

정상 혈당을 가진 여자노인에서의 인슐린 수준 관련 요인분석

이 옥 희[§]

용인대학교 식품영양학과

Analysis of the Fasting Insulin Level Associating Factors in Elderly Females with Normal Glycemic Control

Lee, Ok Hee[§]

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

ABSTRACT

High insulin level is known to be a risk factor of coronary heart disease. High insulin level with normal glycemic control is known to be an indicator for insulin resistance. This study was aimed to find out the influencing factors for the fasting serum insulin levels in elderly females with normal glycemic control. One hundred thirty-eight older females aged over 60 years without diabetes medication and high blood HbA1c level were examined on the serum fasting insulin concentration, anthropometry and asked about nutrient intake and exercise habits. The elderly were categorized into 3 group according to the fasting insulin level. The high insulin group was in a state of hyperinsulinemia. Except vitamin C, the nutrient intakes showed no difference according to fasting serum insulin level. But the intakes of calorie and protein per kg body weight were significantly lower in the high insulin group. The intakes of most nutrients except vitamin B₁, C and niacin were lower than the korean RDA in all the insulin group. Especially, the intakes of vitamin B₁ and Ca were below 75% of the korean RDA. Weight, BMI, body fat percent, body fat mass and fat-free mass, circumferences of waist and hip, WHR of elderly females were significantly higher in the group with the highest insulin level. The body fat percent in the highest insulin group was 35.8%. showing a state of obesity. The high insulin group showed higher proportion of low exercise frequencies per week and short exercise duration. Therefore, the mean energy expenditure for exercise were lower in this group, showing a state of very low exercise activity. Age and waist circumference in elderly females could explain to the 14.5% variances of the fasting insulin level according to multiple stepwise regression. It can be concluded that aging and central body fat deposition influence independently the serum fasting insulin level in elderly females with normal glucose level. (*Korean J Nutrition* 35(10) : 1060~1069, 2002)

KEY WORDS: insulin, normal glucose level, elderly females, nutritional status, exercise habit, central obesity.

서 론

고인슐린혈증은 고혈압, 고지혈증, 내당능 장애와 같은 인슐린저항성 증후의 여러 대사적 장애를 초래하여 심순환 계 질환 위험을 높인다.^{1,3)} 더구나 정상적인 혈당 수준을 가진 사람의 경우 혈중의 높은 인슐린 수준은 당뇨병 발생의 요인인 인슐린 저항성을 나타내며,^{2,4)} 이는 혈압, 중성지방, 콜레스테롤 수준과 같은 심혈관 질환 위험지표와 상관없이 독립적으로 허혈성 심장 질환 위험을 증가시킨다고 한다.³⁾

우리나라 노인의 경우 만성적 질환 중 특히 당뇨병의 유병률이 높은 편으로 1998년 국민건강영양조사에 의하면

65세 이상의 경우 노인 인구 1,000명당 88명이며 여자 노인의 경우 인구 1,000명당 90명으로 남자보다 유병율이 높았다.⁵⁾ 노인의 경우 연령 증가에 따라 간에서 인슐린 민감도가 감퇴하여 고혈당과 인슐린 수준의 상승이 일어나 인슐린 저항성이 흔히 발생한다.^{6,7)} 고인슐린혈증에 의해 인슐린 저항성이 악화되면 내당능 장애 및 당뇨 질환이 쉽게 발생하므로,⁴⁾ 정상수준의 혈당조절을 나타내어도 혈중 인슐린 수준에 대한 조사는 여자노인에서 당뇨질환의 예방과 유병을 저하를 위해 중요하다.

공복 인슐린 수준과 노화와의 관계에 대해서는 많은 연구가 보고되었지만 노인을 대상으로 한 연구들은 대부분 당뇨 환자에 집중되어 비당뇨 노인을 대상으로 한 연구는 Zuphen Elderly Study⁸⁾처럼 매우 제한적인 연구만 알려져 있다. 일반적으로 노인의 경우 연령 증가에 의해 인슐린 유동성이 저하하고 간에서의 인슐린 제거율이 감소하며, 인슐

접수일: 2002년 8월 21일

채택일: 2002년 11월 18일

[§]To whom correspondence should be addressed.

린 분비도 감소한다.⁹⁾ 그러나 인슐린 작용능력 감소하는데 이는 정상 혈당수준을 나타내는 경우에도 일어나, 정상 수준의 혈당을 유지하기 위해서는 결과적으로 인슐린 수준이 노인에서 증가한다고 한다.¹⁰⁾

여성의 경우 중년기이후 일어나는 체성분의 변화와 체지방 분포 변화가 노년기에도 지속되지만 노년기에는 가령에 따라 그 양상이 변하게 된다. 체지방이나 중심성 비만의 증가는 당 대사 및 지질대사의 변화를 동반하게 되므로 인슐린 예민도 및 혈중 인슐린 수준에도 영향주게 된다.¹¹⁻¹³⁾

식이 섭취와 인슐린 저항성 및 당뇨병 발생과 밀접한 관련성은 잘 알려져 특히 식이섬유 섭취의 감소, 단순당 과다 섭취, 열량과 지방, 포화지방의 과다섭취, 그 외 아연, Cr 등 체내 미량 영양소 수준과의 관련성이 여러 연구에서 보고되었다.^{14,15)} 우리나라 노인의 경우 영양과다 뿐 아니라 영양불량 문제가 심각하여 특히 사회경제적으로 저소득층 노인에서 영양불균형이 많은데 이는 노화에 따른 생리적 식이섭취 감소와 함께 당뇨병 위험을 증가시킨다.¹⁵⁾ 특히 동양인의 당뇨병 발생은 비만보다 영양 섭취의 변화가 일조를 한다는 절약형질가설 (thrifty phenotype hypothesis)이 원인으로 지적되기도 하므로¹⁷⁾ 노인에서 인슐린 수준에 대한 영양적 요인에 대한 영향 평가가 필요하다.

나이가 장기적인 운동 습관은 비만 뿐 아니라 내당능 장애 감소와 인슐린 민감도 향상에 기여하거나,⁶⁾ 또는 간에서의 포도당 생성을 감소시켜서 인슐린 수준에 영향준다.¹⁸⁾ 신체 활동은 내장지방의 축적과 근육감퇴를 억제하게 되어 유산소성 운동과 저항성 운동은 비만이나 당뇨병환자에서 인슐린 저항성 개선에 중요하다.^{18,19)}

이와 같이 인슐린 수준에 영향주는 요인들에 대한 여러 연구들은 체지방 증가 및 중심성비만, 식이섭취의 불균형, 운동부족 등이 주요 요인으로 보고하고 있지만^{15,20)} 우리나라 비당뇨 노인을 대상으로 인슐린 수준에 대한 관련 요인을 조사한 연구는 알려져 있지 않다. 본 연구에서는 당뇨병환을 나타내지 않고 정상 수준의 혈당을 가진 여자 노인에서 나이와 혈중 공복 인슐린 수준과의 관계를 평가하고, 영양상태, 운동습관, 체격 요인과의 관계를 평가하여 고인슐린혈증이 가령에 의한 것인지 또는 체격인자나 다른 생활습관의 변화 등에 의한 것인지 평가하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 조사대상 및 시기

본 연구에서는 서울 S 보건소와 K 보건소를 중심으로 2000년 8월~2001년 11월에 걸쳐 주민 영양실태 조사를

실시하였고, 조사 피검자 중 혈중 당화혈색소 수준이 정상이고 (HbA1c ≤ 6.4%), 당뇨병환을 나타내지 않는 60세 이상의 여자 노인 138명에 대해 자료를 분석하였다.

2. 조사내용 및 방법

1) 설문조사

운동습관을 포함한 생활습관 조사는 설문지로 실시하였다. 설문조사는 잘 훈련된 영양사와 일대일 면접에 의해 운동습관, 음주, 질병여부 등에 대한 질문을 포함하고 있었다. 운동습관조사 내용은 규칙적인 운동여부, 운동의 종류, 1회 지속시간, 주당 운동횟수, 하루에 앉아서 지내는 시간 등을 포함하였다. 식이섭취조사는 24시간 회상법에 의해 하루 전날 섭취한 음식과 음료수의 양을 끼니별로 조사하였으며, 목측량은 식품모형과 음식의 눈대중치를 사용하여 추정하였다. 영양소 섭취량은 Can-pro 프로그램을 사용하여 분석하였다.

2) 신체계측조사 및 근력 측정

키는 신장계를 사용하여 0.1 cm까지 측정하였으며, 신체 조성은 Inbody 3.0 (Biospace, 한국)을 사용하여 측정하였다. 허리둘레, 엉덩이 둘레를 줄자를 사용하여 0.1 cm까지 측정하였다. 체지방 및 체지방율은 생체저항법을 이용한 체성분 분석기 (Inbody 2.0, Biospace 한국)로 측정하였다.

3) 혈청 인슐린, 혈당, 당화혈색소 분석

식사후 12시간이 지난 아침 공복상태에서 전주정맥에서 혈액을 채취하여 4, 2000 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈청을 분석 때까지 -32℃에서 냉동보관하였다. 혈액 생화학 분석기 (DT60, Johnes and Johnes USA)를 사용하여 혈청의 혈당 농도를 분석하였다. 혈중 인슐린 수준은 INC (Immuno Nucleo Cooperation, Stillwater, USA)에서 제조한 kit를 사용하여 방사면역법으로 의해 분석하였다. 혈중 당화혈색소 농도 (HbA1c, glycated hemoglobin)는 EDTA 처리한 전혈에서 Glyc-affin GHB kit (ISOLAB Co.)를 사용하여, spectrophotometer (STASAR IV)를 이용하여 415 nm에서 측정하였다.

3. 통계처리

모든 자료는 SAS 통계 프로그램 (Version 6.12)을 사용하여 분석하였다. 나이와 공복 혈중 인슐린농도, 체격과의 관계를 Pearson coefficients로 나타내었다. 그리고 공복 혈중 인슐린 수준에 따라 노인을 삼분위로 나누어 체격요인, 영양소 섭취와 운동습관을 ANOVA (Analysis of variance) 분석후 Duncan의 다중비교법에 의해 인슐린 수준

에 따른 유의성을 비교하였다. 공복 혈중 인슐린농도 변이에 대한 설명인자는 adjusted multiple stepwise regression으로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 일반적인 특징

Table 1에는 본 연구 대상자들의 일반적인 특징이 제시되어 있다. 평균 나이는 69.0 ± 5.2세이고 평균 체중은 57.7 ± 7.9 kg으로 98 국민건강영양조사의⁹⁾ 여자 노인 60세 이상 및 70세 이하의 평균 체중 56.7~51.3 kg 보다 높았고, 평균 신장은 151.15.2 cm로 98 국민건강영양조사의 평균 신장 147.1~153.2 cm의 범위 내에 있었다. 평균 BMI는 25.2 ± 3.2 kg/m²를 나타내어 98 국민건강영양조사의 평균인 23.7~21.8 kg/m² 보다 높았으며, WHO²¹⁾ 기준에 의하면 과체중 상태를 나타내었다. 그러나 조사대상자 간에 차이가 많아 BMI가 저체중 수준인 20 kg/m²이하에서 비

Table 1. General characteristics of subjects

Variables	Mean ± SD	Range
Age (year)	69.0 ± 5.2	61.0 - 87.0
Height (cm)	151.1 ± 5.2	135.0 - 165.0
Weight (kg)	57.7 ± 7.9	38.6 - 82.2
BMI (kg/m ²)	25.2 ± 3.2	16.9 - 34.9
Energy intake (kcal)	1452.5 ± 429.5	383.4 - 2938.9

Table 2. Correlation coefficients between age and insulin level, anthropometric parameter

Variables	Age
Insulin (mU/l)	0.185*
Height (cm)	-0.328***
Weight (kg)	-0.139
BMI (kg/m ²)	0.012
Fat-free mas (kg)	-0.306***
Fat mass (kg)	0.018
Fat mass (%)	0.170*
Waist circum. ¹ (cm)	0.147
Hip circum. ¹ (cm)	-0.029
WHR	0.272**

1: circumference

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

만 수준인 30 kg/m²이상까지 넓은 분포를 보였다. 공복 평균 혈청 인슐린 수준은 10.2 mU/l으로 한국인의 80 백분위에 해당하는 수준이었으며,²²⁾ 그 분포범위가 넓어 저인슐린 혈중 수준에서 고인슐린혈중 수준까지 넓은 분포를 보였다.

2. 나이와 공복 혈중 인슐린 수준 및 체격과의 관계

나이와 혈중 인슐린 수준, 체격과의 관계는 Table 2에 상관계수로써 나타내었다. 나이는 혈중 인슐린 수준과 유의한 양의 상관성을 보여 ($p = 0.04$) 가령과 함께 인슐린 수준의 변화가 일어남을 보였다. 또한 나이는 신장, 체지방량과 음의 상관성을 보였으나 ($p = 0.0001$, $p = 0.0003$), 체중, BMI, 체지방량 및 체지방율과는 상관성을 보이지 않았다. 한편 허리와 둔부 둘레는 노인의 나이와 상관성이 없으나 허리-둔부둘레비 (WHR)는 양의 상관성을 보였다 ($p = 0.001$). 이러한 결과는 가령에 의해 체중과 체지방량의 변화보다는 신장과 체지방량 감소, 중심성 비만이 우선적으로 일어나므로 여자노인의 노화는 체지방 축적과는 관련이 없으나 중심성 비만 증가와 관련이 있음을 보였다. 본 연구의 결과는 노인에서 중심성 비만이 증가하고 체지방량이 감소하는 중년기 등의 성인층을 대상으로 한 다른 연구 결과들과 부분적으로 일치하지만,²³⁾ 체지방 분포를 제외한 비만지표들이 가령과 관련이 없는 점은 여자 노년기에는 중년기에 일어나는 연령 증가에 의한 체격변화와는 다른 양상의 체격변화가 일어남을 반영한다. 따라서 여러 연구에서 인슐린 저항성과 밀접하게 관련이 있다고 알려진 나이와 체격의 두 요인이 중년기와는 달리, 정상 혈당을 가진 노년기 여자에서는 서로 일치하지 않거나 상반된 영향을 발휘할 수 있다. 그리하여 본 연구에서는 다중회귀 분석에서 체격요인을 인슐린 변화의 주요 요인으로 고려할 뿐 아니라, 연령도 독립적 인자로 간주하여 분석을 하고자 한다.

3. 공복 인슐린 수준에 따른 혈당, 혈중 HbA1c 농도

공복 인슐린 수준에 따라 조사대상자를 삼분위로 나누어 공복 인슐린 수준과 혈당, 혈중 HbA1c수준을 Table 3에 제시하였다. 혈당 상태는 모두 정상 수준이며 인슐린 수준에 따라 차이를 보이지 않았다. 그러나 혈중 당화혈색소 수준은 본 실험실에서 사용하는 정상기준치인 6.4%이하여서 모두 정상범위이나 저인슐린군에 비해 중인슐린군, 고인슐

Table 3. Fasting insulin, glucose, and HbA1c concentrations in blood by insulin category

Variables	Low insulin	Medium insulin	High insulin
Insulin (mU/l)	4.2 ± 1.0 ^{a1}	8.5 ± 1.4 ^b	17.7 ± 11.9 ^c
HbA1C (%)	5.0 ± 0.5 ^b	5.4 ± 0.5 ^a	5.5 ± 0.5 ^a
Glucose (mg/dl)	104.4 ± 54.0	94.9 ± 22.8	100.9 ± 18.2

1: Means with different letters within a row are significantly different from each other at $p < 0.05$

린군에서 유의적으로 높았다. 이와 같이 조사된 노인 모두에서 혈당 및 당화혈색소가 정상수준에 있었지만, 노인들을 인슐린 수준은 차이를 유의적 차이를 보였는데, 고인슐린 노인군의 평균 공복 혈중 인슐린 농도는 17.7 mU/l으로 Lakka 등²⁴⁾의 연구에서 고인슐린혈증 판정기준치로 사용된 12.0 mU/l보다 높은 고인슐린혈증을 나타내었다. 이와 같이 혈당이나 당화혈색소 수준이 정상 수준임을 고려할 때 본 연구의 고 인슐린 노인군의 고인슐린혈증은 인슐린 민감도가 낮은 인슐린 저항성 상태라고 할 수 있었다.

4. 공복 인슐린 수준에 따른 영양상태

Table 4에 여자노인들의 영양소 섭취량을 제시하였으며, 또한 2000년에 발표된 한국인 영양 권장량²⁵⁾의 연령별 기준치를 사용하여 권장량에 대한 비율을 제시하였다. 노인 여자들의 영양소 섭취량은 비타민 C를 제외하고는 공복 인슐린 수준에 따른 유의적 차이를 보이지 않았다. 그러나 대부분의 영양소 섭취량이 고인슐린 집단에서 유의적은 아니지만 낮은 경향을 보였다.

그리고 섭취에너지의 구성을 보면 탄수화물이 67.1~69.8%, 지방이 15.8~18.4% 단백질이 14.7~15.4%를 보여 세 노인 집단이 유의적 차이를 보이지 않았으며 세 노인 층에서 탄수화물 비율이 한국인 식사지침의 권장비율인 60~65%보다 높아 전체적으로 탄수화물에 대한 열량공급 의존 비율이 높은 편이었다. 열량에 대한 단백질 섭취비율은 고인슐린 노인집단에서 가장 낮은 경향을 보였다. 한편 체격

차이를 고려한 영양소 섭취량을 나타내고자 체중 1 kg당 열량과 단백질 섭취량도 Table 4에 함께 제시하였다. 체중 1 kg당 열량은 고인슐린 노인군에서 유의적으로 낮아 일반적으로 노인에서 권장되는 수준인 27~30 kcal 보다 낮았다. 체중 1 kg당 단백질 섭취는 세 노인군에서 0.84~1.0 g 수준으로 고인슐린 노인군에서 유의적으로 낮았다. 이러한 결과에 따르면 고인슐린혈증과 인슐린 저항성 예방을 위해 여자 노인에서 한국인 영양권장수준인 체중 1 kg당 1 g 정도의 단백질과 27 g 정도의 열량섭취가 필요하다고 하겠다.

영양권장량에 대한 영양소 섭취비율은 Table 5에서 보듯이 세 집단 모두 비타민 B₁과 C, niacin, 단백질 섭취량을 제외한 대부분의 영양소 섭취량이 한국인 권장량에 미달하였고, 특히 비타민 B₂, A와 칼슘의 섭취량은 권장량의 75% 수준이거나 이보다 낮아 심한 영양불량상태에 있었다. 그리고 비타민 C의 권장량에 대한 섭취비율은 고인슐린군에서 저인슐린군에 비해 유의적으로 낮으나 그 외 영양소들은 인슐린 수준에 따른 차이를 보이지 않았다. 비타민 C는 항산화 영양소로 비타민 E와 함께 인슐린 민감도를 높이며 당의 세포내의 이동에 영향주어 당뇨병에서 그 요구량이 증가하고, 당뇨병자의 영양보조제로써 유용함이 주장되고 있다.²⁶⁻³⁰⁾ 이때 영양보조제로써 비타민 C는 약 200~600 mg 섭취할 것이 권장되고 있다.^{29,30)} 본 연구에서 세 노인군에서 모두 영양보조제로 권장되는 양보다 낮고, 고인슐린군에서도 비타민 C섭취가 권장수준보다 부족하지는 않지만 저인슐린 군에 비해 낮은 결과는 당뇨병자에서 비타민 C 요구

Table 4. Nutrient intakes according to insulin category

Variables		Low insulin	Medium insulin	High insulin
Energy	(kcal)	1450.2 ± 438.4	1492.0 ± 376.2	1414.1 ± 474.7
	(kcal/wt. kg)	26.1 ± 8.5 ^{a1}	27.4 ± 6.3 ^a	23.0 ± 7.4 ^b
Protein	(g)	55.9 ± 20.2	56.6 ± 19.0	51.7 ± 20.2
	(%)	15.4 ± 3.2	15.0 ± 2.6	14.7 ± 2.5
	(g/wt. kg)	1.01 ± 0.4 ^a	1.04 ± 0.4 ^a	0.84 ± 0.3 ^b
Fat	(g)	27.6 ± 15.9	31.9 ± 16.4	25.8 ± 20.9
	(%)	16.7 ± 7.3	18.4 ± 6.7	15.8 ± 7.3
Carbohydrate	(g)	247.8 ± 73.9	246.9 ± 55.7	244.5 ± 77.3
	(%)	68.9 ± 8.8	67.1 ± 8.1	69.8 ± 8.7
Fiber	(g)	7.13 ± 2.9	6.69 ± 3.4	6.32 ± 3.1
Ca	(mg)	521.7 ± 269.1	491.0 ± 262.4	426.3 ± 245.4
Fe	(mg)	12.5 ± 7.8	11.3 ± 5.6	10.4 ± 5.3
Vit. A	(µg R.E)	712.9 ± 1078.5	638.5 ± 746.0	529.3 ± 451.6
Vit. B ₁	(mg)	0.99 ± 0.42	1.04 ± 0.42	0.94 ± 0.38
Vit. B ₂	(mg)	0.82 ± 0.58	0.82 ± 0.42	0.71 ± 0.31
Niacin	(µg N.E)	12.9 ± 6.0	12.2 ± 3.6	13.1 ± 6.19
Vit. C	(mg)	133.6 ± 87.0 ^a	98.0 ± 64.3 ^b	98.2 ± 51.1 ^b

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

량이 증가한다는 연구 결과와 유사하다. 본 연구 결과는 혈당 조절이 정상이어도 고인슐린혈증을 나타내는 여자노인의 경우 인슐린 민감도를 높이기 위해 현재 제시된 영양권장량보다 비타민 C 섭취량이 증가할 필요성을 제시하나 그러한 결론도출을 위해서는 먼저 고인슐린혈증을 나타내는 노인들을 대상으로 비타민 C 섭취증가 효과에 대한 평가연구가 선행되어야 하겠다.

우리나라 노인들에 대한 영양연구들에 의하면 일반적으로 영양과잉 뿐 아니라 만성적인 영양부족의 문제도 심각하며 이는 대도시 지역의 노인, 특히 양로원 등 시설 거주 노인에서 많이 나타났다.^{30,31)} 본 연구 대상자들은 시설에 거주하는 노인은 아니나, 대개 보건소에 내소하는 재가노인들로서 병원에 내원하여 치료를 받을 수 있는 노인들 보다 사회경제적으로 취약한 계층일 수 있다. 대부분의 우리나라 노인 영양 연구에서 부족하다고 알려진 열량, 비타민 A와 B₂, 칼슘의 섭취가 본 연구 대상자들에서도 심각하게 부족하였으며 이러한 영양불균형은 혈중 인슐린 수준이 높은 노인에서 더 심각하였다. 이는 저소득층의 노인에서 당뇨병 예방과 고인슐린혈증 역제를 위해 노인이나 그 가족을 대상으로 한 충분한 영양소 공급과 균형적인 식생활에 대한 보건

영양교육이나 영양중재가 필요함을 반영한다.

5. 혈중 인슐린 수준과 체격과의 관계

인슐린 수준에 따른 여자 노인들의 체격은 Table 6에 제시하였다. 신장은 혈중 인슐린 수준에 따른 차이를 보이지 않았지만, 체중과 BMI는 고인슐린군이 다른 인슐린군에 비해 유의적으로 높아 BMI 26.8 kg/m²인 과체중상태를 보였다. 이와 마찬가지로 체지방량, 체지방율도 인슐린 수준증가에 따라 비례적인 증가는 아니지만 고인슐린 노인군에서 유의적으로 높아 체지방율 35.8%인 지방과다 상태를 나타내었다. 상기에 보고한 바와 같이 본 연구에서 고인슐린 노인군의 열량섭취량은 높지 않지만 지방과다 및 과체중 상태를 보이는데, 이는 1998 국민건강영양조사에서 과체중 또는 비만한 사람들의 에너지 섭취량도 정상인에 비해 높지 않으며 이들의 비만은 주로 낮은 신체 활동과 에너지 소비가 주요 요인이라는 보고를¹⁶⁾ 지지하는 결과이다. 본 연구에서 체질량지수에 비추어 보면 고인슐린 노인군의 비만이 심각한 상태는 아니나, 체지방율이 높은 비만 상태를 나타내었는데 일반적으로 체질량지수는 체지방 뿐 아니라 신장에 대한 골격크기 및 근육량도 포함하기 때문에 비만과 질

Table 5. Nutrient intakes as percentage of Korean RDA by insulin category

Variables	Low insulin	Medium insulin	High insulin
Energy	83.4 ± 24.2	87.0 ± 21.9	81.9 ± 27.4
Protein	101.6 ± 36.7	103.0 ± 34.6	94.0 ± 36.8
Ca	74.5 ± 38.4	70.1 ± 37.5	60.9 ± 35.1
Fe	104.4 ± 65.0	94.3 ± 46.3	86.9 ± 44.3
Vit. ¹ A	101.8 ± 1.5	91.2 ± 106.6	75.6 ± 64.6
Vit. ₁	99.3 ± 42.3	104.2 ± 42.4	93.6 ± 37.8
Vit. B ₂	68.3 ± 49.0	68.6 ± 35.0	59.4 ± 26.1
Niacin	99.2 ± 46.0	94.1 ± 27.5	100.5 ± 47.6
Vit. C	190.9 ± 124.3 ²	140.0 ± 91.9 ^b	140.3 ± 73.0 ^b

1: vitamin

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

Table 6. Anthropometry by insulin category

Variables	Low insulin	Medium insulin	High insulin
Height (cm)	150.5 ± 5.0	151.0 ± 5.1	151.9 ± 5.5
Weight (kg)	57.0 ± 7.9 ^{b2}	54.5 ± 7.1 ^b	61.9 ± 6.8 ^a
BMI (kg/m ²)	25.1 ± 3.2 ^b	23.9 ± 2.9 ^b	26.8 ± 2.6 ^a
Fat-free mas (kg)	37.2 ± 4.0 ^b	36.8 ± 3.8 ^b	39.6 ± 3.7 ^a
Fat mass (kg)	19.8 ± 5.0 ^b	17.7 ± 4.4 ^c	22.3 ± 4.4 ^a
Fat mass (%)	34.2 ± 5.0 ^a	32.2 ± 4.9 ^b	35.8 ± 3.9 ^a
Waist circum. ¹ (cm)	81.5 ± 8.1 ^b	80.5 ± 7.8 ^b	86.5 ± 7.8 ^a
Hip circum. (cm)	94.8 ± 6.7 ^{ab}	92.2 ± 5.6 ^b	97.3 ± 6.7 ^a
WHR	0.86 ± 0.05 ^b	0.87 ± 0.06 ^{ab}	0.89 ± 0.06 ^a

1: circumference

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

병과의 관계에 대한 역학 연구에서는 체질량지수보다는 체지방율을 비만지표로 활용하는 것이 가령에 따른 영향이나 대사 장애와의 관계를 정확하게 평가할 수 있다고 본다.

체지방의 분포를 보기 위해 측정된 허리둘레, 둔부둘레는 고인슐린 노인층에서 유의적으로 높았으며, 이들의 비인WHR도 혈중 인슐린 수준 증가에 비례하여 유의적으로 증가하였다. 그리고 평균 WHR은 세 노인군 모두 0.85이상으로 정상보다 높은 중심성 비만을 나타내었으며, 이러한 중심성 비만은 인슐린수준이 증가할수록 심각하였다.

본 연구에서 노인의 장기적 혈당조절 상태를 나타내는 혈중 HbA1c 농도는 모두 정상상태에 있기 때문에 인슐린수준의 증가는 인슐린 저항성을 나타낸다고 하겠다. 따라서 인슐린 수준의 증가에 따라 체지방율과 WHR 수준이 증가한 것은 많은 연구에서 알려진 바와 같이 비만과 중심성 비만은 인슐린 저항성과 밀접한 관련이 있음을 보여준다. 특히 중심성 비만은 우리 국민에서 비만하지 않는 경우에도 흔히 나타나 중년기 이후와 노년기에서 인슐린 저항성의 가장 주요한 요인으로 알려져 있다. 중심성 비만에 따른 복부내장지방의 축적은 다른 지방조직보다 지방분해가 용이하여 문맥혈의 유리지방산 수준을 쉽게 높여 간의 중성지방 합성을 증가시켜 고지혈증을 유도하고 간으로부터 포도당 방출을 높이고, 말초순환계의 유리지방산 수준도 증가시켜 골격근육으로 포도당 유입을 억제하여 인슐린 저항성을 유

도하게 된다.

한편 근육량과 골질량을 나타내는 제지방량은 고인슐린군에서 유의적으로 높았다. 연령 증가에 따른 근육감소는 인슐린 저항성과 당 및 지방대사에 영향준다고 알려져 있다.¹⁹⁾ 간, 지방조직과 함께 근육은 인체의 주 인슐린 반응기관으로 산화적, 비산화적 포도당 이용의 80~85%가량이 근육에서 일어나므로, 노화에 의한 근육 감소는 대사능력을 심각하게 감소하게 한다. 이는 복부내장지방의 축적과 함께 공복 인슐린 수준에 영향주게 되어 인슐린 저항성 촉진에 기여할 것으로 보인다. 그러나 본 연구에서 인슐린 저항성을 나타내는 고인슐린군에서 근육량의 지표로 이용되는 제지방 조직량이 높은 점은 높은 체중과 관련이 있겠지만 한편으로 이는 노인의 근육감소 (sarcopenia) 및 제지방 감소는 인슐린 저항성과 관련성이 없는 것을 나타낸다. 본 결과는 노화에 따라 근육의 인슐린 민감도가 감퇴하며²⁰⁾ 근육이나 제지방의 열량대사에 대한 양적 영향이 감소한다는 연구들¹⁹⁾ 지지하지 않는 결과이다. 그러나 당뇨나 인슐린 저항성 환자의 경우 당대사에 대한 인슐린 작용은 감소하였지만 지방과 단백질 등 다른 영양소의 대사에 대한 기능은 별로 변화하지 않아, 혈중 인슐린수준이 증가하면 단백질 합성 및 이동 등이 증가한다는 보고와는¹⁴⁾ 일치하는 결과라고 할 수 있다.

Table 7. Exercise habits by insulin category

Variables		Low insulin	Medium insulin	High insulin	Total	χ^2 (p)
Participation	No	13 (25.0)	17 (40.5)	20 (50.0)	50 (37.3)	6.3 (0.04)
	Yes	39 (75.0)	25 (59.5)	20 (50.0)	84 (62.7)	
	Total	52 (38.8)	42 (31.3)	40 (29.9)	134 (100.0)	
Types	No	12 (23.1)	16 (39.0)	19 (47.5)	47 (35.3)	12.5 (0.05)
	Aerobic, Tennis, Golf, etc	35 (67.3)	23 (56.1)	17 (42.5)	75 (56.4)	
	Health & stretching	0 (0)	0 (0)	2 (5.0)	2 (1.5)	
	Others	5 (9.6)	2 (4.9)	2 (5.0)	9 (6.8)	
Total	52 (39.1)	41 (30.8)	40 (30.1)	133 (100.0)		
Frequency (week)	≤ 1	19 (38.0)	25 (61.0)	25 (64.1)	69 (53.1)	9.9 (0.04)
	2~3	11 (22.0)	9 (22.0)	4 (10.3)	24 (18.5)	
	≥ 4	20 (40.0)	7 (17.1)	10 (25.6)	37 (28.5)	
	Total	50 (38.5)	41 (31.5)	39 (30.0)	130 (100.0)	
Duration (day)	< 30 min	17 (34.0)	19 (45.2)	23 (57.5)	59 (44.7)	15.7 (0.02)
	30 ≤ < 1 hr	19 (38.0)	6 (14.3)	5 (12.5)	30 (22.7)	
	1 hr ≤ < 2 hr	8 (16.0)	12 (28.6)	11 (27.5)	31 (23.5)	
	2 hr ≤	6 (12.0)	5 (11.9)	1 (2.5)	12 (9.1)	
	Total	50 (37.9)	42 (31.8)	40 (30.3)	132 (100.0)	
Mean time (hr/day)		0.55 ± 0.65	0.43 ± 0.57	0.35 ± 0.54	0.45 ± 0.59	
Mean energy expenditure for exercise		190.0 ± 292.4 ^{a1}	81.5 ± 110.9 ^b	92.7 ± 164.8 ^b	124.4 ± 213.0	

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

6) 인슐린 수준과 운동습관

운동습관으로 주당 운동횟수, 하루 운동시간과 운동으로 소모하는 열량, 앉아 있는 시간 등은 Table 7에 나타내었다. 운동 습관에 대해 대답한 전체 노인중 규칙적으로 운동을 실시하는 노인비율은 62.7%이나 이는 인슐린 수준에 따라 차이를 보여 저인슐린 노인에서는 규칙적으로 운동하는 노인비율이 75.0%이었지만 고인슐린노인 층에서는 50%에 불과하여 인슐린 수준이 증가할수록 규칙적으로 운동하는 비율이 감소하였다. 주당 운동횟수는 일주일에 4회 이상 하는 경우가 28.5%로 전체 노인의 1/3에도 모자랐고, 매일 규칙적으로 하는 경우는 전체의 1/5에 불과하였다. 인슐린 수준에 따른 차이를 보면 저인슐린 군에서는 일주일에 나흘 이상 운동하는 비율이 40%인 반면, 운동을 하지 않거나 하루정도 운동하는 경우가 38%이나, 고 인슐린군에서는 각각 25.6%, 64.1%가 되어 여자 노인들의 혈중 인슐린 수준이 높을수록 주당 운동횟수가 적었다.

운동시 1회 운동 지속시간을 보면 응답 노인에서 1시간 미만인 경우가 64.7%로, 운동을 하는 경우에도 지속시간이 매우 짧았다. 매 운동시 운동지속시간이 30분 이상인 경우가 저인슐린 노인군에서는 66%, 고인슐린 노인군에서는 42.5%로 운동 지속시간도 인슐린 수준에 따른 차이를 나타내었다. 일반적으로 건강을 위한 운동 지속시간으로 30분~1시간을 권장하고 있는 점을 고려하면, 본 연구의 고인슐린 군은 운동횟수 뿐 아니라 건강을 위한 최소한의 운동지속시간도 유지하지 못하는 경우가 많다고 하겠다.

운동 종류를 보면 걷기, 수영 등의 지구성 운동을 하는 경우가 응답노인의 56.4%를 차지하고 저항성 운동을 하는 경우는 없었다. 저인슐린 노인군의 67.3%, 고인슐린노인의 42.5%가 걷기, 에어로빅, 등의 지구성 운동을 하고 있어 인슐린 수준이 높을수록 지구성 운동을 하는 비율이 낮았다.

주당 운동횟수와 1회 운동지속시간을 곱한 후 7일로 나누어 하루에 시행하는 평균 운동시간을 계산하였다. 평균 하루 운동시간은 21~32분으로 일반적으로 권장하는 운동시간인 40분~1시간보다 매우 낮은 편이었다. 평균 운동시간은 세 인슐린 집단에서 유의적 차이를 보이지 않았지만 고인슐린 노인군에서 가장 낮았다.

운동에 의해 소모하는 열량소비량은 평균 하루 운동시간과 주당 운동횟수와 운동종목에 따른 시간당 열량소비량을 사용하여 계산하였다. 세 노인층 모두 하루 운동으로 소모하는 열량이 200 kcal 이내로 운동으로 소모하는 열량이 일반적으로 매우 낮았다. 인슐린 수준에 따라 운동 열량이 유의적 차이를 보여 저인슐린군에 비해 고인슐린 노인층의 열량 소모량이 낮아 하루 92 kcal에 불과하였다.

이와 같이 여자 노인들의 운동빈도나 운동시간이 전체적으로 낮을 뿐 아니라, 인슐린 수준이 높을수록 운동빈도, 운동지속시간, 운동 열량, 지구성 운동실시 등의 운동습관이 나쁜 편이었다. 이러한 결과는 본 연구에서 고인슐린군에서 체중당 에너지섭취가 낮지만 비만 정도가 가장 높았던 점에 비추어 보면 고인슐린혈중 예방을 위해서는 신체활동증가에 의한 에너지 소비 증대가 필요함을 보인다.

일반적으로 당뇨병질환 및 인슐린 저항성 개선을 위해 식이요법 이외에도 운동요법이 많이 이용되는데, 운동 요법으로 지구성 뿐 아니라 저항성 운동의 효과도 많이 알려져 있다. 운동은 체지방 및 복부지방의 감소, 노인의 근육감퇴 억제 및 근육증대, 근육의 인슐린 민감성을 증가시켜 당대사를 개선하는데, 이러한 효과는 운동의 종류와 강도, 빈도, 지속시간에 따라 다양하게 결정된다.^{18,19,33-35)} Oshida 등³⁶⁾은 비당뇨인에게 하루 1시간 이상 1년 동안 저항도의 운동을 매일 규칙적으로 실시하였을 때 BMI나 최대 산소 섭취량은 변화가 없었지만 인슐린의 당과 지방대사에 대한 작용이 개선되고 평형상태에서의 혈장 인슐린 수준이 감소하였고 보고하였다. 본 연구의 저인슐린 노인군은 지구성 운동빈도가 4회 이상이며 일회 30분 이상 실시하는 빈도가 높으므로, 지구성 운동을 규칙적으로 일주일에 최소한 4회 이상 실시는 여자 노인의 인슐린 저항성 개선에 유리할 것으로 보인다. 이와 같이 본 결과는 당뇨병 질환자 뿐 아니라 당뇨병환이 아직 발생하지 않은 노인의 경우에도 인슐린수준 및 인슐린 저항성 향상을 위해 운동 습관을 유지하는 것이 중요함을 보였다.

7) 공복 인슐린 수준의 변이

위에서 보고한 바와 같이 여자 노인의 혈중 공복 인슐린 수준은 가령, 영양상태, 체격, 그리고 운동습관 등과 관련성을 보였다. 그러나 노인에서 이러한 식생활 및 운동습관, 체격은 서로 상호관련성을 갖으며 이들 인자들은 또한 가령에 의해 영향을 받으므로 전체적으로 각 요인들은 다른 요인들에 의해 간섭받아 인슐린 수준에 영향을 미칠 수 있다. 그리하여 본 연구에서는 공복 인슐린 수준과 관련성이 나타난 요인들을 독립변수로, 공복 인슐린 농도를 종속 변수로 하여 다중회귀분석을 실시하여 공복 인슐린 수준을 직접적으로 영향주는 요인들을 찾고자 하였다. Table 8에 나타나 있듯이 나이와 허리둘레는 공복 혈중 인슐린 수준에 직접적으로 영향줄 수 있음을 보였다. 허리 둘레는 혈중 인슐린 수준 변이의 10.8%를 설명하여 연령증가와 상관없이 인슐린 수준에 독립적으로 영향을 주며, 반면에 식이섭취, 운동습관은 공복 인슐린 수준에 독립적이고 직접적인 영향을 주지

Table 8. Predictors for the fasting insulin level in female elderly

Dependent independent	Variable variables	b	SE (b)	t-test	p-value	Beta	Beta × r × 100
Insulin	Intercept	-51.9360	15.1173	-3.436	0.0009		
	Age	0.4384	0.1810	2.422	0.0173	0.2278	3.7
	Waist	0.3955	0.1169	3.383	0.0010	0.3182	10.8
						R ² of model (%) = 14.5	
						Adjusted R ² (%) = 13.7	
Age-adjusted insulin	Intercept	-19.9113	8.7744	-2.269	0.0253		
	Waist	0.3501	0.1068	3.277	0.0014	0.3033	9.18
						R ² of model (%) = 9.18	
						Adjusted R ² (%) = 0.08	

r = Pearson correlation coefficient

못하고 연령 증가나 중심성 비만을 통해 인슐린 수준에 간접적으로 영향을 줄 것으로 보인다.

많은 연구에서 체지방의 증가 즉 비만은 공복 인슐린 수준 및 인슐린 저항성에 영향주는 것으로 보고되었지만, 본 연구 결과에서는 혈당 수준이 정상인 여자 노인에서는 체지방은 가령에 의해 증가하여 인슐린 수준에 간접적으로 영향을 줄 수 있으나 비만 자체가 독립적으로 영향주지는 않으며 비만하지 않더라도 가령에 의해 인슐린 수준이 증가되는 것으로 나타났다. 이런 결과는 18~85세의 광범위한 나이의 건강인을 대상으로 인슐린 수준이 나이 자체보다 나이 변화에 따른 체구성의 변화나 신체활동 변화에 따른 이차적인 것이라는 Ferranini 등¹⁰⁾과 Pagano 등⁹⁾의 결과와는 상반된다. 그러나 본 연구에서는 오직 60세 이상의 여자 노인을 대상으로 하여, 청년에서 중년까지는 체지방 축적이 당내성의 결정인자이지만 노인에서 가령은 체구성의 변화나 신체 활동의 감소, 식이섭취와 상관없이 독립적으로 인슐린 수준을 증가시킬 수 있음을 보인 Shimakata 등³⁷⁾의 결과와 일치하였다. 노인들을 대상으로 한 선행 연구들에 의하면 노화가 일어나면서 인슐린의 분비 증가⁹⁾와 제거율 감소, 인슐린의 간에서 당생성 억제력 감소,^{12,38)} 그리고 체성분 변화로 인한 체지방 증가¹⁰⁾ 및 근육 감소,¹⁹⁾ 인슐린의 순환계에서 유리지방산 공급 억제 감소,¹⁰⁾ 근육의 호흡기능 변화에 따른 당 산화력 감소 및 지방이용 선호도 증가³³⁾ 등 다양한 요인들이 인슐린 수준증가에 기여한다고 보고되고 있다.

본 연구에서 인슐린 수준에 따라 영양소 섭취가 차이를 보였지만 인슐린 수준에 영향주는 일차적인 요인은 아니었다. 본 연구에서 체중당 열량섭취의 부족이나 비타민 C 섭취의 증가는 인슐린 수준과 관련이 있어 인슐린 저항성환자의 경우 일반적으로 권장되고 있듯이 항산화 영양소의 섭취 증가와 충분한 영양섭취가 필요할 것으로 짐작되지만 노인에서 인슐린 수준은 우선적으로 가령과 중심성 비만에 영향

받을 보였다.

운동도 본 연구에서 혈중 인슐린 수준에 직접적 영향은 발휘하지 않았는데 이는 지속적인 지구성 운동은 비만자나 당뇨병환자의 심폐기능 향상을 유도하였지만 인슐린 민감도 향상의 독립적인 요인은 되지 않는다는 Segal 등¹⁸⁾의 결과와 유사하다. 그리고 노인에서 근력 운동에 의해 인슐린 반응이 향상된 Miller 등³⁴⁾의 연구나 장기적인 운동중재를 실시하였을 때 당내성 향상 측면에서 지구성 운동보다 저항성 운동이 우수하다는 보고에³⁴⁾ 달리 본 연구 노인들은 인체당 이용의 85%가 일어나는 근육을 강화하는 저항성 운동을 하는 경우가 거의 없지만 지구성 운동에 의해 인슐린 수준이 낮았다. 그러나 Kirwan 등⁷⁾과 Pratley 등⁶⁾의 연구에 의하면 지구성 운동을 정기적으로 하는 노인이나 장기적 지구성 선수생활을 한 노인에서 중심성 비만정도가 낮았다. 이와 같이 운동은 비만 뿐 아니라 중심성 비만, 근육을 포함한 체지방량에도 영향주게 되는데, 본 연구의 저인슐린 노인군은 주로 지구성 운동습관을 갖고 있으면서 중심성 비만이 낮았다. 따라서 본 연구에서 운동습관이 인슐린수준에 대해 직접적인 영향을 보이지 않는 사실은 운동습관이 중심성 비만을 저하시켜서 이차적으로 인슐린 수준에 영향 주기 때문으로 보인다.

한편 본 연구에서 허리둘레 증가는 나이에 보정하고도 혈중 인슐린 수준에 독립적으로 영향주어 직접적 요인임을 보였는데, 이는 중심성 비만 중 복부내장 지방의 증가에 의한 영향이라고 할 수 있다. Barzilai 등³⁸⁾은 동물실험에서 말초부위보다 간의 인슐린 민감도 감소가 노화된 동물의 공복 인슐린 수준을 결정하며, 복부지방감소에 의해 인슐린의 간에서의 민감도 감소가 개선됨을 보였다. 그리고 열량섭취 감소시 나타나는 복부지방의 감소에 의해 간조직의 인슐린 작용성 및 인슐린 수준이 개선되어 복부지방감소가 간의 인슐린 작용개선의 일차적인 요인임을 보였다. 마찬가지로 본 연구에서도 인슐린 수준 변화에 체지방축적이나 근육감소

가 일차적인 요인이 되지 않고 나이와 중심성 비만이 공복 인슐린 수준을 결정하는 일차적인 요인들임에 비추어 보면 노인에서 공복 인슐린 수준을 저하시키고 인슐린 저항성을 개선하기 위해 식이 요법, 운동 등의 생활 요법은 체지방 감소보다는 복부지방 감소를 우선적으로 유도하도록 진행되어야 할 것이다.

요약 및 결론

본 연구는 장기적으로 정상적 혈당조절상태를 나타내는 여자노인들에서 가령과 공복 인슐린 수준과의 관계를 살펴 보고, 인슐린 수준과 식이섭취, 운동습관, 체격과의 관계를 평가하여 노인에서 인슐린 수준이 가령에 의한 것인지 또는 가령에 따른 다른 인자나 생활 습관에 의한 것인지 평가하고자 하였다.

나이는 혈청 인슐린 수준과 양의 상관성을 보였다. 그리고 나이와 WHR은 양의 상관성을 보였으나, 신장, 체지방은 음의 상관성을 보였다. BMI, 체지방량, 체지방율은 노인의 나이와 상관성을 보이지 않았으나 WHR은 양의 상관성을 보였다. 공복 혈중 인슐린 수준에 따라 노인들을 저인슐린군, 중인슐린군, 고인슐린군으로 삼분위로 분류하였을 때 고인슐린군은 고인슐린혈중 상태에 있음을 보였다. 영양소 섭취량은 비타민 C를 제외하고는 혈중 인슐린 수준에 따라 차이를 보이지 않으며 세 집단에서 모두 비타민 B₁, C, niacin의 섭취량을 제외한 영양소 섭취량은 한국인 권장량에 미달하였다. 노인집단 전체적으로 비타민 B₂와 칼슘의 섭취량은 권장량의 75%보다 낮아 필수 영양소 섭취가 부족하였는데 이런 양상은 고인슐린군에서 더욱 심한 편이나 유의성은 없었다. 고인슐린 노인군은 체중, BMI, 체지방량, 체지방율은 유의적으로 높아 과체중 및 지방과다 상태를 나타내었다. 허리 둘레, WHR 등은 고인슐린 노인군에서 유의적으로 높았으나 WHR은 세인슐린 노인군 모두 0.85를 넘어 중심성 비만상태를 보였다. 규칙적인 운동의 실시, 주당 운동빈도, 1회 운동지속시간, 운동으로 소모하는 열량 및 지구성 운동실시 등의 운동습관은 고인슐린 노인군에서 다른 인슐린 노인군에 비해 나쁜 경향을 보여 운동습관이 인슐린 수준과 관련성이 있음을 보였다. 공복 인슐린 수준에 직접적으로 영향주는 인자를 찾기 위해 다변량 단계적 회귀 분석을 실시하였을 때 혈청 인슐린농도는 나이와 허리둘레에 의해 직접적으로 영향받으며, 운동습관 체지방과 식이섭취는 공복 인슐린 수준에 직접적으로 영향주지는 않았다.

이와 같이 정상수준의 혈당을 나타내는 여자노인의 공복

혈중 인슐린 수준은 운동습관, 식이섭취 체지방 등과 관련이 있지만 이러한 요인들에 직접 영향받지는 않으며 가령과 중심성 비만에 의해 주로 결정됨을 보였다. 따라서 당뇨병 예방과 인슐린저항성 개선을 위해서는 노인의 식생활과 운동습관 등의 개선은 체지방 축적 억제보다는 중심성 비만의 억제가 선행되어야 한다.

Literature cited

- 1) Lissner L, Bengtsson C, Lapidus L, Kristjansson K, Wedel H. Fasting insulin in relation to subsequent blood pressure changes and hypertension in women. *Hypertension* 20(6): 797-801, 1992
- 2) Mykkanen L, Haffner SM, Ronnema T, Bergman RN, Laakso M. Low insulin sensitivity is associated with clustering of cardiovascular disease risk factors. *Am J Epidemiol* 146: 315-321, 1997
- 3) Despres JP, Lamarche B, Mauriege P, Cantin B, Dagenais GR, Moorjani S, Lupien PJ. Hyperinsulinemia as an independent risk factor for ischemic heart disease. *New Engl J Med* 334(15): 952-957, 1996
- 4) Haffner SM, Miettinen H, Gaskill SP, Stern MP. Decreased insulin action and insulin secretion predict the development of impaired glucose tolerance. *Diabetologia* 39(10): 1201-1207, 1996
- 5) Ministry of Health and Welfare. Report on 98 National Health and Nutritional Survey, 1999
- 6) Pratley RE, Hagberg JM, Rogus EM, Goldberg AP. Enhanced insulin sensitivity and lower waist-to-hip ratio in master athletes. *Am J Physiol* 268(3 pt 1): E484-E490, 1995
- 7) Kirwan JP, Kohrt WM, Wojta DM, Bourey RE, Holloszy JO. Endurance exercise training reduces glucose-stimulated insulin levels in 60 to 70-year-old men and women. *J Gerontol* 48(3): M84-M90, 1993
- 8) Feskens EJ, Kromhout D. Hyperinsulinemia, risk factors, and coronary heart disease. The Zutphen Elderly Study. *Arterioscler Thromb* 14(10): 1641-1647, 1994
- 9) Pagano G, Marena S, Scaglione L, Bodoni P, Montegrosso G, Bruno A, Cassader M, Bonetti G, Carvallo Perin P. Insulin resistance shows selective metabolic and hormonal targets in the elderly. *Eur J Clin Invest* 26(8): 350-356, 1996
- 10) Ferranini E, Vichi S, Beck-Nielson H, Laakso M, Paolisso G, Smith U. Insulin action and age. European Group for the study of insulin resistance (EGIR). *Diabetes* 45(7): 947-953, 1996
- 11) Cases JA, Barzilai N. The regulation of body fat distribution and the modulation of insulin action. *Int. J. Obes Relat Metab Disord* 24, suppl 4: s63-66, 2000
- 12) Gupta G, Case JA, She L, Ma XH, Yang XM, Hu M, Wu J, Rossetti L, Barzilai N. Ability of insulin to modulate hepatic glucose production in aging rats is impaired by fat accumulation. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 278(6): E985-E991, 2000
- 13) Kohrt WM, Kirvan JP, Staten MA, Bourey RE, King DS, Holloszy JO. Insulin resistance in aging is related to abdominal obesity. *Diabetes* 42(2): 273-281, 1993
- 14) Schrezenmeier J. Hyperinsulinemia, Hyperproinsulinemia and insulin resistance in the metabolic syndrome. *Experientia* 52(5): 426-432, 1996
- 15) Feskens EJ, Loeber JG, Kromhout D. Diet and physical activity as determinants of hyperinsulinemia: The Zutphen Elderly Study. *Am J Epidemiol* 140(4): 350-360, 1994

- 16) Ahn YJ Paik HY, Lee HK Nam JL. Average dietary energy intake does not increase as BMI increased in Korean National Nutrition Data. *Korean Soc Lipidol Atheros* 12(1): 74-84, 2002
- 17) Hales CN, Barker DJP. Type 2 (non-insulin dependent) diabetes mellitus, the thrifty phenotype hypothesis. *Diabetologia* 35: 595-601, 1992
- 18) Segal KR, Edano A, Abalos A, Albu J, Blando L, Tomas MB, Pi-Sunyer FX. Effect of exercise training on insulin sensitivity and glucose metabolism in lean, obese, and diabetic men. *J Appl Physiol* 71(6): 2402-2411, 1991
- 19) Evans WJ. Nutrition, exercise and healthy aging in Good Nutrition for all -New era for nutrition rights. Proceedings of 8th Asian Congress of Nutrition, pp.100-108, 1999
- 20) Parker DR, Weiss ST, Troisi R, Cassano PA, Vokonas PS, Landsberg L. Relationship of dietary saturated fatty acids and body habitus to serum insulin concentrations: the Normative Aging Study. *Am J Clin Nutr* 58(2): 129-136, 1993
- 21) WHO Report of a WHO consultation on obesity pp.9-11, 1997
- 22) Huh KB, Park SW Lee HC, Lee JH. Insulin resistance syndrome in Koreans. *J Korean Endocrinol Assoc* 14: 1-13, 1999
- 23) Lee OH. Relationship between fat-free mass and grip strength, nutrient intakes, exercise behavior in middle- and old-aged women. *Kor J Nutr* 34(4): 449-457, 2001
- 24) Lakka HM, Salonen JT, Tuomilehto J, Kaplan GA, Lakka TA. Obesity and weight gain are associated with increased incidence of hyperinsulinemia in non-diabetic men. *Horm Metab Res* 34(9): 492-498, 2002
- 25) Recommended Dietary Allowances for Koreans, 7th revision, The Korean Nutrition Society, Seoul 2000
- 26) Cunningham JJ. Micronutrients as nutraceutical interventions in diabetes mellitus. *J Am Coll Nutr* 17(1): 7-10, 1998
- 27) Cunningham JJ. The glucose/insulin system and vitamin C: implications in insulin-dependent diabetes mellitus. *J Am Coll Nutr* 17(2): 105-108, 1998
- 28) Will JC, Ford ES, Bowman BA. Serum vitamin C concentrations and diabetes: findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey. 1988-1994. *Am J Clin Nutr* 70: 49-52, 1999
- 29) Will JC, Byers T. Does diabetes mellitus increase the requirement for vitamin C? *Nutr Rev* 54(7): 193-202
- 30) Paolisso G, D'Amore A, Balbi V, Volpe C, Galzerrano D, Giugliano D, Sgambato S, Varricchio M, D'Onofrio F. Plasma vitamin C affects glucose homeostasis in healthy subjects and in non-insulin-dependent diabetics. *Am J Physiol* 266(2 Pt 1): E261-268, 1994
- 31) 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
- 32) 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
- 33) Sial S, Coggan AR, Carroll R, Goodwin J, Klein S. Fat and carbohydrate metabolism during exercise in elderly and young subjects. *Am J Physiol* 273(3 pt 1): E655-656, 1996
- 34) Miller JP, Pratley RE, Goldberg AP, Gordon P, Rubin M, Treuth MS, Ryan AS, Hurley BF. Strength training increases insulin action in healthy 50- to 65-yr-old men. *J Appl Physiol* 77(3): 1122-1127, 1994
- 35) Grimm JJ. Interaction of physical activity and diet: implications for insulin-glucose dynamics. *Public Health Nutr* 2(3A): 363-368, 1999
- 36) Oshida Y, Yamanouchi K, Hayamizu S, Sato Y. Long-term mild jogging increases insulin action despite no influence on body mass index or VO₂max. *J Appl Physiol* 66(5): 2206-2210, 1989
- 37) Shimokata H, Muller DC Fleg JL, Sorkin J, Ziemba AW, Andres R. Age as independent determinant of glucose tolerance. *Diabetes* 40(1): 44-51, 1991
- 38) Barzilai N Banerjee S, Hawkins M, Chen W, Rossetti L. Caloric restriction reverses hepatic insulin resistance in aging rats by decreasing visceral fat. *J Clin Nutr* 101: 1353-1361, 1998