오스타틴의 과한 방출은 핵의 세포분열을 방해하여 근육의 생성을 억제하게 되는 것이다.

건은 뼈와 골격근 사이에서 전달되는 힘의 조절에 중요한 역할을 하는데 근수축과 부상으로부터 근섬유를 보호한다. 마이오스타틴은 근육량의 부정적인 조절인자 즉 근육의 형성을 억제한다. 마이오스타틴의 저하는 근육 질량과 최대등장성 능력을 증가시킬 뿐 아니라 근수축에 의해 유발되는 근손상의 역치점을 증가시켜 손상을 예방한다. 즉 힘줄 조직의 구조와 기능을 조절하는 것으로 알려져 있다. 근육 기능 저하 후의 노화와 관련된 기전은 잘 알려져 있지 않지만 마이오스타틴의 성장인자는 이 과정에서 중요한 역할을 한다. 근육의 크기 조절에 마이오스타틴의 역할, 근육량과 수명과의 상관관계를 생각할 때 근육 크기의 노화 관련 손실에서 마이오스타틴의 부족은 근육에 어떠한 결과를 미칠 수 있을까? 마이오스타틴을 표적으로 하는 골격근의 노화와 관련된 변화로부터 강화된 수명연장에 공헌할 지도 모를 것이다.

3. 낙상에 미치는 운동의 효과

운동은 건강을 위해서 필수적인데 그 이유는 근육을 증가시키는 반면에 지방을 줄여주고 근력과 근지구력을 향상시키고, 면역기능 개선과 더불어 심혈관계 기능을 항진시킨다. 따라서 운동은 근감소증에 따른 낙상 관련 필수적인 치료 및 치유 전략으로 생각할 수 있기에 아래에서는 다음과 같이 유산소 운동과 저항운동으로 복합운동에 대한 효과를 제시하고자 한다.

3.1. 유산소 운동과 낙상

유산소 운동은 근육에서 마이토콘드리아를 생산하기 때문에 유산소성 능력의 향상과 신진대사 조절과 심혈관 기능을 개선시킨다. 게다가 유산소 운동이 마이토콘드리아의 생합성과 활동성을 개선시켜주기 때문에 마이토콘드리아의 대사의 재합성을 위해 이화 유전자 발현과 근단백질 합성을 증가시킨다(4). 선행연구에서 제시하였듯 지구성 유산소성 훈련은 근골격계에 있어서 아프포토(apoptotic) 경로를 억제하여 자가소화작용 단백질의 발현 유지를 돕고 근육에서 자가소화작용 관련 단백질의 발현을 증가시킬 것이다. 게다가 몇몇 학자들은 유산소 운동이 마이오스타딘의 mRNA 발현을 조절하는 것으로도 알려져 있다. 이러한 골격 요인들은 나이와 관련한 근감소증과 연관되어 있어 유산소 운동이 그 효과를 대신해 줄 것으로 기대하고 있다. 실제로 노인들의 자전거타기 운동은 근육크기를 증대시키고 근력을 향상시켜 근감소증 예방과 낙상 예방에 효과적이었다 하였다(19). 또한 노인들을 대상으로 12주간의 유산소 운동이 마이토콘드리아의 생합성과 마이토콘드리아성 분열 단백질을 향상시켰다고 하였다(23). 유산소 운동은 노화와 관련한 마이토콘드리아의 문제를 해결해주는 경향이 있으며 근비대를 돕고 근력을 향상시켜 낙상을 예방하는데 도움을 주는 것으로 보고하였다.

3.2. 저항운동과 낙상

저항운동은 근육 감소 전략의 한 방편으로서 중요하기에 근비대를 위하고 근력을 향상시키는데 있어 충분한 자극이 되기 때문에 중요하다. 뿐만 아니라 근육합성과 감소간의 균형을 맞추어 주는 역할을 해준다고 하였다(24). 인체의 중심부인 이른바 코어근육(core muscle)은 복부, 허리 및 둔부를 의미하는 곳으로 속근 근육이 가장 많이 분포되어 힘의 원천이자 하체와 상체를 연결해주는 부위로서 중요하며, 신진대사 및 신체활동에 중요한 기능을 담당한다. 선행연구에 의하면 일상 활동, 외발서기 동작, 일반적 운동이나 바닥이 편평하지 않은 곳에서 균형을 잡는 과정에서 몸의 중심부 근육의 사용이 많은 것으로 보고하였다(15). 특히 중심부 근육의 약화는 동적 평형

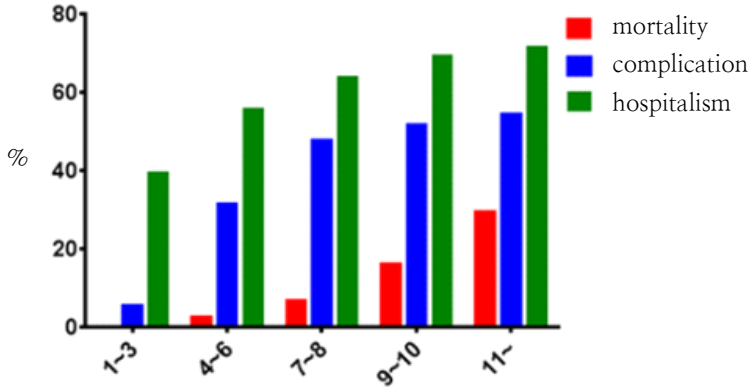

Fig. 4. The dangerous of injury fall.

성, 보행속도, 기동성, 근력, 그리고 바닥에서 일어서기 및 하지 근기능(넙다리 네갈레근)이 감소되어 삶의 질을 떨어뜨리는 위험 요인이기도 하다. 또한 장시간 보행에 문제를 일으키며, 낙상에 대한 위험이 높아질 수 있으므로 중심부 근육 강화의 필요성이 절실하게 요구된다고 하였다. 이것은 규칙적인 운동은 근육의 크기를 증대시키고 근섬유의 단면적을 크게 해주는 등의 효과와 특히 지근섬유(Type Ⅰ)보다 속근섬유(Type Ⅱa와 Ⅱx)의 발달을 가져다주는 것으로 보고 하였다(9). 특히 속근섬유는 인체의 중심부에 많이 분포되어 있는데 이는 파워와 균형 및 순발력과 민첩성에 우위를 보이기 때문에 낙상관련 예방에 매우 중요한 운동 전략이라 할 수 있을 것이다. 근단백질 합성과 근섬유 증대는 힘의 생성을 극대화해주고, 근육의 질과 신체적 능력을 향상시켜준다고 하였다(24). 그러나 저항운동은 몇 가지 제한점이 있는데 마이토콘드리아의 단백질 합성 발현이나 기능에 효과가 미비하다는 점이다. 그럼에도 불구하고 저항운동은 근감소증이나 그로 인한 낙상을 예방하고자 하는 근량과 근기능을 개선시키는데 운동의 의미가 있다고 볼 수 있다. 예를 들어 점진적인 저항운동은 신체적 수행능력을 개선시키고 최대산소섭취량을 개선시켜주는 것으로 보고하였다(23). 또한 10주간의 저항운동이 위팔의 "근력"과 "30초간 앉았다 일어서기"를 포함하여 낙상관련 지표를 개선시켜주었고 활발한 신체활동이 가능하게 해주었다고 하였다(25). 게다가 3개월간의 저항운동은 무릎의 최대신전근 개선과 제지방 이른바 근육량을 개선시켜 낙상을 예방해주는 것으로 보고하였다(26).

3.3. 복합 운동과 낙상

유산소 운동과 저항운동이 심혈관계나 근육이나 낙상 등 인체에 주는 주요 효과는 큰 것으로 선행연구에서 제시되었다. 선행에서 언급한 것처럼 유산소 운동은 근육이나 근력에 미치는 영향은 저항운동에 비해 미비한 것으로 보고하였고, 반면 저항운동은 근육의 활성화를 통해 낙상의 위험성을 줄여줄 수 있다(27). 저항운동은 매일같이 하지 않아도 되는 반면에 저항운동의 동일 반복에 따른 지루함을 유발할 수 있다는 단점이 있다. 또한 저항운동은 노인들에게는 mTOR 신호전달이 제대로 작동하기 않기 때문에 젊은이들만큼 운동에 따른 근육량을 증가시키지는 못하는 것으로 보고하였다(9). 따라서 단속적인 운동이 아닌 지속적인 저항운동은 노화 관련 근감소증과 낙상 예방을 위해 치료 운동으로서 반드시 필요하며 특히 유산소운동과 저항운동이 가미된 복합운동이 추천되고 있다. 유산소 운동과 저항운동이 가미된 써킷운동 이른바 웰라운드(well-round) 운동은 노인들의 건강 관련한 근력, 유연성, 민첩성 등 일상에 필요한 체력향상으로 낙상 예방에 효과적이라고 보고하였다(28). 예를 들어 유산소성 및 저항운동 성격이 복합적으로 이루어진 써킷 운동프로그램과 같은 운동이 필요할 것으로 생각된다. 최근의 보고에 의하면 12주간 써킷 운동이 비만 노인 여성의 인체측정학적 지표의 유

의한 개선 및 감소를 가져오고, 기능적 측면에서 보행 및 균형능력과 등속성 근기능에서 개선되었을 뿐만 아니라 낙상 예방에도 도움을 준다고 보고하였다(29). 또한 117명의 노인을 대상으로 6주간 복합운동 처치를 적용한 결과 다리의 근력과 심혈관계를 평가하는 “6분걷기” 능력에서 개선된 것으로 보고하였다(30). 써킷 운동은 고령 비만 노인의 대사적 문제와 근감소증 위험 요인을 방지하고 건강유지에 도움을 주고 삶의 질을 개선시켜주는 것으로 보고하였다(31).

이러한 보고는 규칙적인 복합운동이 노화관련 근감소증의 예방과 더불어 근감소증에 의한 낙상을 예방할 수 있는 운동으로서의 가치와 역할이 확대되어야 한다고 생각된다. 게다가 복합운동은 우선적으로 인체의 심폐계와 근육계를 동시에 자극할 수 있는 운동으로서 반드시 노인들에게 적용되어야 할 것으로 생각된다.

4. 운동과 마이오스타틴(myostatin)

운동은 대사적 장애를 개선해주는 효과가 있고, 규칙적인 운동과 특히 운동 생물학은 다양한 대사와 세포들의 변화가 포함되기 때문에 복잡하고, 다양하게 이용되고 효소활동이 변화하고 있다. 운동이 근대사에 미치는 효과 외에도 근수축 시 근육에서 분비되는 호르몬이 마이오카인으로 이른바 인터루킨 6, 이리신, 마이오스타틴 및 인터루킨 15 등이 다양하게 분비되고 있다.

마이오스타틴은 SMAD 단백질과 mTOR 억제를 통한 근육성장 억제작용을 하는데 고강도의 지구성 단시간 운동과 저항성 운동은 마이오스타틴의 분비를 감소시켜 근육의 크기를 촉진시킨다(19). 마이오스타틴 분비량의 증가는 인슐린저항성, 비만이나 근육의 위축 및 노화에 따른 근육감소증을 일으키는데 이에 운동은 마이오스타틴의 감소시켜 백색지방의 갈색화 현상을 일으키는 AMPK/PGC-1α / Irisin 경로를 통하여 뇌의 신경세포 생성에 관여하게 된다(20). 운동은 노화관련 기능의 감소를 막는데 경제적이면서도 가장 효과적인 방법 중 하나이다. 좌식생활과 노화가 근육의 수행에 미치는 영향을 평가하고자 근육내의 지방섬유와 세포외 효과에 미치는 결과를 보고하였다(4). 선행연구에서 12주간의 자전거 운동을 했을 경우 저장된 근육사이 지방조직이 청년집단과 노인 집단에서 근육 크기가 정상화되었다. 인체의 종아리 가측 넓은근을 근생검(biopsy) 해보았을 때 골격근 마이오스타틴의 성질이 트레이닝에 의해 유의하게 변화한다는 사실을 알게 되었다. 일반적인 운동의 역할은 근비대를 일으키는 싸이토카인(cytokine)을 확대함으로써 잠재적으로 체지방 세포의 증가를 방지해주고, 반면에 인체의 근육질을 좋게 해준다는 것으로 생각할 수 있을 것이다.

사전 연구에서도 자전거 에르고미터 훈련이 노인들의 전반적인 신체기능을 향상시키고 골격근의 수행능력 뿐만 아니라 근비대를 이끌어내는 것으로 보고하였다(4). 12주간 자전거 에르고미터 훈련은 나이에 상관없이 근육간 지방세포의 현저한 감소가 눈에 띄고 특히 노인들에게 지방세포의 현저한 감소가 나타났다. 이는 유산소 운동에 의한 체중감소 뿐만 아니라 비만하지 않은 사람일지라도 근량증대와 허약을 방지할 수 있는 운동으로 고려해야 할 것이다(32). 이와 같이 운동에 의한 근비대는 운동수행능력을 개선시키고, 체지방을 감소시킬 뿐만 아니라 운동에 의한 잠재적인 이점들을 높여주는 것으로 생각된다. 운동에 의한 근육내 지방 조직이 감소하는 잠재적인 기전은 골격근의 마이오스타틴 수준 감소로 보았다. 한편 18세에서 24세의 청년들을 대상으로 한 1회성의 고강도 인터벌 훈련은 이리신(irisin) 수준은 감소시키고, 마이오스타틴 수준은 증가시키는 것으로 85% 이상의 고강도의 유산소 운동은 근비대와는 상관이 없는 것으로 반대되는 결과를 보이기도 했다(12).

운동시 근육에서 분비되는 마이오카인은 싸이토카인에 의해 조절되고 근육내부의 지방세포와의 소통 역할을 마이오카인이 하는 것으로 생각된다. 마이오스타틴이 고갈된 쥐에서는 근육세포에 지방세포의 변화가 일지 않았고, 달리 표현하면 골격근 섬유는 마이오스타틴의 분비에 따라 조절되는 것으로 보고하였다(33).

결과적으로 운동수행시 근수축은 마이오카인을 증가시키는데 이는 신경세포의 성장과 발달을 촉진시키고, 신경세포의 생성에 매우 중요한 역할을 하기에 운동은 근육과 심폐 뿐만 아니라 뇌성장 인자의 활성화에도 기여할 수 있다는 것으로 생각된다.

5. 결 론

이 연구의 목적은 복합운동이 노인여성의 낙상 관련 지표 및 마이오카인(myokine)에 미치는 효과를 보는데 있다. 근감소증은 근력의 손실로 인해 발생하고, 기능적 상태의 감소, 활동력의 저하에 따른 낙상의 위험성이 높아지고 끝내 사망의 위험성이 높아지게 된다. 유산소운동은 대근육을 이용한 리듬과 반복적인 동작으로 특징 지워지고 주로 유산소성 대사를 통한 산소를 에너지 이용으로 심폐체력, 체성분 및 심장과 호흡계 건강에 기여한다. 저항운동은 노인들의 근력관련 체력과 기능적 수행 개선에 성공적이었다고 보고하였다. 근기능 및 심폐지구력 향상을 꾀하는 복합운동은 노년들의 효과적인 건강증진에 기여하는 것으로 나타내고 있다. 근육에서 분비되는 마이오카인은 운동에 중요한 요인으로 간주되고 있는데 지방세포, 골격 및 근육에 인체 전반에 걸쳐 유익한 효과를 보인다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 단국대학교 교내연구비 지원에 의해 연구되었음.

References

1. Statistic Horea. “Oder statistic”. (2008).
2. M. E. Tinetti, “Clinical practice. Preventing falls in elderly persons”. *New England Journal of Medicine,* Vol.348, No.1, pp. 42-49, (2003).
3. J. Fleming, C. Brayne, “Inability to get up after falling, subsequent time on floor, and summoning help: prospective cohort study in people over 90”. *British Medical Journal,* Vol.17, No.337, pp. 2210-2227, (2008).
4. A. R. Konopka, M. P. Harber, “Skeletal muscle hypertrophy after aerobic exercise training”. *Exercise Sport Sic Rev,* Vol.42, pp. 53-61, (2014).
5. F. Landi, E. Marzetti, E. A. Martone, R. Bernabei, G. Onder. “Exercise as a remedy for sarcopenia”. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, Vol.17, No.1, pp. 25-31, (2014).
6. J. Agergaard, J. Bülow, J. K. Jensen, S. Reitelseder, M. J. Drummond, P. Schjerling, T. Scheike, A. Serena, L. Holm, “Light-load resistance exercise increases muscle protein synthesis and hypertrophy signaling in elderly men”. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, Vol.312, No.4, pp. 326-338, (2017).
7. S. M. Phillips, J. W. Hartman, S. B. Wilkinson, “Dietary protein to support anabolism with resistance exercise in young men”. *Journal of the American College of Nutrition*, Vol.24, No.2, pp.134-139, (2005).
8. J. Cannon, D. Kay K. M. Tarpenning, F. E. Marino, “Comparative effects of resistance training on peak isometric torque, muscle hypertrophy, voluntary activation and surface EMG between young and elderly women”. *Clin Physiol Funct Imaging,* Vol.27, No.2, pp. 91-100, (2007).
9. J. W. Heo, M. H. No, D. H. Park, J. H, Kang, H. B, Kwak, “Aging-induced sarcopenia and exercise”. Kinesiology, Vol.19, No.2, pp. 43-59, (2017).
10. T. A. Astorino, E. T. Harness, K. A. Witzke, “Chronic activity-based therapy does not improve body composition, insulin-like growth factors-1, adiponectin, or myostatin in presons with spinal cord injury”. *J Spinal Cord Med*, Vol.38, No.5, pp. 615-625, (2015).
11. C. L. Mendias, Bakhurin, J. P. Gumucio, M. V. Shallal-Ayzin, C. S. Davis, J. A. Faulkner, “Insufficiency of myostatin protects against aging-related declines in muscle function and enhances the longevity of mice”. *Aging Cell,* Vol.14, No.4, pp. 704-706, (2015).

12. B. Kabak, M. Belviranli, N. Okudan, "Irisin and myostatin responses to acute high-intensity interval exercise in humans". *Horm Mol Biol Clin Investig,* Vol.35, No.3, pp. 2018-2121, (2018).
13. C. S. Fry, M. J. Drummond, E. L. Glynn, J. M. Dickinson, D. M, Gundermann, K. L. Timmerman, D. K. Walker, S. Dhanani, E. Volpi, B. B. Rasmussen, "Aging impairs contraction-induced human skeletal muscle mTORC1 signaling and protein synthesis". *Skelet Muscle*, Vol.2, No.1, pp. 1-11, (2011).
14. S. P. Messier, T. D. Royer, T. E. Craven, M. L. O'Toole, R. Burms, W. H. Ettinger, "Long-term exercise and its effect on balance in older, osteoarthritic adults: results from the Fitness", Arthritis, and Seniors Trial (FAST). *Journal of the American Geriatrics Society,* Vol.48, No.2. pp. 131-138, (2000).
15. T. Yokoya, S. Demura, S. Sato, "Fall risk characteristics of the elderly in an exercise class". *Journal of Physiology Anthropology,* Vol.27, No.1. pp. 25-32, (2008).
16. A. Chin, M. J. Paw, J. G. van Uffelen, I. W. van Mechelen, W, "The functional effects of physical exercise training in frail older people: a systematic review". *Sports Medicine,* Vol.38, No.9, pp. 781-793, (2008).
17. A. J. Cruz-Jentoft, G. Bahat, J. Bauer, Y, Boirie, O. Bruyère, T. Cederholm, C. Cooper, F. Landi, Y. Rolland, A. A. Sayer, S. M. Schneider, C. C. Sieber, E. Topinkova, M. Vandewoude, M, Visser, M, Zamboni, "Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2". *Age Ageing,* Vol.48, No.1, pp. 16-31, (2018).
18. B. Fougere, B. J. E. Morley, "Weight loss is a major cause of frailty". *J Nutr Health Aging*, Vol.21, pp. 933-935, (2017).
19. M. P. Harber, J. D. Crane, J. M. Dickinson, B. Jemiolo, U. Raue, T. A. Trappe, S. W. Trappe, "Protein synthesis and the expression of growth-related genes are altered by running in human vastus lateralis and soleus muscles". *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol,* Vol.296, pp. 708-714, (2009).
20. T. Shan, X. Liang, S. Kuang, "Myostatin knockout drives browning of white adipose tissue through activating the AMPK-PGC1alpha-Fndc5 pathway in muscle". *FASEB J,* Vol.2, pp. 1981-1989, (2013).
21. T. A. White, N. K. LeBrasseur, "Myostatin and sarcopenia : Opportunities and challenges". *Gerontology*, Vol.60, pp. 289-293, (2013).
22. J. Peake, P. Della Gatta, D. Cameron-Smith, "Aging and its effects on inflammation in skeletal muscle at rest and following exercise-induced muscle injury". *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol,* Vol.298, No.6, pp. 1485-1495, (2010).
23. Z, Bori, Z, Zhao, E. Koltai, I. G. Fatouros, A. Z. Jamurtas, I. I. Douroudos, G. Terzis, A. Chatzinikolaou, A. Sovatzidis, D. Draganidis, I. Boldogh, Z, Radak, "The effects of aging, physical training and a single bout of exercise on mitochondorial protein expression in human skeletal muscle". *Experimental Gerontology*, Vol.47, No.6, pp. 417-424, (2012).
24. P. N. Siparsky, D. T. Kirendall, W. E Jr. Garrett, "Muscle changes I aging : understanding sarcopenia". *Sports Health*, Vol.6, pp. 36-40, (2014).
25. W. Nogueira, P. Gentil, S. N. P. Mello, R. J. Oliveira, A. J. Bezerra, M. Bottaro, "Effects of power training on muscle thickness of older men". *Int J Sports Med,* Vol.30, No.3, pp. 200-204, (2009).

26. L. Karavirta, E. Häk,kinen, D. Sillanpää, A. García-López, A. Kauhanen, A. Haapasaari, A. MAlen, W. Pakarinen, M. Kraemer, E. Izquierdo, E. Gorostiaga, K. Häkkinen, "Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40-67-year-old men". *Scand J Med Sci Sports,* Vol.21, No.3, pp. 402-11, (2011).
27. T. Yokoya, S. Demura, S. Sato, "Three-year follow-up of the fall risk and physical function characteristics of the elderly participating in a community exercise class". *Journal of Physiology Anthropology,* Vol.28, No.2. pp. 55-62, (2005).
28. N. Takeshima, M. F. Rogers, M. M. Islam, T. Y, E. Watanabe, A. Okada, "Effect of concurrent aerobic and resistance circuit exercise training on fitness in older adults". *Eur J Appl Physiology*, Vol.93, pp. 173-182, (2004).
29. D. S. Bocalini, L. S, Lima, S. de Andrade, A. Madureira, R. L. Rica, R. N. dos Santos, A. J. Serra, Jr J. A. Silva, D. R. Rodriguez, Jr A. F. Figueira, Jr F. L. Pontes, "Effects of circuit-based exercise programs on the body composition of elderly obese women". *Clinical Interventions in Aging,* Vol.7, pp. 551-556, (2012).
30. J. Gudlaugsson, T. Aspelund, V. Gudnason, A. S. Olafsdottir, P. V. Jonsson, S. A. Arngrimsson, E. Johannsson, "The effects of 6 months' multimodal training on functional performance, strength, endurance, and body mass index of older individuals. Are the benefits of training similar among women and men?". *Laeknabladid,* Vol 99, No.7-8, pp. 331-337, (2017).
31. H. B. Lee, H. K. Lee, "The effects of circuit training on the indexes of sarcopenia and the risk of factors of metabolic syndrome in aged obese women". *Journal of Exercise Rehabilitation,* Vol.14, No.4, pp. 666-670, (2018).
32. B. Fougere, J. E. Morley, "Weight loss is a major cause of frailty". *J Nutr Health Aging*, Vol.21. No.9, pp. 933-935, (2017).
33. T. Guo, W. Jou, T. Chanturiya, J. Portas, O. Gavarilova, A. C. McPherron, "Myostatin inhibition in muscle, but not adipose tissue decrease fat mass and improves insulin sensitivity". *PLoS One* 4:e4937, doi:10 1371, (2009).