

중년기, 노년기 여성에서 무지방조직과 악력, 식이섭취 및 운동습관과의 관계

이 옥 희[§]

용인대학교 식품영양학과

Relationship between Fat-Free Mass and Grip Strength, Nutrient Intakes, Exercise Behavior in Middle- and Old-Aged Women

Lee, Ok-Hee[§]

Department of Food Science and Nutrition, Yongin University, Yongin Samgadong, Kuenggido 449-714, Korea

ABSTRACT

This study was performed to show change of fat-free mass(FFM), representing mostly the muscle mass change, and muscle strength with increasing age, and relationship between dietary, exercise behaviors and FFM in healthy middle- and old aged women who are of age over 55 years. The FFM and correspondingly hand grip strength showed significant positive correlation with age. But concentration of serum albumin showed no significant relationship with age. The subjects were categorized into three groups according to FFM tertile. The anthropometry such as weight, BMI, fat mass, circumferences of waist and hip, WHR, and hand grip strength decreased significantly in the lowest FFM group. But the albumin level showed no change according to FFM level. The FFM showed significant correlation with nutrient intakes such as energy, carbohydrate, protein, Fe, P, Ca. No association, however, was shown with exercise behavior probably because of no case with resistance exercise habits. The variance of FFM was explained 55.2% by height and carbohydrate intake. The variance of height-adjusted FFM could be explained only 16.2% by intake amount of carbohydrate. In conclusion, the decrease of FFM may cause to reduce muscle strength in female elderly. The increasing nutrient intakes were associated with the increased FFM and may protect from risk of sarcopenia. However, only the carbohydrate intake could influence independently the FFM in middle- and old-aged women. The FFM has no association with endurance exercise habits. (*Korean J Nutrition* 34(4) : 449~457, 2001)

KEY WORDS: fat-free mass, muscle strength, nutrient intake, exercise behavior.

서론

신체는 노화하면서 구성 성분의 변화가 일어나 체지방과 체단백질의 재분포가 일어난다. 노화에 의해 일반적으로 체지방량이 증가하나 복부내장지방의 증가가 더 현저하며 체단백질량은 감소하여 무지방조직(lean body mass, LBM)은 감소한다. 무지방조직은 25~70세 사이에 16%정도가 감소하는데,¹⁾ 일반적으로 무지방조직과 체수분량은 일정한 비례관계에 있어 체수분량으로 무지방조직을 추정하고 있다.²⁾

무지방조직은 주로 골격과 근육으로 구성되어 있는데 그 중 근육감소는 가령에 의한 신체 생리적 변화중에 가장 현

저하게 일어나 근감소증(sarcopenia)은 무지방조직 감소의 가장 주요한 요인이 된다.^{3,4)} 근육은 체내 세포내액의 대부분을 갖고 있으며 체중에 대해 차지하는 비율이 신체조직 중 가장 크며, 가령에 의한 다른 체조직 감소보다 현저하여 근육량은 70대에는 성인기에 비해 40%나 감소하여⁵⁾ 노화에 의한 세포양 감소의 가장 큰 부분을 차지한다.⁴⁾

노화에 따른 근육감소증은 컴퓨터 단층촬영, 근육생검, 24시간 뇨의 creatinine과 3-methylhistidine 배설량, 신체 계측을 통해 평가할 수 있는데,^{6,7)} 그중에서 컴퓨터 촬영 방법으로 근육횡단면의 감소를 측정하면 가장 잘 파악할 수 있다. 이 방법으로 노년기에는 근육내 지방이 축적하고 근밀도가 감소하여 대퇴부 근육의 횡단면 감소가 관찰되었다.⁸⁾ 이러한 근육위축은 전체적으로 근섬유의 점차적인 감소와 2형 근섬유와 Myosine heavy chain의 합성 감소와 같은 근섬유의 선택적인 감소 등으로 인해 일어난다.¹⁰⁻¹²⁾ 그러나

접수일 : 2001년 1월 3일

채택일 : 2001년 6월 13일

[§]To whom correspondence should be addressed.

신체 계측을 제외한 기타 근육 측정방법은 비싼 장비가 필요하거나 실시방법이 복잡하여 현실적으로 많은 사람에게 적용하기에는 무리가 있기 때문에 연구들에서 체격인자중 체세포양과 체수분양을 가장 잘 나타내는 무지방조직량이 근육 변화를 나타내는 지표로 사용되곤 하였다.^{9,13)}

가령에 의한 근육감소증은 여러 가지 기능적, 대사적, 임상적 문제를 일으켜 노인의 건강에 심각한 영향을 줄 수 있다. 첫째 근육감소의 가장 큰 영향은 근력을 저하시켜서 노인의 신체활동능력을 감소시키고 노쇠현상을 가속화시킨다.¹⁴⁾ 둘째 무지방조직과 근육의 감소는 기초대사율을 낮추어 추위와 더위와 같은 기온 변화에 대한 내성을 감소시키고, 단백질과 글리코겐 등 영양소 저장량을 감소시켜 대사율을 저하시키며, 근력감소에 따라 활동량이 저하되면 열량 소비량이 감소하여 식욕부진과 영양소의 섭취량 저하로 인해 영양불량이 초래된다. 셋째 근육감소는 근육에서의 혈당 제거율을 감소시켜 인슐린 민감도를 저하시키며, 넷째 근육감소는 가령에 따른 골밀도 등 골격대사에도 영향주어 노인에서 빈번한 골절을 초래하는 것으로 추측되고 있다.^{15,17)}

가령에 따른 근육 감소의 가장 큰 특징인 노년기 근력저하는 근육이 위치한 부위(upper vs. lower extremities)와 기능에(extension vs. flexion) 상관없이 일어나나 그 중에서도 하지 근력의 감소는 빈번한 낙상을 일으키거나 걷는 기능을 저하시켜 고령이 되면서 식물적 무능력 상태를 초래한다.¹⁸⁾ 일반적으로 근력은 나이 증가에 의해 감소하여 20대에 비해 60대와 70대에 30~39%의 근력손실이 일어나며,^{19,21)} 여자의 경우 남자보다 일찍 시작하지만 동일한 근육의 등척력(isometric strength) 감소는 낮은 속도로 진행되어 전체 근력의 감소 백분율이 남자보다 낮다.²²⁾ 가령에 의한 근력감소를 측정하는 방법으로 악력측정이 기계의 휴대나 측정방법이 용이하고 시행비용이 저렴하기 때문에 횡단적, 종단적 노화연구에서 흔히 이용되었다.^{24,26)}

가령에 의한 근육감소에 영향주는 외적 요인으로 식이섭취, 신체활동, 흡연 등이 알려져 있다. 노년기에는 각종 만성 질병이나 치아 및 위장 기능의 저하, 거동 제한, 독거 등으로 인해 양적, 질적인 식사가 어려워 영양소 섭취량의 감소가 나타나거나 과잉과 같은 영양상태의 불균형이 일어나기 쉬운데 이는 근육노쇠 현상과 병행하여 일어나는 경우가 많다. 영양불량은 무지방이나 체단백질 감소를 가속화시켜 근력 쇠퇴를 촉진할 수 있어, 노년기의 무지방 감소를 둔화시키기 위해 연구들에서 에너지²⁷⁾와 단백질 섭취량 증가가²⁸⁾ 권장되었다. 그러나 노년기에 신체활동과 무지방조직 감소에 따라 안정대사량 및 총 에너지 소비량이 저하하므로 에

너지 필요량이 저하한다. 나아가 노인에서는 근육과 체단백질 대사이율이 저하할 뿐 아니라,²⁹⁾ 과량의 단백질을 섭취해도 가령에 의한 알부민수준과 근육의 감소, 질소균형 악화가 개선되지 않았다.^{30,32)} 그리고 동물 실험에서 식이섭취량을 감소시켰을 때 늙은 쥐의 체단백질 합성을 감소와 근육감소가 둔화되었다.³³⁾ 이처럼 가령에 따른 근육감소에 대한 식이섭취의 영향에 대해서는 상반된 연구결과가 제시되어 있으나 아직 우리나라 사람을 대상으로 이에 대한 연구결과는 전무한 편이다.

한편으로 가령에 의한 근육감소증 발생을 억제하여 무지방조직 감소를 억제하기 위한 또 다른 방안으로써 운동습관이 강조되고 있다. 운동 종목으로 열량소비량을 증가시켜 체지방량과 복부지방을 감소시켜 심혈관계 질환 위험도를 감소시키는 지구성 운동이나,^{34,35)} 근육합성을 촉진하는 중력운동과 같은 저항성운동이 강조되고 있다.³⁾ 운동에 의해 근육감소가 둔화되어도 심혈관 질환 위험인자가 반드시 감소하지는 않으며,³⁾ 운동 종목에 따라 무지방조직 및 근육량, 근력에 대한 효과는 차이를 보이므로 근육감소증 예방을 위한 운동은 만성적 퇴행성 질환의 위험인자를 감소하기 위해 일반적으로 권장되는 운동종목과는 다른 것으로 알려져 있다.

우리나라도 2000년에 서구처럼 노령화 사회에 진입하여서 노년기의 건강악화는 국민의료비 부담을 증가시킬 것이므로, 가령에 따른 근육감소증과 무지방조직 감소에 영향주는 요인에 대한 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 체근육량 수준을 나타내는 지표로써 무지방조직량과 관련된 요인을 평가하기 위해 첫째로 55세 이상의 중년기 및 노년기 여성들의 연령과 무지방조직량 및 악력과의 관계를 살펴보고, 둘째로 무지방조직과 체격인자, 단백질 영양상태, 악력과의 관계를 살펴보고, 셋째로 무지방조직량과 식이섭취상태, 운동습관과의 관계를 살펴보아, 이러한 인자들이 노화에 따른 무지방 조직량 변화를 얼마만큼 설명할 수 있는지 분석하고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 조사대상 및 시기

본 연구는 서울 S 보건소를 중심으로 하여 주민들에 대한 영양실태 조사를 2000년 8월에 실시하였다. 그 중 당뇨병이나 고혈압, 고지혈증등 만성적 대사 질병이 없는 사람중에서 55세 이상의 중년기, 노년기 여자 80명에 대한 자료를 수집하였다.

2. 조사내용 및 방법

1) 설문조사

설문지는 생활습관과 식이섭취에 대한 조사로 구성되었다. 설문조사는 잘 훈련된 영양사와 일대 일 면접에 의해 흡연, 음주, 운동습관, 질병여부, 건강식품 및 영양제, 약의 복용 여부 등을 조사하였다. 운동습관은 운동여부, 운동의 종류, 1회 지속시간, 주당 운동횟수 등을 조사하였다.

식이섭취조사로서 24시간 회상법에 의해 하루 전날 섭취한 음식과 음료수의 양을 끼니별로 조사하였으며, 목적량은 식품모형과 음식의 눈대중치를 사용하여 추정하였다. 영양소 섭취량분석은 Can-pro 프로그램을 사용하여 분석하였다.

2) 신체계측조사 및 근력 측정

키는 신장계를 사용하여 0.1cm까지 측정하였으며, 신체 조성은 Inbody 3.0(Biospace, 한국)을 사용하여 측정하였다. 허리둘레, 엉덩이 둘레, 종아리 둘레 등을 줄자를 사용하여 0.1cm까지 측정하였으며, 근력의 지표로써 악력을 디지털 악력계(KKK, 5101, Takei Scientific Co, Japan)로 측정하였다.

3) 혈청 알부민농도 분석

식사후 12시간이 지난 아침 공복상태에서 전주정맥에서 혈액을 채취하여 4℃, 2000rpm에서 10분간 원심분리하여 분석시 까지 -32℃에서 냉동보관하였다. 혈청의 알부민농도는 혈액 분석기를(DT60, Johnes & Johnes, USA) 사용하여 측정하였다.

3. 통계처리

모든 자료의 처리는 SAS 통계 프로그램(Version 6.12)을 사용하여 분석하였다. 그리고 연구대상자들의 나이와 무지방조직 및 악력과의 관계, 무지방량과 영양소 섭취 및 운동습관과의 상관성은 Pearson 상관계수를 사용하여 분석하였다. 그리고 무지방조직량의 분포에 따라 노인을 삼분위로 나누어 체격요인과 혈청 알부민 수준을 Anova분석후 Duncan법에 의해 무지방조직에 따른 유의적인 차이를 비교하였다. 무지방조직량 변이에 대한 설명인자는 adjusted multiple stepwise regression analysis를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 일반적인 특징 및 식이섭취

Table 1에는 본 연구 대상자들의 일반적인 특징이 제시되어 있다. 평균 BMI는 정상수준을 나타내었으나 과체중

Table 1. General characteristics of elderly (n = 80)

Variables	Mean ± SD	Range
Age (years)	65.8 ± 7.1	55 - 87
Weight (kg)	57.0 ± 8.1	38.6 - 73.7
Height (cm)	152.4 ± 5.4	140 - 165
BMI (kg/m ²)	24.6 ± 3.3	15.5 - 32.7
Fat-free mass (kg)	38.4 ± 4.0	27.5 - 45.8

Table 2. Nutrient intakes of elderly (n = 80)

Variables	Mean ± SD	RDA%
Energy (kcal)	1459.6 ± 435.4	82.4 ± 24.8
Protein (g, %)	52.6 ± 19.6 (14.3 ± 2.6)	95.7 ± 35.6
Fat (g, %)	27.9 ± 17.8 (16.8 ± 7.1)	
Carbohydrate (g, %)	251.5 ± 73.9 (69.4 ± 8.3)	
Dietary fiber (g)	6.5 ± 3.3	
Vit. A (R.E.)	584.5 ± 635.1	83.5 ± 90.7
Vit. B1 (mg)	1.01 ± 0.45	100.4 ± 45.2
Vit. B2 (mg)	0.77 ± 0.37	63.9 ± 31.1
Niacin (mg)	12.4 ± 5.3	95.4 ± 41.0
Vit. C (mg)	91.5 ± 58.9	130.7 ± 84.1
Ca (mg)	459.6 ± 254.7	65.7 ± 36.4
P (mg)	893.8 ± 344.7	127.7 ± 49.3
Fe (mg)	10.9 ± 5.6	91.0 ± 46.4

판정치인 BMI 25에 근접하였다.

Table 2에 여자노인들의 영양소 섭취량을 제시하였으며, 또한 2000년에 발표된 한국인 영양 권장량³⁶⁾의 연령별 기준치를 사용하여 권장량에 대한 비율을 제시하였다. 중년기, 노년기 여자들의 영양소 섭취량은 비타민 B₁과 C, 인의 섭취량을 제외하고는 한국인 권장량에 미달하였다. 특히 비타민 B₁과 B₂, 그리고 칼슘의 섭취량은 권장량의 90%이하이며 그 중에서 비타민 B₂와 칼슘의 섭취량은 권장량의 75%보다 낮아 심한 부족상태에 있음을 보였다. 그리고 섭취에 너지의 구성을 보면 탄수화물 비율이 한국인 식사지침의 권장비율인 60~65%보다 높아 열량공급을 탄수화물에 주로 의존하고 있음을 보였다.

우리나라 노인들에 대한 영양연구들에 의하면 일반적으로 영양과잉보다 만성적인 영양부족의 문제가 많으며 이는 대도시 지역의 노인에서도 나타난다고 한다.^{37,38)} 본 연구 대상자들은 대개 보건소에 내소하는 여자들로서 비교적 사회경제적으로 취약 계층으로 짐작된다. 대부분의 우리나라 노인 영양 연구에서 부족하다고 알려진 열량, 단백질, 철분, 비타민 B₂ 섭취가 본 연구 대상자들에서도 부족하였고, 열량중 탄수화물의 섭취비율이 높은 결과를 보였다. 이는 보

Table 3. Exercise behavior of subjects

Variables	Frequency, n(%)	
Exercise	YES	39(49.4)
	NO	40(50.6)
Exercise type	NO	39(49.4)
	Walking, climbing, aerobics tennis, swimming, golf	35(44.4)
	Health	2(2.5)
	Others	3(3.8)
Frequency/week	NO	39(49.4)
	1	1(1.3)
	2-3	9(11.4)
	4-6	14(17.7)
	7	16(20.2)
Duration of exercise/frequency	NO	39(49.4)
	Under 0.5 hour	6(7.6)
	0.5-1 hour	17(21.5)
	Over 1 hour	17(21.5)
Hour spent for exercise/day	Under 0.5 hour	56(70)
	0.5-1.5	19(23.8)
	Over 1.5 hour	5(6.3)

1. Exercise Time(h/day): 0.39 ± 0.62

2. Energy Expenditure for Exercise(Cal/day): 86.0 ± 145.1

건소 내소하는 대도시 저소득층에서도 영양부족 및 불균형의 문제가 심각함을 나타내므로 노인이나 그 가족을 대상으로 한 충분한 영양소 공급과 균형잡힌 식생활에 대한 보건 영양교육이나 영양증제가 필요하다고 보여진다.

Table 3에는 본 연구 대상자들의 운동습관이 제시되었다. 주당 운동횟수는 일주일에 4회 이상 하는 경우가 37.9%로 전체 연구 대상자의 1/3을 약간 넘었고, 매일 규칙적으로 하는 경우는 전체의 1/5에 불과하였다. 그리고 1회 운동시 지속시간이 1시간 미만이 78.5%로 운동을 하는 경우에도 지속시간이 매우 짧음을 보였다.

그리고 주당 운동횟수와 1회 운동지속시간을 곱한 후 7일로 나누어 하루에 시행하는 평균 운동시간을 계산하였다. 매일의 평균 운동시간은 0.39시간(24분)으로 일반적으로 권장하는 운동시간인 40분~1시간보다 매우 낮은 편이었다. 운동종목은 걷기, 수영 등의 지구성 운동을 하는 경우가 거의 대부분을 차지하고 저항성 운동을 하는 경우는 없었다.

운동에 의해 소모하는 열량소비량은 평균 하루 운동시간과 주당 운동횟수와 운동종목에 따른 시간당 열량소비량을 사용하여 계산하였다. 운동으로 소모하는 열량은 하루 평균 100Cal 미만으로, 운동에 의해 소모하는 열량이 매우 낮음을 보였다.

Table 4. Correlation coefficients between age and anthropometry, serum albumin concentration (Mean ± SD)

Variable	Age group	
	Age	Age
Weight (kg)		-0.034
Height (cm)		-0.337**
BMI (kg/m ²)		0.137
Fat-free mass (kg)		-0.246*
Fat mass (kg)		0.135
Fat mass (%)		0.247*
Waist circumference (cm)		0.261*
Hip circumference (cm)		0.121
WHR		0.278*
Albumin (g/dl)		-0.076
Right GP ¹ (kgs)		-0.240*
Left GP (kgs)		-0.340**
Mean GP ² (kgs)		-0.308**

1. GP: hand grip strength

2. Mean GP=Mean of right and left grip strength

3. Significant at *: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001

2. 나이와 무지방량, 혈청 알부민 농도 및 악력과의 관계

Table 4에는 연구대상자들의 나이와 체격과의 상관관계가 제시되었다. 연령은 체중, 체지방량, BMI와 상관관계를 보이지 않으나 체지방비율과는 양의 상관관계를 보였으며 (p = 0.028) 키, 무지방조직량은 각각 유의한 음의 상관관계를 보였다(p = 0.002, p = 0.027). 이는 55세 이상의 여자에서 가령에 따라 체지방량은 변화가 없는데 무지방조직량이 감소하여 체지방비율이 증가하는 것을 나타낸다고 사려된다. 일반적으로 중년기 이후 가령에 의해 체중 변화가 일어나지만 체성분도 변화하여 노년기에는 주로 골격과 근육으로 구성된 무지방조직량이 감소한다고 한다.^{4,39)} 가령에 의해 일어나는 가장 중요한 체성분 변화는 체세포양의 감소로 평균 70세 노인들이 80세가 될때까지 평균 11년동안 조사한 종적 연구에서 이 기간에 세포양의 6%가 감소하며⁴⁾ 이러한 세포양 감소는 여러 기관의 세포수와 크기의 감소에 의해 일어나지만 주로 근육감소에 의해 결정된다고 한다.³⁹⁾ 노년기에는 근육 세포의 RNA수준 및 활성도가 감소하면서 단백질 합성율이 다른 장기보다 특히 저하되고 근세포당 단백질 분해율은 증가하여 근육량 감소가 현저하게 나타난다. Starling 등³¹⁾은 49~85세 남성들에 대한 횡단적 연구에서 근육량은 10년에 평균 1.2kg, 60세 이상 노인을 대상으로 Baumgartner 등³⁹⁾은 1.8kg의 근육감소를 관찰하였다. 이에 따라 나이가 증가하면서 무지방조직도 감소하는데 여자의 경우 50대까지 유지하다가 그후 감소하여, 25~70세 사이에 무지방조직은 16%정도가 감소한다.¹⁾ 본

연구의 Table에는 제시하지 않았으나 본 연구에서 무지방 조직량은 55~65세 연령층에 비해 75세 이상 노인층에서 3.3kg 감소하였는데 이는 Forbes³⁹⁾의 종단적 연구에서 중년기이후 체중을 유지하는 남녀에서 10년에 평균 1.5kg의 무지방조직이 감소한 것과 비슷한 수준이다.

단백질 영양상태를 나타내는 혈청 알부민 농도는 Table 4에 제시한 바와 같이 나이와 유의한 상관관계를 나타내지 않아 중년기, 노년기 여자에서 가령에 영향받지 않음을 보였다. 이러한 결과는 혈청 알부민농도는 나이 증가에 의해 변화가 없다고 보고한 다른 연구 결과들과 유사한 결과이다.^{40,41)}

그리고 오른손과 왼손의 악력, 양손의 평균 악력은 나이와 음의 상관관계를 보여(p = 0.035, p = 0.002, p = 0.007) 고령노인에서 감소할 가능성을 보였다. 악력은 기계 휴대와 사용 방법이 용이하여 노인들의 근력 평가 지표로 많이 이용되므로 본 연구에서도 근력 지표로 이용되었다. 일반적으로 근력은 남자의 경우 20~30대에서 peak에 도달하여 45~50세까지 유지하며, 80대까지 평균적으로 10년에 약 12~15%씩 감소하여,^{20,24,25)} 20대에 비해 60대와 70대에 30~39%의 근력손실이 일어난다고 한다.^{19,21)} 여자의 경우 남자보다 일찍 시작하지만 동일한 근육에서 등척력 감소는 낮은 속도로 진행되어, 전체 근력의 감소 백분율이 남자보다 낮다고 한다.²²⁾ 본 연구에서 가령에 의해 어느 정도 감소하는지는 제시하지 않았지만 본 연구 결과는 노쇠노인에서 일반적으로 근력이 떨어진다는 연구결과들과 유사하다.

3. 무지방량과 체격인자, 혈청 알부민 농도, 악력과의 관계

Table 5에는 무지방조직 크기의 분포에 따라 연구대상자

를 삼분위로 나누어 저무지방군, 중무지방군, 고무지방군의 체격, 혈청 알부민 농도 및 악력을 비교하였다. 체중, BMI, 체지방량, 허리와 둔부 둘레, 허리-둔부둘레의 비는 무지방 조직량에 따라 유의적인 차이를 나타내어 저 무지방 조직군에서 가장 낮았다. 즉 체지방 축적과 중심성 지방분포 지표들은 무지방조직량이 감소하면 저하됨을 보였는데, 이는 중년기, 노년기 여자에서 당뇨, 고혈압, 심순환계 질환의 위험인자인 지방축적이나 중심성 지방과다를 저하하기 위해 무리한 체중감소를 시도하면 무지방량 감소가 일어나 오히려 노쇠현상을 가속화시킬 수 있음을 시사한다고 하겠다.

혈청 알부민 수준은 무지방조직량에 따라 전혀 유의적 차이를 보이지 않았다. 이는 혈청 알부민 농도가 나이, 단백질 섭취량, 신체활동, 질병유무 등의 변수에 보정하고도 근육량에 독립적으로 작용하여 가령에 의해 혈청 알부민농도가 감소하면 근육감소증 위험이 증가한다는 Baumgartner 등의³⁹⁾ 결과와는 상반되나, Starling 등의³¹⁾ 연구에서 노인의 혈청 알부민수준이 부속적인 근량의 변화와 관련이 없었던 것과는 유사한 결과이다. Mosoni 등⁴⁰⁾은 동물실험을 통해 근육과 간의 단백질 합성은 가령에 달리 영향받을 뿐 아니라 식이에 대한 반응도 차이를 보임을 관찰하였으며, De Jong 등⁴¹⁾은 노인의 혈청 알부민농도는 영양보충에 의해 증가하나 근육과 달리 운동에 영향받지 않는다고 하였다. 노년기에 단백질 섭취수준이 낮아져도 알부민 합성율은 저하되지 않았던 연구 결과나,³⁰⁾ 가령에 의해 간의 단백질이나 근육단백질의 합성이 감소하지만 알부민합성은 변화하지 않았다는 Fu와 Nair⁴²⁾의 연구 결과에 따르면 본 연구 결과는 간의 알부민 합성은 가령, 식이, 운동과 같은 요인들에 무지방조직량과는 독립적으로 영향받는 것을 나타낸다

Table 5. Anthropometry, grip strength, serum albumin concentration by fat-free mass category (Mean ± SD)

Variables	Low FFM(n = 26)	Medium FFM(n = 26)	High FFM(n = 28)
Weight (kg)	49.7 ± 6.0 ^b	56.6 ± 5.7 ^b	64.3 ± 4.8 ^a
Height (cm)	147.9 ± 4.4	153.0 ± 4.2	141.5 ± 17.5
BMI (kg/m ²)	22.8 ± 3.1 ^b	24.3 ± 3.4 ^b	26.4 ± 2.3 ^a
Fat mass (%)	31.0 ± 5.6	31.7 ± 6.5	33.4 ± 3.9
Fat mass (kg)	15.7 ± 4.3 ^c	18.2 ± 5.2 ^b	21.6 ± 4.1 ^a
Waist circum. (cm)	75.9 ± 8.2 ^b	79.3 ± 7.8 ^b	86.1 ± 7.3 ^a
Hip circum. (cm)	89.7 ± 6.1 ^b	91.9 ± 5.5 ^b	96.8 ± 5.7 ^b
WHR	0.8 ± 0.1 ^b	0.9 ± 0.1 ^{ab}	0.9 ± 0.1 ^a
Right GP ¹ (kgs)	15.9 ± 4.2 ^b	18.6 ± 3.9 ^a	19.3 ± 5.4 ^a
Left GP (kgs)	15.6 ± 3.5 ^b	19.5 ± 4.9 ^a	20.0 ± 4.8 ^a
Mean GP ² (kgs)	15.9 ± 3.5	19.3 ± 3.8	19.6 ± 4.9
Albumin (g/dl)	4.3 ± 0.6	4.3 ± 0.7	4.1 ± 0.9

1. GP: hand grip strength

2. Mean GP = Mean of right and left grip strength

3. Means with different letters within a row are significantly different from each other at p < 0.05

고 사려된다.

무지방량에 따른 왼손, 오른손의 악력과, 양손의 평균 악력은 Table 5에서 보듯이 고무지방군에 비해 무지방조식량이 낮은 노인군에서 유의적으로 낮아, 무지방조식이 감소하면 악력 저하가 일어남을 보였다. 이러한 결과는 여러 연구에서 근육량이 감소하면 체진굴, 악력 등의 근력이 저하한다는 결과들과^{14,20,22,45)} 유사한 결과로써, 본 연구의 무지방양 감소에 따른 근력 감소는 근육 감소를 반영한다고 하겠다. 이러한 근력 감소는 근육 섬유질의 크기와 수가 성인기 이후 계속적으로 감소하여 노화하면서 근육량과 무게가 저하하는 근육퇴화 뿐 아니라, 결체조직과 콜라겐의 양의 증가에 의한 탄성 감소에 의해 일어난다.²⁹⁾

4. 무지방량과 영양소 섭취, 운동습관

Table 6에는 식이로 섭취한 영양소량과 무지방량간의 상관계수를 제시하였다. 무지방량은 콜레스테롤, 비타민 A, 레티놀, 카로틴, 비타민 B₂와 C를 제외한 거의 모든 영양소 섭취량과 유의한 양의 상관관계를 보였으며 특히 열량, 단백질, 탄수화물, 철분, 인의 섭취량과 높은 양의 상관성을 보였다.

일반적으로 노인의 근육량 및 근력에 영향주는 영양적 요인으로 주로 식이 섭취량과 단백질 섭취가 중요한 것으로 인정되고 있으나,^{27,28,31,33)} 그러나 식이 섭취의 증가 필요성에 대해서는 일관된 연구 결과가 제시되지 않고 있다. 본 연구 결과에 의하면 중년기, 노년기 여자에서 영양소의 섭취 증가는 무지방조식 증대를 유도할 가능성을 있으나, 이는 동

물실험에서 식이섭취량 저하는 노화과정을 둔화시키며 식이섭취량 제한에 의해 체단백질 합성을 감소가 둔화된다는 Ricketts 등³³⁾의 결과와는 상반된다. 그러나 Starling 등³¹⁾의 연구는 권장량 이하인 수준에서 단백질 섭취 증가가 노인의 근육량과 관련이 있음을 제시한 점을 볼때 본 연구에서 단백질과 열량을 포함한 대부분의 영양소 섭취량이 권장량에 미달하기 때문에 권장량 이하에서의 열량 및 열량영양소, 단백질, 비타민 무기질 섭취를 위한 식이섭취 증가는 무지방량 증대와 관련있을 것으로 보인다.

Table 7에는 무지방량과 식물성·동물성 급원에서의 단백질, 지방, 칼슘, 철분의 섭취량과의 상관계수를 제시하였다. 무지방량은 동물성 식품에서의 영양소 섭취량과는 관련성을 보이지 않았지만 식물성 영양소 섭취량과 모두 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 이는 본 연구 대상자들의 영양소섭취가 주로 식물성 식품에 의존하기 때문으로 보여진다.

Table 8에는 무지방량과 주당 운동시간, 운동에 의한 소모에너지, 앉아 있는 시간과의 상관계수가 제시되었는데, 무지방량은 이러한 신체 활동 변수들과 유의한 상관성을 나타내지 않았다. 운동은 많은 연구에서 가령에 의한 무지방조직 감소와 근육감소증 발생을 억제하며, 중강도의 규칙적인 운동은 노쇠현상을 둔화시킨다고 알려져 있다. 운동종목으로 지구성 운동이 에너지 소비량을 증가시켜 체지방량을 감소시키고 복부지방축적을 감소시켜 심혈관계 질환 위험도를 감소하기 때문에 흔히 걷기와 같은 운동이 연구와 실생활에서 노인들에게 많이 추천되었다.³⁴⁾ 그러나 Klitgard 등⁴⁷⁾의 연구에서는 과거에 지구성 운동선수였던 노인들은

Table 6. Correlation coefficients between nutrient intakes and fat-free mass

Variables		Fat-free mass
Energy	(kcal)	0.366***
Protein	(g)	0.307**
Fat	(g)	0.233*
Carbohydrate	(g)	0.351**
Cholesterol	(mg)	-0.046
Fiber	(g)	0.285*
Ca	(mg)	0.258*
P	(mg)	0.338**
Fe	(mg)	0.338**
Na	(mg)	0.240*
K	(mg)	0.268*
Vitamin A	(R.E.)	0.210
Vitamin B1	(mg)	0.265*
Vitamin B2	(mg)	0.177
Niacin	(mg)	0.278*
Vitamin C	(mg)	0.140

*: Significant at p<0.05 **: p<0.01, ***: p<0.001

Table 7. Correlation coefficients between intakes of animal and vegetable nutrient and fat free mass

Variables		Fat-free mass
Animal protein	(g)	0.122
Vegetable protein	(g)	0.330**
Animal fat	(g)	0.087
Vegetable fat	(g)	0.294**
Animal Ca	(mg)	0.139
Vegetable Ca	(mg)	0.292**
Animal Fe	(mg)	0.170
Vegetable Fe	(mg)	0.306**

*: Significant at p < 0.05 **: p < 0.01, ***: p < 0.001

Table 8. Correlation coefficients between exercise activity variables and fat-free mass

Variables		Fat-free mass ¹
Energy expenditure for exercise	(kcal/hour)	0.207
Hour spend for exercise	(hour/day)	0.089
Daily hr. for sitting	(hour/day)	-0.045

1. not significant

무지방량과 근력이 나이가 비슷하지만 운동량이 낮은 정적인 대조군과 차이를 보이지 않았고, Pollock 등⁴⁸⁾은 과거에 중강도와 고강도 훈련을 하는 달리기 선수였던 성인들을 추적 조사하였을 때 체중변화가 없어도 무지방이 10년동안 1.4~1.9kg 감소함을 보여 지구성 운동이나 유산소성 운동이 무지방의 감소를 예방하는데 효과적이지 않음을 보였다. 한편으로 Yarashcki 등⁴⁹⁾은 노인들이 저항성 운동을 실시하였을 때 청년에서와 같이 대퇴 근육 단백질의 합성율이 증가하였는데 이때 근육의 단백질 분해율은 변화하지 않아 근육 증대가 일어난다고 보고하였고, Evans³⁾도 일련의 연구에서 저항성운동이 근육 및 무지방조직의 감소를 예방하는데 효과적이라는 결과를 제시하였다. 본 연구 대상자들은 운동습관으로 저항성 운동을 시행하는 경우는 없이 모두 지구성 운동만 하므로, 운동습관이 무지방량에 영향을 줄 수 없었던 것으로 보인다. 한편 신체활동에 필요한 에너지 소모량과 지방조직량 사이에는 부의 관계가 성립하지만 무지방 조직과는 정의 관계가 성립한다는 연구결과에²⁷⁾ 비추어 보면 일상적인 신체활동이나 이에 의한 에너지 소비도 무지방 조직량과 관련있을 것으로 보인다. 따라서 본 연구대상자들이 평소에 하는 지구성 운동습관에 대한 열량소비량보다 총 활동에너지 소비량 조사나 이를 위한 생활시간에 대한 조사가 필요하지만 노인의 기억력이 낮으므로 실제적으로 이에 대한 정확한 조사는 어려운 실정이다.

5. 무지방량의 설명인자

위에서 밝혀진 식이섭취, 운동습관, 혈액의 생화학적 지표, 나이 및 키, 체중, 그외 체격지표 등을 독립변수로, 무지방 조직량을 종속변수로 하여 회귀모형을 이용하여 무지방 조직량의 변이를 설명하고자 하였다(Table 9).

키와 탄수화물 섭취량은 노인들의 무지방량 변이의 55.2%를 설명하였다. 무지방량 변이의 45.0%를 키로 설명할 수 있었으며, 무지방량을 키로 보정하였을 때 탄수화물 섭취량

으로 무지방조직량 변이의 16.3%를 설명하였다.

가령에 의해 일어나는 근육감소증이나 무지방량 감소에는 운동습관, 식이섭취, 흡연 등 생활인자와 성호르몬, 유전자 등 내적요소가 관여한다고 한다.^{50,51)} 내적인자로 가령에 따른 체지방의 증가 뿐 아니라 무지방조직의 감소와 관련하여 체구성을 결정하는 내분비 인자로 insulin like growth factor 1, testosterone과 같은 성호르몬, 성장 호르몬, DHEA등이 알려져 있다.^{50,51)} 한편 무지방량과 관련하여 현재까지 밝혀진 유전인자로 insulin like growth factor 1 receptor(15q), Neuropeptide Y(NPY), growth hormone releasing hormone(GHRH) receptor(7p)등이 있다.⁵¹⁾ 본 연구에서 키로 보정한 무지방량 변이의 오직 일부분만 설명할 수 있었던 것은 식이섭취, 운동습관과 같은 외적 요인만 고려하여 무지방량에 대한 내적요인의 영향에 대해 고려하지 않았던 점이나 노인들이 저항성 운동습관은 전혀 갖고 있지 않았던 점에 기인한다고 사려된다.

결론적으로 선행 타 연구들에서 무지방 조직량이나 체근육량과의 관련성이 추측되었던 것처럼 단백질 및 열량의 섭취량 뿐 아니라 탄수화물, 철분, 인과 기타 여러 영양소의 섭취량과 관련성을 보였으나, 탄수화물 섭취량을 제외하고는 무지방조직량에 독립적인 영향을 발휘하는 영양소는 없었다. 또한 무지방조직량은 내장단백질 영양상태 지표, 운동으로 소모하는 시간이나 운동에 의한 소모열량과 관련성을 보이지 않았다. 운동과 무지방조직량과의 관계를 정확하게 평가하기 위해서는 생활시간이나 총에너지 소비량에 대한 횡단적 조사나 저항성 운동의 효과를 검증할 수 있는 중재연구가 필요하다고 하겠다.

요약 및 결론

본 연구에서는 노년기에서 근육량과 밀접한 관계에 있는 무지방량 감소에 영향주는 요인들을 찾고, 근력 변화를 살

Table 9. Predictors for fat-free mass

Dependent variable	Independent variables	b	SE(b)	t-test	p-value	Beta	Beta × r × 100
FFM	Intercept	-39.8676	9.1317	-4.366	0.0001		
	Height	0.4874	0.0600	8.115	0.0001	0.6548	45.01
	Carbohydrate intake	0.0158	0.0044	3.584	0.0006	0.2892	10.16
						R ² of model(%) = 55.17	
						Adjusted R ² (%) = 53.54	
Height-adjusted FFM	Intercept	0.223041	1.1397	29.684	0.0001	0.0000	
	Carbohydrate intake	0.000114	0.0044	3.596	0.0006	0.3920	16.29
						R ² of model(%) = 16.29	
						Adjusted R ² (%) = 14.20	

1. r = Pearson correlation coefficient

며 보기위해 대사적 질병이 없는 55세 이상의 중년기와 노년기 여성에서 식이섭취, 신체계측, 악력, 혈청 알부민 수준을 분석하였다. 먼저 나이와 무지방량, 혈청 알부민 농도, 악력과 상관성을 살펴본 후 무지방량과 식이섭취, 체격인자, 혈청 알부민 농도, 운동습관과의 관계를 분석하였다.

나이는 무지방량, 양손의 악력과 음의 상관관계를 보였으나 혈청 알부민 수준과는 어떠한 관련성을 보이지 않았다. 무지방량을 분포에 따라 세분위로 나누어 저무지방군, 중무지방군, 고무지방군의 세노인군에서 체격인자, 혈청 알부민 농도, 악력을 비교하였을 때 체중, 종아리 둘레, 허리 및 둔부둘레 및 허리-둔부의 둘레비가 저무지방집단에서 낮았다. 즉 체중과다나 중심성 체지방 분포가 낮아지면 무지방 조직도 감소할 수 있음을 보였으며, 악력은 무지방량이 높아지면 유의적으로 증가하였다. 그러나 혈청 알부민 수준은 무지방량에 따라 변화를 보이지 않았다.

무지방량과 그리고 열량 및 단백질, 탄수화물, 식물성 단백질, 지방, 칼슘, 철분 섭취량과 유의한 상관성을 보였으며 식품의 급원으로 주로 식물성 식품에서의 영양소 섭취와 정의 상관관계를 보였다. 무지방량은 연구대상자의 운동습관과는 상관관계를 보이지 않았는데 이는 운동하는 경우 모두 지구성 운동습관 만을 갖고 있고 저항성 운동 습관이 없었기 때문으로 보인다. 무지방량에 대한 독립적인 영향을 찾고자 다중회귀분석을 실시하면서 서로 상호인자에 보정하였을 때, 무지방량 변이의 55.2%를 키와 탄수화물 섭취량에 의해 설명하였으며, 키로 보정하였을 때 탄수화물 섭취량으로 무지방 변이의 16.3%를 설명하였다.

결론적으로 중년기, 노년기 여성에서 무지방량 감소는 근력의 감소를 초래하며 지구성 운동습관이나 내장 단백질의 영양상태 지표와는 관련이 없음을 보였다. 그리고 무지방량 증가는 식이섭취의 증가와 관련성을 보이거나 독립적인 영향은 오직 탄수화물만이 나타내었다. 이러한 결과는 도시의 취약계층에 대한 결과로 일반 중년기, 노년기 여성에게 적용하기 위해서는 중재연구, 또는 총열량 소비량에 대한 횡단적 조사 결과가 필요하다고 하겠다.

Literature cited

- 1) Heymsfield SB, Wang J, Lichtman S, Kamen Y, Kehayias J, Pierson RN. Body composition in elderly subjects: a critical approach of clinical methodology. *Am J Clin Nutr* 50: 1167-1172, 1989
- 2) Lee RD, Nieman DC. Nutritional assessment 2nd. ed. Mosby-Year Book, Inc 1996
- 3) Evans WJ. Nutrition, exercise and healthy aging. In: Proceedings of Good Nutrition for All, 8th Asian Congress of Nutrition pp.100-108, 1999
- 4) Steen B. Body composition and aging. *Nutr Rev* 46(2): 45-52, 1988
- 5) Kuczmarski RJ. Need for body composition information in elderly subjects. *Am J Clin Nutr* 50: 1150-1155, 1989
- 6) Borkan GA, Hulth DA, Gerzof SG, Robbins AH, Silbert CK. Age changes in body composition revealed by computed tomography. *J Gerontol* 38(6): 673-677, 1983
- 7) Coggan AR. Muscle biopsy as a tool in the study of aging. *J Gerontol series A 50A*: 30-34, 1995
- 8) Heymsfield SB, D Gallagher D, Visser M, Nutiez C, Wang Z-M. Measurement of skeletal muscle: Laboratory and epidemiological methods. *J Gerontol series A 50A(special issue)*: 23-29, 1995
- 9) Forbes GB. Longitudinal changes in adult fat-free mass: influence of body weight. *Am J Clin Nutr* 70: 1025-1031, 1999
- 10) Lexell J, Henniksson-Larsen K, Wimbald B, Sjoström M. Distribution of different fiber types in human skeletal muscles: effects of aging studied in whole muscle cross sections. *Muscle Nerve* 6: 588-595, 1983
- 11) Larsson L. Histochemical characteristics of human skeletal muscle during aging. *Acta Physiol Scand* 117: 469-471, 1983
- 12) Klitgaard H, Zhou M, Schiaffino S, Betto R, Salvati G, Saltin B. Ageing alters the myosin heavy chain composition of single fibres from human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand* 140: 55-62, 1990
- 13) Wagner DR, Heyward VH. Measures of body composition in blacks and whites: a comparative review. *Am J Clin Nutr* 71: 1392-1402, 2000
- 14) Evans WJ. Functional and metabolic consequence of sarcopenia. *J Nutr* 127: 998S-1003S, 1997
- 15) Baumgartner RN, Stauber PM, Koehler KM, Romero L, Garry PJ. Associations of fat and muscle mass of bone mineral in elderly men and women. *Am J Clin Nutr* 63: 365-372, 1996
- 16) Snow-Harter C, Bouxsein M, Lewis B, Charlette S, Weinstein P, Marcus R. Muscle strength as a predictor of bone mineral density in young women. *J Bone Miner Res* 5: 589-595, 1990
- 17) Sinaki M, Khosla S, Limburg PJ, Rogers JW, Murtaugh PA. Muscle strength in osteoporotic versus normal women. *Osteopor Int* 3(1): 8-12, 1993
- 18) Dutta C. Significance of sarcopenia in the elderly. *J Nutr* 127: 992S-993S, 1997
- 19) Bevier WC, Wiswell RA, Pyka G, Kozak KC, Newhall KM, Marcus R. Relationship of body composition, muscle strength and aerobic capacity to bone mineral density in older men and women. *J Bone Miner Res* 4: 421-432, 1989
- 20) Young A, Stokes M, Crowe M. Size and strength of the quadriceps muscles of old and young women. *Eur J Clin Invest* 14: 282-287, 1984
- 21) Frontera WR, Hughes VA, Luty KJ, Evans WJ. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45-78-year-old men and women. *J Appl Physiol* 71: 644-650, 1991
- 22) Murray MP, Duthie EH, Jr, Gambert SR, Sepic SB, Mollinger LA. Age-related differences in knee muscle strength in nominal women. *J Gerontol* 40: 275-280, 1985
- 23) Hurley BF. Age, gender, and muscular strength. *J Gerontol Series A 50A(Special issues)*: 41-44, 1995
- 24) Bassey EJ, Harries UJ. Normal values for handgrip strength in 920 men and women aged over 65 years, and longitudinal changes over 4 years in 620 survivors. *Clin Sci* 84: 331-337, 1993
- 25) Bembien, MC, Massey BH, Bembien DA, Misner JE, Boileau RA. Isometric muscle force production as a function of age in healthy 20-74-year-old men. *Med Sci Sports Exerc* 11: 1302-1310, 1991
- 26) Era P, Lyyra AL, Viitasalo JT, Heikkinen E. Determinants of isometric muscle strength in men of different ages. *Eur J Appl Physiol* 64: 84-91, 1992
- 27) Rantanen T, Era P, Heikkinen E. Maximal isometric strength and mobility among 75-year old men and women. *Age Aging* 23: 132-137, 1994
- 28) Robert AB, Dallal GE. Effects of age on energy balance. *Am J Clin*

- Nutr* 68(suppl): 975s-979s, 1998
- 29) Volpi E, Ferrando AA, Yeckel CW, Tipton KD, Wolfe RR. Exogenous amino acids stimulate net protein muscle protein synthesis. *J Clin Invest* 101: 2000-2007, 1998
 - 30) Kim SH, Kim HY. Aging, Daewoo scientific publication, pp.313-346, 1995
 - 31) Gersovitz M, Munro Hn, Udall J, Young VR. Albumin synthesis in young and elderly subjects using a new stable isotope methodology: response to level of protein intake. *Metabolism* 29(11): 1075-1086, 1980
 - 32) Staring RD, Ades PA, Poehlman ET. Physical activity, protein intake, and appendicular skeletal muscle mass in older men. *Am J Clin Nutr* 70: 91-96, 1999
 - 33) Walrand S, Chambon-Savanovitch C, Felgines C, Chassagne J, Raul F, Normand B, Farges M-C, Beanfre B, Vasson M-P, Cynober L. Aging: a barrier to nutrition? Nutritional and immunologic evidence in rats. *Am J Clin Nutr* 71(3): 816-824, 2000
 - 34) Ricketts WG, Birchenall-Sparks MC, Hardwick JP, Richardson A. Effect of dietary restriction on protein synthesis by isolated kidney cells. *J Cell Physiol* 125: 492-499, 1985
 - 35) Hersey WC 3rd, Graves JE, Pollock ML, Gingrich R, Shireman RB, Heath GW, Spierto F, McCole SD, Hagberg JM. Endurance exercise training improves body composition and plasma insulin response in 70- to 79-years-old men and women. *Metabolism* 43(7): 847-854, 1994
 - 36) Cox JH, Cortright RN, Dohm GL, Houmard JA. Effects of aging on response to exercise training in humans: skeletal muscle glut-4 and insulin sensitivity. *J Appl Physiol* 86(6): 2019-2025, 1999
 - 37) Recommended dietary allowances for Korea 7th revision the Korean nutrition society, 2000
 - 38) Park YS, Kim S, Park KS, Lee JW, Kim KN. Nutrient intakes and health related behaviors of the elderly in rural area. *Kor J Comm Nutr* 4(1): 37-45, 1999
 - 39) Lee JW, Kim KA, Lee MS. Nutritional intake status of the elderly taking free congregate lunch meals compared to the middle-income class elderly. *Kor J Comm Nutr* 3(4): 594-608, 1998
 - 40) Baumgartner RN, Stauber PM, McHugh D, Koehler KM Garry PJ. Cross-sectional age differences in body composition in persons 60+ years of age. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 50(6): M307-316, 1995
 - 41) Baumgartner RN, Koehler KM, Romero L, Garry PJ. Serum albumin is associated with skeletal muscle in elderly men and women. *Am J Clin Nutr* 64: 552-558, 1996b
 - 42) Mosoni L, Valluy MC, Serrurier B, Prugnaud J, Obled C, Guezennec CZ, Mirand PP. Altered response of protein synthesis to nutritional state and endurance training in old rats. *Am J Physiol* 268(2 pt 1): E 328-E335, 1995
 - 43) Fu A, Nair KS. Age effect on fibrinogen and albumin synthesis in humans. *Am J Physiol* 275(Endocrinol. Metab 38): E1023-E1030, 1998
 - 44) Short KR, Nair KS. Mechanisms of sarcopenia of aging. *J Endocrinol Invest* 22(5): 95-105, 1999
 - 45) De Jong N, Paw MJMCA, De Groot LCPGM, De Graf C, Kok FJ, Van Staveren WA. Functional biochemical and nutrient indices in frail elderly people are partly affected by dietary supplements but not by exercise. *J Nutr* 129: 2028-2036, 1999
 - 46) Suzuki M. Exercise and nutrition to prevent sarcopenia and osteopenia of elderly people. in The implication of foods and supplements for exercise performance. Proceedings of 2000 International Congress on Exercise Nutrition. *Kor Soc Exer Nutri* 95-110, 2000
 - 47) Klitgard H, Mantoni M, Schiaffino S. Function, morphology and protein expression of aging skeletal muscle: a cross-sectional study of elderly men with different training background. *Acta Physiol Scand* 140: 41-54, 1990
 - 48) Pollock ML, Menggekoch LJ, Graves JE. Twenty-year following of aerobic power and body composition of older track athletes. *J Appl Physiol* 82: 1508-1516, 1997
 - 49) Yaraheski KE, Zachwieja JJ, Bier DM. Acute effects of resistance exercise on muscle protein synthesis rate in young and elderly men and women. *Am J Physiol* 265(2 pt 1): E210-E214, 1993
 - 50) Vermulen A, Goemulere S, Kaufman JM. Testosterone, body composition and aging. *J Endocrinol Invest* 22(5 suppl): 110-116, 1999
 - 51) Chagnon ZC, Borecki IB, Perusse L, Roy S, Lacaille M, Chagnon M, Ho-Kim MA, Province MA, Rao DC, Bouchard C. Genome-wide search for genes related to the fat-free body mass in the Quebec family study. *Metabolism* 49(2): 203-207, 2000