Jour. Korean For. Soc. Vol. 99, No. 1, pp. 47~51 (2010)

한국임학회지

JOURNAL OF KOREAN FOREST SOCIETY

산림 걷기 운동이 내당능장애와 인슐린 비의존형 당뇨병 노인 환자의 혈당치에 미치는 효과

최종환* · 신원섭 · 노기택 · 연평식

충북대학교

Effects of Acute forest Walking Exercise on Blood Glucose of IGT, NIDDM in the Elderly

Jonghwan Choi*, Won Sop Shin, Ki-Taek Rho and Poung Sik Yeon

Chungbuk National University

요 약: 본 연구의 목적은 일회성 산림 걷기 운동이 내당능장애(impaired glucose tolerance, IGT)와 인슐린 비의존성 당뇨병(non-insulin-dependent diabetes mellitus, NIDDM)환자의 혈당치 변화에 어떠한 영향을 미치는 가를 알아보기 위한 것이었다. 연구의 대상자는 노인 여성(n=60)을 IGT 산림 걷기 운동군(n=15; 66.21±4.16 yrs), NIDDM 산림 걷기 운동군(n=15; 64.85±3.23 yrs), IGT 운동장 걷기 운동군(n=15; 67.44±1.78 yrs), NIDDM 운동장 걷기 운동군(n=15; 65.55±8.21 yrs)으로 구분하여 운동강도 HRmax 50~60%의 산림 걷기 운동(인터벌+저항성 근육운동)과 운동장 걷기 운동(유산소성 운동) 프로그램을 적용하여 운동 전과 후에 혈당을 측정하여 분석하였다. 그 결과, 첫째 내당능장애군에서 산림 걷기와 운동장 걷기 집단은 운동 후에 모두 유의한 수준에서 혈당치의 감소를 보였고, 둘째 인슐린 비의존성 당뇨병군에서 산림 걷기 집단은 운동 후에 혈당치가 유의하게 감소되었지만 운동장 걷기 집단은 특별한 혈당치의 변화가 없었다. 따라서 본 연구는 유산소 운동으로 지속적으로 운동장을 걷는 운동보다 오르막 내리막 지형을 이용한 인터벌 운동과 저항성 근육운동의 복합 형태인 산림 걷기 운동이 내당능장애와 인슐린 비의존성 당뇨병 환자에 더 효과적인 것으로 제안한다.

Abstract: The purpose of this study was to analyze the effect of acute forest walking exercise on blood glucose of IGT (impaired glucose tolerance), NIDDM (non-insulin dependent diabetes mellitus) in the elderly. There were four groups (n=60): forest walking exercise with IGT group (n=15; 66.21±4.16 yrs), forest walking exercise with NIDDM group (n=15; 64.85±3.23 yrs), field walking exercise with IGT group (n=15; 67.44±1.78 yrs), field walking exercise with NIDDM group (n=15; 65.55±8.21 yrs). They were tested on blood glucose levels at the beginning and at the end of each walking exercise. While the forest walking groups (interval + resistance exercise) worked for 40minutes with HRmax 50~60% level, the field walking groups (only aerobic exercise) worked for 40 minutes with HRmax 50~60% level. For data analysis, mean and standard deviation scores were calculated, and paired t-test and ANCOVA test were used. This study resulted in as follows. First, both walking groups showed the significant decrease of blood glucose in impaired glucose tolerance (IGT) after completing each exercise. Second, while the forest walking group showed the significant decrease of blood glucose in insulin dependent diabetes mellitus (NIDDM) after completing the forest exercise, the field walking group did not present any decrease of blood glucose in NIDDM after the field walking exercise. Therefore, the present findings suggest that the forest walking exercise as an interval and resistance exercise may be more effective to decrease blood glucose for IGT and NIDDM peoples in comparison to the field walking exercise as an aerobic exercise.

Key words **:** *blood glucose, forest walking exercise, IGT (impaired glucose tolerance), NIDDM (non-insulin dependent diabetes mellitus), interval exercise, resistance exercise, aerobic exercise*

이 논문은 2008년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

*Corresponding author

E-mail: choij@cbnu.ac.kr

서 론

우리나라 인구 중 65세 이상 고령자의 비율이 2010년 11%에서 2050년에 38.2%로 늘어날 전망인데, 이는 선진국이 같은 기간 15.9%에서 26.2%로 늘어나는 것에 비해 대단히 높게 예상된다(통계청, 2009). 한편 국민 생활수준의 향상 및 의술의 발달에 반해 당뇨병은 연령증가에 따라 여전히 증가되는 것으로 잘 알려져 있다. 국내역학 조사에서도 65세 이상 인구 중 약 12%가 당뇨병을 지니고 있으며, 33%가 내당능장애가 있는 것으로 조사되어, 우리나라에서도 노년층에 상당히 많은 당뇨병 환자가 있다(대한노인병학회, 2000년). 이와 같이 당뇨병은 연령이 증가함에 따라 비교적 높은 유병률의 증가를 보일 뿐만 아니라, 심각한 합병증을 일으키는 원인이 되기 때문에 이 분야에 대한 많은 연구가 수행되고 있는 가운데, 운동의 당뇨병 합병증 예방 및 치료 효과에 관한 관심이 크게 부각되고 있다.

인체에서 혈당은 음식물로 섭취한 다당류가 소화효소의 작용으로 분해되고 소장 상부로부터 흡수되어 간장으로 운반된다. 혈액중의 혈당 농도는 장에서 흡수, 간장에서 재생, 글리코겐의 합성과 분해, 말초조직에서의 글루코스 이용 및 신장으로 배설 등과 같은 인자들의 균형으로 결정된다(이귀령, 1986).

세계보건기구(WHO, 1994)의 기준에 따르면 공복 혈당이 140 mg/dL 이상이고 식사 2시간 뒤 혈당이 200 mg/dL 이상이면 당뇨병이다. 이에 비해 내당능장애는 공복 혈당이 120~140 mg/dL이고 식사 2시간 뒤 혈당이 140~160 mg/dL인 경우에 해당된다. 그러나 미국당뇨병학회(American Diabetes Association; 1997)는 공복 혈당이 126 mg/dL 이상이면 당뇨병, 110~125 mg/dL 이거나 식사 2시간 후의 혈당치가 140~199 mg/dL 범위인 경우 내당능장애로 구분되며 비만이나 당뇨병과 관련된 광범위한 합병증의 병리생리에 영향을 미치는 중요한 문제로 간주한다. 내당능장애(impaired glucose tolerance, IGT)는 표적조직에서 인슐린의 작용이 저하되는 인슐린 저항성(insulin resistance)으로 인해 혈당이 비정상적으로 상승되며 제2형 당뇨병(인슐린 비의존형 당뇨병; non-insulin-dependent diabetes mellitus, NIDDM)으로 진전될 가능성이 높은 대사 장애이다(Goodpaster, Thriault, Wakins, & Kelly, 2000).

인슐린 비의존형 당뇨병의 발병에는 여러 가지 요인이 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Olefsky, Farquhar, & Reaven, 1973). 즉 유전적 요인, 인슐린 저항성, 비만, 스트레스 그리고 췌장의 베타세포 기능장애를 들 수 있다. 그 중 인슐린 저항성과 비만, 스트레스는 인슐린 비의존형 당뇨병의 중요한 발병원인으로 작용한다(박상갑, 정종훈, 조재기, 하영주, 김종인, 박현태, 1997).

내당능장애 환자의 운동은 골격근 GLUT-4 protein 농도를 증가시켰으며, 이러한 현상은 운동에 의한 적응의 일부로서 골격근 내로 인슐린을 매개로 하는 글루코스 수송이 증가되었음을 나타낸다(Borghouts & Keixer 2000; Goodyear & Kahn 1998). 규칙적인 운동 시행에 따른 골격근의 산화적 능력 향상이 내당능장애에서 인슐린 비의존형 당뇨병으로의 이환을 지연시키는 효과가 있다(김효정, 2003; Eriksson, Tuominen & Valle, 1998).

규칙적인 운동은 말초혈관의 혈류량을 증가시키고 근육과 지방세포의 인슐린 감수성 즉, 세포의 인슐린에 대한 반응도와 혈액으로부터 혈당을 끌어당기는 능력을 증가시켜 혈당을 조절하는데 도움을 준다(Gudat, Berger & Lefebvre, 1994; Hespel, Vergauwen, Vandenberghe & Richter, 1995; Horton, 1991). 인슐린 감수성은 왕성한 신체활동을 하는 사람이 그렇지 않은 사람에 비해 높으며, 나이가 들어감에 따라 감소하는 경향을 보이는데 규칙적인 운동은 이를 향상시킨다(평생체육연구소, 2008).

한편, 일회성 운동으로도 혈당조절에 긍정적인 영향이 있는 것으로 보고되었는데, 인슐린 비의존형 당뇨병 환자에게 일회성 운동으로 혈중 트리글리세라이드가 감소하고 혈중 HDL-cholesterol의 수치가 증가한다는 사실을 보고하였고(Vranic & Berger, 1979), Minuk, Vranic, Marliss, Hanna, Albisser & Zinman(1981)은 최대 산소섭취량의 60% 강도로 운동을 하였을 때 혈당의 저하가 나타났음을 발표하였다. 또한, 인슐린 의존형 당뇨병환자에게 일회성 운동으로 혈장지질과산화와 혈중 글루타지온이 증가한다고 하였다(Laaksone, Atalaym, Niskanen, Uusitupa, Hanninen & Sen, 1996).

일반적으로 당뇨병환자에 있어서의 주로 권장되고 있는 주 운동은 지속적인 유산소 운동인 걷기, 조깅, 달리기, 수영, 고정식 자전거 타기 등의 유산소성 운동을 기본적인 운동으로 하고 있다(김양수, 1996). 그런데 이들 환자에게 휴식 없이 지속적으로 운동하는 것은 간헐적으로 운동강도를 강약을 반복하는 인터벌 운동(간헐적 운동; 운동 강도의 조화로운 강약 조절)보다 더 힘겨운 운동이 될 수 있어 문제가 있다. 실제로 인터벌 운동은 지속적 운동보다 쉽고, 카테콜아민이라는 화학물질을 증가시켜 화학반응을 야기하면서 지방을 더 많이 연소하며 혈중내의 포도당 조절에 효과적이다(평생체육연구소, 2008). 또한 운동강도 차원에서 단순히 걷기를 한다고 하더라도 너무 낮은 강도로 실시하거나 단순히 유산소 운동을 위주로 할 때와 비교하여, 적정 강도와 저항성 근육 운동을 복합하였을 때 지방연소와 혈당조절에 효과가 있는 것으로 보고된다(평생체육연구소, 2008; Nieman, 2006).

최근 산림에서 운동을 하면 건강에 보다 큰 상승

(synergy) 운동 효과를 가져올 수 있다는 보고가 있다(신원섭, 김은일, 이상익, 송형섭, 김조천, 2001; 최종환, 신원섭, 서경원, 차욱승, 연평식, 유리화, 2008). 신원섭 등(2001)과 최종환 등(2008)은 산림욕을 통한 건강기능에 관한 연구에서 산림이 생리적으로 고혈압과 심박수 안정, 자율신경계의 안정, 스트레스 및 심리정신적 안정 등에 탁월한 효과가 있다고 보고하였다.

따라서 인터벌 운동과 저항성 근육 운동의 복합 형태인 산림 걷기 운동과 단순히 유산소 운동인 운동장 걷기 운동을 각각 같은 운동강도로 내당능장애와 인슐린 비의존성 당뇨병 환자들에게 적용하여 그 효과를 비교하는 것은 큰 의의가 있다. 그리하여 본 연구는 여성 노인을 대상으로 산림 걷기 운동과 일반 걷기 운동이 혈당조절에 어떻게 영향을 끼치는지를 비교분석하여 산림 걷기 운동의 효과를 제시하고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상

C시에 거주하는 60세 이상 여성 노인 60명을 산림 걷기 운동 집단과 운동장 걷기 운동 집단으로 각각 30명씩 나누었다. 이들은 각각 운동집단에 사전 혈당검사에서 식사 2시간 후의 혈당치가 140-199 mg/dL인 자를 내당능장애군 15명, 200 mg/dL이상인 자를 인슐린 비의존형 당뇨병군 15명으로 선정하여 4집단으로 구분하였다. 이들 대상자들은 운동요법이 금기된 당뇨병의 합병증이 없는 자, 중추 및 말초 신경계질환이 없는 자, 걸음걸이 균형에 심각한 장애를 가지지 않은 자, 혈압 하강제를 투여하지 않은 자, 중증 심장질환이 없는 자 등으로 선정기준에 적합한 대상자들이었다. 연구대상자들의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

2. 혈당 측정방법

운동 전 검사는 점심 식사 2시간 후 오른쪽 우측 소지에서 채혈하여 자가 혈당측정기(OneTouch Ultra, Johnson & Johnson Co)로 검사하고 운동직후 대상자들이 들어오는 순서대로 우측 손가락에서 채혈하여 검사하였다.

3. 운동방법

본 연구의 운동프로그램은 준비운동, 본 운동, 정리운동으로 구성하였으며, 준비운동과 정리운동은 체조와 스트레칭으로 각각 10분이 소요되도록 구성하였고, 본 운동은 산림 걷기운동의 경우, 도심 주변의 비교적 낮은 경사도의 산(해발 200 m)을 이용하여 저항성 하지 근육운동과 오르막과 내리막 지형을 반복적으로 걷는 인터벌 운동으로 하였고, 일반적인 유산소 운동은 일반 운동장을 지속적으로 걷는 운동을 40분간 실시하는 것으로 구성하였다.

본 운동 운동강도는 산림 걷기 운동시 최대심박수의 약 50~60% 수준에서 실시하였고, 운동장 걷기 운동시 최대심박수의 약 50~60% 수준으로 하였다.

4. 자료처리

본 연구의 모든 자료는 SPSSWIN 12.0 Program을 이용하여, 각 집단별 사전의 차이를 알아보기 위해서 독립 t-test를 실시하였고, 각 운동 집단(내당능장애군, 인슐린 비의존성 당뇨병군과 측정시기(운동 전, 운동 후)에 따른 혈당의 변화를 알아보기 위해 사전 측정치를 공변량으로 정하여 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였다($p=.05$).

연구결과

65세 이상 여성 노인 60명을 대상으로 HRmax(최대의 운동강도 심박수) 50~60%수준의 산림 걷기 운동과 운동장 걷기 운동프로그램을 적용하여 각각의 운동프로그램이 내당능장애와 인슐린 비의존성 당뇨병 노인의 혈당치에 어떠한 영향을 주는지를 비교분석하였다.

HRmax 50~60%의 수준으로 40분간 산림걷기 운동과 운동장 걷기 운동이 여성 노인의 혈당에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 운동 전·후와 각 집단간의 차이를 살펴 본 결과 Table 2와 같이 나타났다.

내당능장애군(IGT)에서 있어서 산림 걷기와 운동장 걷기 운동 전과 후의 혈당치의 차이를 살펴 본 결과 운동 전과 후에 통계학적으로 유의한 수준에서 차이를 보이며 감소하였다($p<.05$; Table 2). 한편 집단간의 차이를 본 결과 산림 걷기와 운동장 걷기 운동 집단 각각 혈당치의 변화가 모두 유의하게 감소를 보이며 집단간의 차이를 보이지 않았다. 결국 비교적 단순한 유산소 운동장 걷기 운동이나 근저항 운동과 인터벌 운동의 산림 걷기 운동은 별다른 차이를 보이지 않으며 유사한 결과를 보였다.

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Group		Number	Age(yrs, M±SD)	Height(cm, M±SD)	Weight(kg, M±SD)
Forest walking exercise	IGT	15	66.21±4.16	157.85±33	57.91±5.74
	NIDDM	15	64.85±3.23	155.33±65	56.81±3.25
Field walking exercise	IGT	15	67.44±1.78	159.34±23	56.23±4.72
	NIDDM	15	65.55±8.21	155.98±48	55.43±5.11

IGT=impaired glucose tolerance, NIDDM=non-insulin-dependent diabetes mellitus,

Table 2 . Changes of blood glucose levels with different exercises

		Forest walking exercise (mg/dL)	Field walking exercise (mg/dL)	Source	F
IGT	pre	175.54±34.43	149.05±16.57	Group	2.364
	post	126.65±12.58	110.30±32.74	Group·pre	0.225
	t	5.374**	2.265*		
NIDDM	pre	295.05±23.41	277.34±33.67	Group	13.314*
	post	254.13±17.93	269.20±98.02	Group·pre	2.915
	t	3.121*	1.189		

*p<.05, **p<.01; IGT=impaired glucose tolerance, NIDDM=non-insulin-dependent diabetes mellitus.

그러나 인슐린 비의존성 당뇨병환자군(NIDDM)에서는 산림 걷기 운동이 운동 전과 후에 유의한 감소를 보인 반면에, 운동장 걷기 운동은 특별한 변화를 보이지 않았다. 따라서 집단간의 혈당치 변화를 살펴본 결과 산림 걷기 운동이 운동장 걷기 운동보다 더 혈당치의 감소를 보이며 집단간의 유의한 차이를 보였다.

결국 이러한 결과는 모든 걷기 운동이 내당능장애군에 있어서 효과적이었지만, 인슐린 비의존형 당뇨병군에게서는 산림 걷기 운동만이 혈당 강하에 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

논 의

본 연구는 산림 걷기 운동과 운동장 걷기 운동이 내당능장애와 인슐린 비의존성 당뇨병환자의 혈당수치에 영향을 주는 형태를 구체적으로 조사하기 위하여 연구되었다. 이를 위해 여성 노인(60명)들을 산림이나 일반 운동장에서 운동강도 HRmax 50~60% 수준으로 40분간 걷기 운동을 적용한 후 운동 전과 후의 혈당을 측정하여 비교분석하였다.

연구의 결과에서 분석해본 바와 같이, 내당능장애군(IGT)에 있어서 산림 걷기와 운동장 걷기 운동은 모두 운동 전과 후의 혈당치의 감소를 보였다. 일반적으로 내당능장애는 비정상적인 글루코스 대사로 인해 인슐린 비의존성 당뇨병으로 이환될 가능성이 높은 대사성 질환이다(Haffner, Miettinen, Gaskill, & Stern, 1996). 내당능장애나 인슐린 비의존성 당뇨병환자인 경우 대사 이상을 일으키는 주된 부위는 골격근이며 특히 글루코스 수송이나 글루코스 인산화 단계의 결함이 대사 장애를 일으키는 주된 요인이다(Beck-Nielse, Vaag., Damsbo, Handberg, Nielsen, Heriksen & Thye-Ronn, 1998; Gaster, Poulsen, Handberg, Scholder & Beck-Nilsen, 2000).

그런데 운동은 골격근에서 인슐린에 의해 매개되어 글루코스의 수송을 담당하는 GLUT-4 protein의 증가를 유도하여 인슐린의 작용을 향상시키는 긍정적 요인이다(Wojtaszewski & Richter 1998). 또한 운동이나 규칙적인 훈련은 인슐린 기능을 향상시고, 인산화, 저장, 포도당의 산화와 관련된 효소의 증가를 유도한다(Borghouts & Keixer 2000; Goodyear & Kahn 1998). 때문에 본 연구의 결과와 같이 내당능장애의 사람들에게 있어서 비록 1회성 산림 걷기와 운동장 걷기 운동이지만 골격근을 자극시키고 글루코스 수송을 증가시켜 혈당을 감소시킨 것이고, 운동의 종류와 강도에는 별다른 영향 없이 효과가 유사하게 나타난 것이라 사료된다.

한편, 본 연구결과의 인슐린 비의존성 당뇨병환자군(NIDDM)에서는 산림 걷기 운동이 운동 전과 후에 유의한 감소를 보인 반면에, 운동장 걷기 운동은 특별한 변화를 보이지 않았다.

이러한 결과는 일반적인 유산소 운동이 인슐린 비의존성 당뇨병 환자에게 혈당내성과 인슐린 기능에 효과적인 것으로 보고 된 것(ACSM, 2000)과는 다른 현상이었다. 본 연구결과에서 근육에 대한 자극이 많은 산림 걷기만이 혈당치의 유의한 감소를 보인 결과는 다른 연구의 결과들과 일치되었다. 이문호, 김성운, 양인명, 김지우, 김영설, 김광원, 최영길(1986)의 정상인 4명과 인슐린 비의존형 당뇨병 환자 4명에게 다리의 근육에 저항을 주는 운동으로 최대 산소 섭취량의 50%의 강도로 40분간 자전거 운동을 실시한 후, 혈당의 변화를 살펴본 결과 운동 후에 유의하게 감소하였다는 결과와 일치하였으며, Summers(1984)가 인슐린 비의존성 당뇨병 환자 8명을 대상으로 제자리에서 자전거타기 운동법으로 연구하여 아침 식후 혈당 270±22 mg/dL에서 운동 후 203±22 mg/dL로 약 67 mg/dL의 혈당 강하가 관찰되었다는 결과와도 일치하였다.

이와 같이 근육에 저항을 주는 자전거 타기나 경사진 산을 오르내리는 걷기는 일반 운동장 걷기보다 근육세포막의 인슐린 수용체에 결합된 포도당을 효과적으로 세포내로 이동시켜 대사되거나 글리코겐으로 저장되도록 하여 인슐린 감수성이 증가 된 것으로 사료된다. 또한 일정 수준 이상의 근육 저항 운동과 적절한 인터벌 운동이 말초혈관의 혈류량을 증가시키고 근육과 지방세포의 인슐린 감수성 즉, 세포의 인슐린에 대한 반응도와 혈액으로부터 혈당을 끌어당기는 능력을 증가시켜 혈당을 조절하는데 도움을 준다는 주장들(Gudat 등, 1994; Hespel 등, 1995; Nieman, 2006; Wallberg-Henriksson, 1992)과도 관련이

높다.

따라서 이상의 결과를 볼 때 내당능장애의 경우와는 다르게 인슐린 비의존성 당뇨병환자군(NIDDM)에서는 저항성 근육 운동과 인터벌 운동인 산림 걷기 운동이 일반적인 유산소 운동의 운동장 걷기 운동보다 효과적이라는 결론을 얻을 수 있다. 또한 저항성 근육운동과 인터벌 운동의 복합 형태운동은 체지방 연소에 효과가 탁월한 것으로 알려져 있기 때문에(평생체육연구소, 2008; Mayer-Davis, Agostino & Karter, 1998) 지속적인 산림 걷기 운동은 체지방의 감소와 함께 내당능장애 증후군들과 인슐린 비의존성 당뇨병 환자들에게 매우 유익한 운동 환경조건이 된다 하겠다.

결 론

일회성 산림 걷기와 운동장 걷기 운동이 내당능장애와 인슐린 비의존성 당뇨병 환자의 혈당치 변화에 어떻게 영향을 끼치는 지를 알아보기 위해, 운동강도 HRmax 50~60%의 산림 걷기 운동과 운동장 걷기 운동프로그램을 적용하여 운동 전과 후에 혈당을 측정하여 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 내당능장애군에서 산림 걷기와 운동장 걷기 집단은 운동 후에 모두 유의한 수준에서 혈당치의 감소를 보였다.

2) 인슐린 비의존성 당뇨병군에서 산림 걷기 집단은 운동 후에 혈당치가 유의하게 감소되었지만, 운동장 걷기 집단은 특별한 혈당치의 변화가 없었다.

따라서 본 연구는 유산소 운동으로 지속적으로 운동장을 걷는 운동보다 오르막 내리막 지형을 이용한 인터벌 운동과 저항성 근육운동의 복합형태인 산림 걷기 운동이 내당능장애와 인슐린 비의존성 당뇨병 환자에 더 효과적인 것으로 제안한다.

인용문헌

1. 김양수. 1996. 당뇨병의 오늘과 내일. 연세대학교 100주년기념 심포지엄.
2. 김효정. 2003. 12주간의 운동 프로그램 시행에 의한 제2형 당뇨병 고위험군의 대사개선 효과. 한국사회체육학회지, 20: 1079-1089.
3. 대한노인병학회. 2000년. 노인병학. 의학출판사. 659-668.
4. 박상갑, 정종훈, 조재기, 하영주, 김종인, 박현태(1997). 지구성운동이 제II형 당뇨병환자의 당질 및 인슐린 대사에 미치는 영향, 대한스포츠의학회지, 15: 427-431.
5. 이귀령. 1986. 임상화학검사(분석과 응용). 고문각.
6. 이문호, 김성운, 양인명, 김지우, 김영설, 김광원, 최영길. 1986. 제2형 당뇨병 환자에 있어서 중등도의 훈련이 혈당, 유리 지방산, 인슐린 및 인슐린 길항 호르몬들에 미치는 영향. 당뇨병 12(2): 175-182.
7. 신원섭, 김은일, 이상익, 송형섭, 김조천. 2001. 산림의 건강기능을 이용한 프로그램 사례와 적용, 한국산림휴양학회지, 5(1): 33-44.
8. 최종환, 신원섭, 서경원, 차욱승, 연평식, 유리화. 2008. 산림운동이 혈압, 심박수, 과산화지질, 항산화효소에 미치는 영향, 한국임학회지, 4: 417-422.
9. 통계청. 2009. 세계 및 한국의 인구현황. 2009. 9. 12. 참조: http://www.kosis.kr
10. 평생체육연구소. 2008. 운동과 웰니스, 청주: 도서출판 개신.
11. ACSM. 2000. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed, Lippincott Williams & Wilkins. 120.
12. American Diabetes Association. 1997. Report of the expert committee on the diagnosis and classification of diabetes mellitus. Diabetes Care 20: 1183-1197.
13. Beck-Nielsen, H., Vaag A., Damsbo, P., Handberg, A., Nielsen, O.H., Heriksen, J.E. and Thye-Ronn, P. 1998. Insulin resistance in skeletal muscle in patient with NIDDM. Diabetes Care 15: 418-429.
14. Borghouts, L.B. and Keixer, H.A. 2000. Exercise and insulin sensitivity; a review. Int J Sports Med 21: 1-12.
15. Eriksson, J., Tuominen J. and Valle, T. 1998. Aerobic endurance exercise or circuit-type resistance training for individuals with impaired glucose tolerance? Horm Metabolism Research 30(1): 37-41.
16. Gaster, M., Poulsen, P., Handberg, A., Scholder, H.D. and Beck-Nilsen, H. 2000. Direct evidence of fiber type dependent GLUT-4 expression in human skeletal muscle. Am J Physiol 278: E910-916.
17. Goodpaster, B.H., Thriault, S.C., Wakins, S.C. and Kelly, D.E. 2000. Intramuscular lipid content is increased in obesity and decreased by weight loss. Metabolism 49: 4, 467-472.
18. Goodyear, L.J. and Kahn, B.B. 1998. Exercise and insulin sensitivity. Annu Rev Med 49: 235-261.
19. Gudat, U., Berger, M. and Lefebvre, P. 1994. Physical activity, fitness & NIDDM(Type II) diabetes mellitus. In Bouchard, C., Shephard, R.J. and Stephens, T.(Eds). Physical activity, fitness & health. Champaign, IL: Human Kinetics.
20. Haffner, S.M., Miettinen, H., Gaskill, S.P. and Stern, M.P. 1996. Decreased insulin action and insulin secretion predict the development of impaired glucose tolerance. Diabetologia 39: 1201-1212.

(2009년 10월 27일 접수; 2009년 12월 31일 채택)