

제2형 당뇨병환자에서 최대근력과 유산소 운동능력 및 비만도의 관련성

을지병원 당뇨병센터¹, 을지대학교 의과대학 내과학교실², 서울대학교 의과대학 내과학교실³

권휘련^{1*} · 한경아^{2*} · 구윤희² · 안희정¹ · 구보경³ · 민경완²

Relationship of Maximal Muscle Strength with Body Mass Index and Aerobics Capacity in Type 2 Diabetic Patients

Hwi Ryun Kwon¹, Kyung Ah Han², Yun Hyi Ku², Hee Jung Ahn¹, Bo Kyung Koo³, Kyung Wan Min²

¹Diabetes Center, Eulji Hospital, Seoul,

²Department of Internal Medicine, Eulji University College of Medicine, Daejeon,

³Department of Internal Medicine, Seoul University College of Medicine, Seoul, Korea

Abstract

Background: Combination fitness regimens (including aerobic and resistance exercises) are effective for improving cardio-respiratory fitness, reducing visceral fat and increasing insulin sensitivity in diabetic patients. The combination exercise intensity that a patient is capable of is limited by his or her aerobic capacity and one repetition maximum (1RM). We investigated the relationships between 1RM, aerobic exercise capacity and body mass index in patients with type 2 diabetes.

Methods: A total of 177 (men: 85, women: 92) diabetic subjects with HbA1c \leq 10% were enrolled. Muscle strength and 1RM were assessed by chest press (upper body) and leg press (lower body). We assessed aerobic capacity by VO_2 max and muscle mass by bioimpedance analysis.

Results: There was no correlation between 1RM and VO_2 max in type 2 diabetic patients (upper: $P = 0.122$, lower: $P = 0.138$ for men, and upper: $P = 0.952$, lower: $P = 0.570$ for women). However, 1RM was significantly correlated with muscle mass both in men and women (upper: $r = 0.493$, $P < 0.001$, $r = 0.315$, $P = 0.002$ lower: $r = 0.437$, $P < 0.001$, $r = 0.307$, $P = 0.003$, respectively). There was also a significant correlation between 1RM and BMI. In obese male subjects with BMI ≥ 25 kg/m², we observed a significant correlation between muscle mass and BMI ($r = 0.374$, $P = 0.032$), but this correlation was not observed in women.

Conclusion: Clinicians treating Korean type 2 diabetic subjects should recommend resistance exercise to their patients. In particular, obese women with diabetes may receive greater benefits by increasing muscle mass through resistance exercises. (Korean Diabetes J 33:511-517, 2009)

Key words: Aerobic exercise, Diabetes mellitus, Muscle strength, Resistance training, Type 2 diabetes

서 론

심폐기능과 근력은 독립적인 일상생활과 삶의 질을 유지

하는데 중요하다. 특히 운동에 의해 그 기능이 향상되었을 때 삶의 질이 높아지고, 정신적인 면에서도 긍정적인 효과가 나타나는 것으로 알려져 있다¹⁾. 근력이 감소하게 되면

접수일자: 2009년 9월 2일, 통과일자: 2009년 12월 3일

교신저자: 민경완, 을지대학교 의과대학 내과학교실, E-mail: minyungwa@yahoo.co.kr

* 본 연구는 한국당뇨병 임상연구소의 지원에 의하여 이루어짐.

* 권휘련과 한경아는 본 논문에 제1저자로 공동기여 하였음.

활동 능력이 감소하게 되고, 신체활동 능력이 감소하면 체지방량과 복부내장지방이 증가하고 체단백질 양은 감소하여 제지방 조직이 감소한다. 제지방 조직은 주로 골격과 근육으로 구성되어 있지만, 연령의 증가에 따른 신체 생리적 변화 중에서 근육감소가 가장 현저하게 일어나기 때문에 근감소증이 제지방 감소의 가장 주요한 인자이다^{2,3)}. 저항운동은 특히 제2형 당뇨병환자에서 근육량을 증가시키고 복부지방을 감소시키는 것으로 잘 알려져 있다. 이러한 이유로 미국 당뇨병학회에서는 제2형 당뇨병환자에게 유산소운동뿐만 아니라 근력강화운동인 저항운동도 함께 하기를 권장하고 있다⁴⁾.

유산소운동과 저항운동을 같이 하는 복합운동은 혈당 조절에 효과적일 뿐만 아니라 체지방 감소로 인해 허리와 복부 둘레비가 감소하고 심폐능력을 향상시키며 제지방과 근력을 증가시키는 데에 도움을 준다^{5,6)}. 당뇨병환자에 있어서 빠르게 걷기 운동이나 가벼운 달리기 등의 유산소운동은 혈당을 낮추고 인슐린에 대한 감수성을 증가시키며 내장지방을 감소시키고 체중을 유지 감소시키는 효과가 있다⁷⁾. 그러나 당뇨병환자들 중에는 동반된 심장질환이나 관절 문제로 인해 권장 수준의 유산소운동을 하기 어려운 경우가 많다. 이러한 경우 복합 운동이 유용할 것으로 사료된다. 이렇게 당뇨병환자들의 경우 유산소운동과 더불어 근력강화운동의 필요성이 부각되고 있으나 복합운동을 실시할 때 기준이 되는 유산소운동능력과 최대근력과의 관계에 대한 자료가 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 우리나라 제2형 당뇨병환자에서 효과적인 복합운동을 실시할 때 필요한 최대근력과 최대산소섭취량과의 상관관계를 알아보고 최대근력과 비만도 및 근육량과의 관계를 확인하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

연구 대상자들은 40~60대 제2형 당뇨병환자로 당화혈색소 10% 이하의 환자 177명(남자 85명, 여자 92명)을 대상으로 하였다. 제1형 당뇨병환자, 울혈성 심부전증, 조절 불가능한 부정맥, 심한 판막질환, 조절이 되지 않은 고혈압, 신증, 망막증 등 중증 질환이 있어서 최대 중량운동의 금기 사항에 해당되는 환자는 제외하였다.

2. 연구 방법

1) 신체 계측

대상자들의 키, 체중과 허리둘레를 측정하였다. 신장과

체중은 겹옷을 탈의한 후 얇은 옷만을 입은 상태에서 측정하였고, 체질량지수(body mass index, BMI)는 체중(kg)을 신장의 제곱(m²)으로 나누어 계산하였다. 허리둘레는 숨을 편안히 내쉬 상태에서 줄자를 이용하여 늑골 하단과 장골릉 사이의 가장 가는 부위를 측정하였고, 혈압은 10분간 안정을 취한 뒤 앉은 자세에서 수은 혈압계(Yamasu; Kenzmedico, Saitama, Japan)로 측정하였다.

2) 근육량 측정

근육량 측정은 Inbody 3.0 (Biospace, Seoul, Korea)을 이용하여 시행하였다. 환자는 최대한 가벼운 옷차림의 맨발로 기계 위에 올라서서 양 발과 양 엄지손가락이 전극부위에 위치하도록 하여 검사를 받았다.

3) 운동부하검사

운동부하검사(graded exercise test)는 자전거(Ergometer 900, D-72475 Bits)에 연결된 Jager ER900 (Jager, Wurzburg, Germany)를 이용하여 호흡법으로 매 2분마다 20 watts씩 증가시켜 환자가 더 이상 운동을 지속할 수 없을 때까지 실시하였다. 운동 전, 운동 중, 회복기 동안 호기의 호흡성 가스분석은 15초마다 분당 심박수, 산소섭취량, 작업량, 호흡수 등을 숫자와 그래프로 자동기록 저장하도록 하며 혈압은 매 2분마다 자동혈압계에 의해 측정하였다. 최대운동시의 최대심박수는 최대운동을 중지한 시점을 전, 후로 기록된 수치 중 산소섭취량이 가장 높게 기록된 값(maximal oxygen uptake, VO₂max)을 최대치로 하였다. 무산소성 한기역치(anaerobic threshold, AT)는 매 15초마다 x축, y축에 이산화탄소 배출량 값을 도작한 화면에서 회귀분석을 이용한 프로그램을 이용하여 결정하였다.

4) 최대근력

최대근력(one repetition maximum, 1RM)을 측정하기 위해 상지는 체스트 프레스(chest press)를 이용하여 삼각근(deltoids), 삼두근(triceps), 대흉근(pectoralis) 근육의 근력을 측정하고 하지는 레그 프레스(leg press)를 이용하여 대둔근(gluteal group), 슬건근(hamstring), 대퇴근(quadriceps) 근육의 근력을 측정하였다(Keiser, Fresno, CA, USA). 최대근력 측정을 위해 먼저 환자는 예상되는 최대중량(상체는 체중의 1/2 무게, 하체는 체중의 50%) 강도로 8~10회 반복하는 가벼운 준비운동을 실시한다. 그 후 가볍게 3분간 스트레칭을 하고 1분 정도 휴식을 취한다. 피험자는 예상되는 최고 무게의 약 75%로 3~5회 반복으로 1세트 실시하였다.

다시 1분 후 1.25~4.5 kg 더 무거운 중량으로 최대근력을 시도한다. 피험자가 들 수 없을 때까지 실시하고 마지막으로 성공한 중량을 최대근력으로 선택하였고, 3번에서 5번 시도 중에 결정되었다⁸⁾.

3. 통계처리

통계적 방법으로서 SPSS for windows version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계처리프로그램을 이용하였고 각 변수의 평균값은 평균 및 표준편차를 산출하였다. 연령에 따른 비교는 일원배치분산분석(one-way ANOVA test)으로 시행하였으며 최대근력 및 신체계측, 운동능력, 비만도 간의 관계는 단순상관분석(Pearson's correlation analysis)을 시행하였으며 이를 통해 확인된 변수들을 이용하여 선형회귀분석(Linear regression analysis)을 시행하였다. 통계적인 유의성은 P 값이 0.05 미만인 경우로 하였다.

결 과

1. 대상자들의 임상적 특징

제2형 당뇨병환자 177명(남자 85명, 여자 92명)이 연구에 참여하였다. 나이는 남자 55.3 ± 7.9 세, 여자 57.4 ± 7.7 세였고, 당뇨병 유병기간은 남자는 8.0 ± 6.1 년, 여자는 9.3 ± 7.2 년이었다. 체질량지수는 남자 24.4 ± 2.9 kg/m², 여자

24.5 ± 2.8 kg/m²이었으며 당화혈색소는 남·녀 각각 7.6 ± 1.1 , $7.7 \pm 1.2\%$ 였다. 상지 최대근력은 남·녀 각각 34.2 ± 10.7 kg, 16.9 ± 5.5 kg이었고 하지 최대근력은 남·녀 각각 130.4 ± 32.1 kg, 85.5 ± 22.5 kg이었다. 최대산소섭취량은 남자는 18.7 ± 5.3 mL/min/kg, 여자는 16.6 ± 4.3 mL/min/kg 이었다(Table 1).

2. 최대근력과 유병기간 및 당화혈색소의 상관관계

나이를 보정하고, 최대근력과 유병기간은 상·하지 모두 유의한 상관관계가 없었다(남자: 상지 $r = -0.072$, $P = 0.531$, 하지 $r = -0.006$, $P = 0.958$; 여자: 상지 $r = -0.165$, $P = 0.122$, 하지 $r = -0.082$, $P = 0.446$).

또한 최대근력과 당화혈색소의 관계를 분석해 보았을 때, 상하지 모두 유의한 관계가 없었다(남자: 상지 $r = 0.001$, $P = 0.995$, 하지 $r = -0.036$, $P = 0.736$; 여자: 상지 $r = 0.071$, $P = 0.523$, 하지 $r = -0.105$, $P = 0.323$) (Table 2).

3. 최대근력과 유산소 운동능력의 상관관계

나이를 보정하여, 최대근력과 최대산소섭취량의 관계를 분석하였을 때, 상·하지 모두 유의한 상관관계가 없었다(남자: 상지 $r = 0.151$, $P = 0.122$, 하지 $r = 0.164$, $P = 0.138$; 여자: 상지 $r = -0.006$, $P = 0.952$, 하지 $r = -0.060$, $P = 0.570$) (Table 3).

Table 1. The clinical characteristics of the subject

	Men (n = 85)	Women (n = 92)	Total (n = 177)
Age (yr)	55.3 ± 7.9	57.4 ± 7.7	56.4 ± 7.9
Height (cm)	168.3 ± 5.1	156.0 ± 5.9	161.9 ± 8.3
Weight (cm)	69.2 ± 10.1	59.7 ± 7.9	64.3 ± 10.2
Diabetes Duration (yr)	8.0 ± 6.1	9.3 ± 7.2	8.7 ± 6.7
BMI (kg/m ²)	24.4 ± 2.9	24.5 ± 2.8	24.4 ± 2.9
HbA1c (%)	7.6 ± 1.1	7.7 ± 1.2	7.6 ± 1.1
Total cholesterol (mg/dL)	179.0 ± 43.8	173.2 ± 41.4	175.9 ± 42.5
Triglyceride (mg/dL)	162.4 ± 130.3	163.3 ± 126.4	162.9 ± 127.9
HDL-C (mg/dL)	45.8 ± 9.1	47.6 ± 11.2	46.7 ± 10.3
LDL-C (mg/dL)	109.0 ± 33.5	100.6 ± 30.7	104.5 ± 32.2
Muscle mass (kg)	51.8 ± 6.7	38.9 ± 4.6	45.1 ± 8.6
Fat mass (kg)	15.7 ± 5.0	19.2 ± 5.0	17.5 ± 5.3
Body fat (%)	21.9 ± 5.3	31.4 ± 4.8	26.9 ± 6.9
1RM_Upper (kg)	34.2 ± 10.7	16.9 ± 5.5	25.2 ± 12.0
1RM_lower (kg)	130.4 ± 32.1	85.5 ± 22.5	107.0 ± 35.5
VO ₂ max (mL/min/kg)	18.7 ± 5.3	16.6 ± 4.3	17.6 ± 4.9

Data are means \pm SD. BMI, body mass index; HbA1c, hemoglobin A1c; HDL, high-density lipoprotein cholesterol; LDL, low-density lipoprotein cholesterol; 1RM, one repetition maximum.

Table 2. Correlations between 1RM, diabetes duration and HbA1c

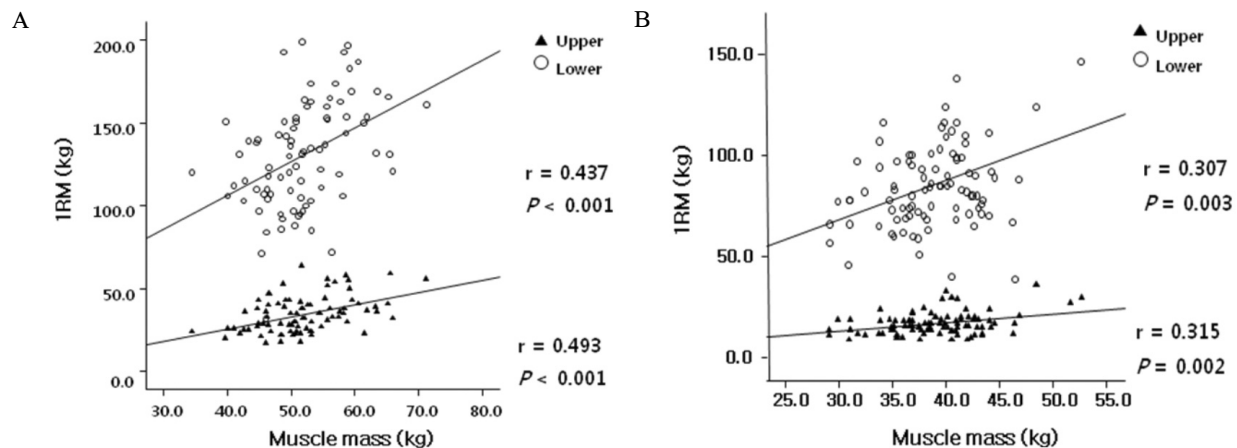
Gender	1RM	Diabetes duration		HbA1c	
		<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
Men	Upper	-0.072	0.531	0.001	0.995
	Lower	-0.006	0.958	-0.036	0.736
Women	Upper	-0.165	0.122	0.071	0.523
	Lower	-0.082	0.446	-0.105	0.323

1RM, one repetition maximum; HbA1c, hemoglobin A1c.

Table 3. Correlations between 1RM, aerobics capacity and BMI

Gender	1RM	VO ₂ max		BMI	
		<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
Men	Upper	0.151	0.122	0.468	< 0.001
	Lower	0.164	0.138	0.415	< 0.001
Women	Upper	-0.006	0.952	0.279	0.007
	Lower	-0.060	0.570	0.295	0.005

BMI, body mass index; 1RM, one repetition maximum.

**Fig. 1.** Correlations between 1RM and muscle mass. A. Men. B. Women. 1RM, one repetition maximum.

4. 최대근력과 근육량 및 비만도의 상관관계

최대근력과 근육량의 상관관계를 분석한 결과, 남·녀 모두 통계적으로 유의한 상관관계가 있었다(남자: 상지 $r = 0.493$, $P < 0.001$, 하지 $r = 0.437$, $P < 0.001$; 여자: 상지 $r = 0.315$, $P = 0.002$, 하지 $r = 0.307$, $P = 0.003$) (Fig. 1).

또한 최대근력과 체질량지수의 상관관계를 분석하였을 때, 남·녀 모두 통계적으로 유의한 상관관계가 있었다(남자: 상지 $r = 0.468$, $P < 0.001$, 하지 $r = 0.415$, $P < 0.001$; 여자: 상지 $r = 0.279$, $P = 0.007$, 하지 $r = 0.295$, $P = 0.005$) (Table 2).

5. 비만도와 근육량의 상관관계

남·녀 모두 체질량지수가 증가할수록 근육량이 유의하게 증가하였다(남자 $r = 0.737$, $P < 0.001$; 여자 $r = 0.425$, $P < 0.001$). 그러나 체질량지수 25 kg/m²를 기준으로 층화분석을 시행하였을 때, 남·녀 모두 체질량지수 25 kg/m² 미만에서는 체질량지수와 근육량은 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 있었으나(남자 $r = 0.508$, $P < 0.001$; 여자 $r = 0.378$, $P = 0.003$), 체질량지수 25 kg/m² 이상에서는 남자는 유의한 상관성이 있었으나($r = 0.374$, $P = 0.032$) 여자는 체질량지수와 근육량의 유의한 상관성이 없었다($r =$

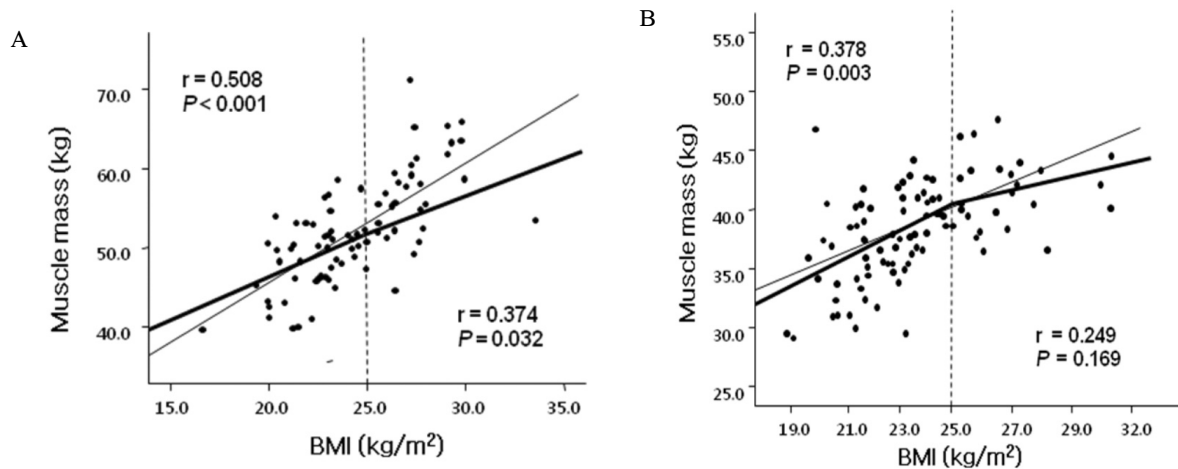


Fig. 2. Correlations between muscle mass and BMI. A. Men. B. Women. BMI, body mass index.

0.249, $P = 0.169$) (Fig. 2).

고 찰

최대산소섭취량이란 인체가 운동하는 중에 섭취할 수 있는 단위시간당 산소섭취량의 최대치를 이르는 말로⁹⁾ 유산소 운동능력의 대표적인 지표로 사용된다. 최대산소섭취량은 연령의 증가와 더불어 감소하고¹⁰⁾ 10년 단위로 약 9%씩 감소하는 것으로 알려져 있다¹¹⁻¹³⁾. 일반인을 대상으로 한 우리나라 자료에서 최대산소섭취량은 남성은 33.5 mL/kg/min이었고 여자는 25.9 mL/kg/min이었다¹⁴⁾. 제2형 당뇨병환자를 대상으로 한 우리나라 자료에서 최대산소섭취량은 남자는 18.9 mL/min/kg, 여자는 17.5 mL/min/kg으로 보고된 바 있다¹⁵⁾. 본 연구에서 최대산소섭취량은 남·녀 각각 18.7 ± 5.3 mL/min/kg, 16.6 ± 4.3 mL/min/kg으로 측정되어 일반인에 비해 운동능력이 낮은 상태를 보여주고 있다. 반면에 일본의 제2형 당뇨병 남자 환자를 대상으로 한 연구에서 환기역치의 평균값이 3.6 METs로 보고된 바 있어¹⁶⁾, 일본 당뇨병환자와 우리나라 당뇨병환자의 유산소 운동능력은 유사함을 알 수 있다.

근력은 근육군에서 발생하는 최대의 힘으로 언급되기도 하지만 일반적으로 저항에 대항하여 발휘할 수 있는 힘이다¹⁷⁾. 최대근력은 연령의 증가와 함께 감소하며 매 10년 단위로 약 10~15% 정도의 감소율을 나타내는 것으로 알려져 있다¹⁸⁻²⁰⁾. 이전에 있었던 40~75세의 제2형 당뇨병환자를 대상으로 한 연구에서 연령에 따른 최대근력이 감소한다는 보고가 있었다. 일반 성인 40대를 대상으로 한 연구에서 상·하지 최대근력이 각각 23.5 ± 5.3 kg, 142.0 ± 33.9 kg로 보고된 바

있다²¹⁾. Kwon 등의 연구에서는 최대근력이 상·하지 각각 20.2 ± 5.7 kg, 98.5 ± 29.3 kg으로 우리나라의 같은 연령대의 일반인에 비해 낮게 측정되는 경향이 있었다²²⁾.

복합운동을 실시할 때는 최대산소섭취량과 최대근력을 고려하여 운동강도를 결정해야 한다. 30~40대의 일반 성인을 대상으로 운동능력을 분석한 연구에서 하지 최대근력, 비만도가 최대산소섭취량과 통계적으로 유의한 상관관계가 있음이 보고된 바 있다¹⁴⁾. 29~78세의 남·녀 일반 성인을 대상으로 한 또 다른 연구에서도 하지의 근력과 최대산소섭취량 사이에 양의 상관관계가 있음을 보고하여 하지의 근력이 강한 사람이 최대산소섭취량도 높다고 하였다²³⁾. 그런데 본 연구의 결과에서는 최대근력과 최대산소섭취량 사이에는 유의한 상관관계가 없었다. 이는 당뇨병환자의 유산소 운동능력이 너무 낮아서 상대적으로 최대근력에 미치는 효과가 적었기 때문일 수 있으며 유산소 운동뿐만 아니라, 근력 운동을 병행하면 유산소 운동능력의 향상에 더욱 도움이 될 것으로 생각된다. 또한, 우리나라 당뇨병환자를 대상으로 시행한 운동습관 다기관 연구에 의하면 당뇨병환자가 하는 운동은 걷기가 71.9%로 가장 많았고, 등산 14.2%, 자전거 5.5%, 수영 3.4% 등으로 주로 유산소운동을 실시한다고 보고하였고 근력운동을 하는 비율은 6.5%로 낮았다²⁴⁾. 이러한 점에서 우리나라 당뇨병환자에서 운동 방법으로 근력 운동이 더욱 강조되어야 하며, 특히 유산소 운동능력이 다른 인구집단에 비해 상대적으로 많이 저하되어 있다는 점을 고려하면 복합 운동의 형태가 가장 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

근력운동을 통한 근육량의 증가는 인슐린감수성을 높여주고 제2형 당뇨병환자의 혈당조절에 도움이 된다²⁵⁾. Janssen 등이 일반인을 대상으로 한 연구²⁶⁾에서 근력과 근

육량은 유의한 상관관계가 있다고 하였다²⁷⁾. 본 연구에서도 최대근력은 근육량과 매우 밀접한 상관관계가 있었다. 뿐만 아니라, 본 연구에서는 최대 근력이 체질량지수와도 양의 상관관계에 있었는데, 이는 체질량지수가 증가할수록 근육량이 증가하는 경향이 있으므로 이러한 결과를 보였을 것으로 생각할 수 있다. 다만, 비만도 25 kg/m²을 기준으로 군을 나누어 분석하였을 때, 남자의 경우에는 체질량지수에 상관없이 체질량지수가 증가하면 근육량도 같이 증가하였는데 여자의 경우에는 체질량지수 25 kg/m² 이상인 군에서는 체질량지수 증가에 따라 근육량이 증가하는 경향성은 보였으나, 통계적으로 유의한 정도의 상관관계를 보이지 않았다. 즉 비만한 여자는 체중이 증가해도 그에 비례하여 근육량이 함께 증가하지 않고, 지방량이 더욱 증가하는 데에서 기인하는 것으로 보인다. 그러므로 비만한 여자에서 복합운동이 더욱 도움이 될 것으로 사료된다.

우리나라 제2형 당뇨병환자의 경우 일반인에 비해 저항운동이 더욱 필요하며, 특히 비만한 여자 환자들은 근육량을 늘리기 위한 복합운동이 필수적이라 하겠다.

요 약

연구배경: 당뇨병환자에서 유산소 운동과 근력 운동을 병행하면 심폐기능 향상, 복부지방 감소, 혈당 강하, 인슐린 감수성 증가 등의 이점이 있다. 복합 운동을 시행할 때 유산소 운동능력 및 최대근력이 운동 강도 설정의 기본이 된다. 본 연구에서는 당뇨병환자에서 최대근력과 유산소 운동능력 및 비만도와의 상관성을 알아보고자 하였다.

방법: 총 177명(남: 85, 여: 92)의 당화혈색소 10% 이하의 제2형 당뇨병환자를 대상으로 하였다. 상체는 chest press, 하체는 leg press로 최대근력(Keiser)을 측정하였고, VO₂max (ER900; Jager)를 이용하여 유산소 운동 능력을, 체성분분석(Inbody 3.0)을 통해 근육량을 측정하였다.

결과: 제2형 당뇨병환자에서 최대근력과 최대산소섭취량은 유의한 상관관계가 없었다(남자: 상·하지 각각 $P = 0.122$, $P = 0.138$, 여자: 상·하지 각각 $P = 0.952$, $P = 0.570$). 최대근력과 근육량과 유의한 상관관계가 있었다(남자: 상지 $r = 0.493$, $P < 0.001$, 하지 $r = 0.437$ $P < 0.001$; 여자: 상지 $r = 0.315$, $P = 0.002$, 하지 $r = 0.307$, $P = 0.003$). 체질량지수와 근육량은 유의한 상관관계가 있었다. 그러나 체질량지수 25 kg/m² 이상인 비만인 환자의 경우 남자는 근육량과 체질량지수가 유의한 상관관계에 있었으나($r = 0.374$, $P = 0.032$) 여자는 유의한 상관성이 없었다($r =$

0.249, $P = 0.169$).

결론: 우리나라 제2형 당뇨병환자의 경우 일반인에 비해 저항운동이 더욱 필요하며, 특히 비만한 여자 환자들은 근육량을 늘리기 위한 복합운동이 필수적이라 하겠다.

참 고 문 헌

1. Han TR: *Exercise in the elderly. J Korean Acad Rehabil Med* 26:121-6, 2002
2. Steen B: *Body composition and aging. Nutr Rev* 46:45-51, 1988
3. Evans WJ: *Nutrition: exercise and healthy aging. In: Korean Nutrition Society. Program 8th Asian congress of nutrition: Good nutrition for all, new era for nutrition rights, p. 100-8, Seoul, Korean Nutrition Society, 1999*
4. Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C: *Physical activity/exercise and type 2 diabetes. Diabetes Care* 27:2518-39, 2004
5. Maiorana A, O'Driscoll G, Goodman C, Taylor R, Green D: *Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes. Diabetes Res Clin Pract* 56:115-23, 2002
6. Jennings AE, Alberga A, Sigal RJ, Jay O, Boulé NG, Kenny GP: *The effect of exercise training on resting metabolic rate in type 2 diabetes mellitus. Med Sci Sports Exerc* 41:1558-65, 2009
7. Horton ES: *Exercise in the treatment of NIDDM. Applications for GDM? Diabetes* 40(suppl 2):175-8, 1991
8. Baechle TR, Earle RW: *Essentials of strength training and conditioning, 2nd ed. Champaign, Human Kinetics, 2000*
9. Power SK, Howley ET: *Exercise physiology, p.232-3, New York, MacGrow-Hill WCB, 1996*
10. Asmussen E, Fruensgaard K, Norgaard S: *A follow-up longitudinal study of selected physiologic functions in former physical education students-after forty years. J Am Geriatr Soc* 23:442-50, 1975
11. Dehn MM, Bruce RA: *Longitudinal variations in maximal oxygen intake with age and activity. J Appl Physiol* 33:805-7, 1972

12. Paterson DH, Cunningham DA, Koval JJ, St Croix CM: *Aerobic fitness in a population of independently living men and women aged 55-86 years. Med Sci Sports Exerc* 31:1813-20, 1999
13. Talbot LA, Metter EJ, Fleg JL: *Leisure-time physical activities and their relationship to cardiorespiratory fitness in healthy men and women 18-95 years old. Med Sci Sports Exerc* 32:417-25, 2000
14. Jung SJ: *A study on correlation between body fat percentage, maximum oxygen uptake and maximum muscle strength in adult. Daejeon, Konyang University, 2005*
15. An KH, Han KA, Min KW: *Evaluation of physical capacity and proper calculation method of exercise intensity based on measured maximal heart rate in Korean type 2 diabetics. J Korean Diabetes Assoc* 29:479-85, 2005
16. Kunitomi M, Takahashi K, Wada J, Suzuki H, Miyatake N, Ogawa S, Ohta S, Sugimoto H, Shikata K, Makino H: *Re-evaluation of exercise prescription for japanese type 2 diabetic patients by ventilatory threshold. Diabetes Res Clin Pract* 50:109-15, 2000
17. American College of Sports Medicine: *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2006*
18. Brown DA, Miller WC: *Normative data for strength and flexibility of women throughout life. Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 78:77-82, 1998
19. Roos MR, Rice CL, Connelly DM, Vandervoort AA: *Quadriceps muscle strength, contractile properties, and motor unit firing rates in young and old men. Muscle Nerve* 22:1094-103, 1999
20. American College of Sports Medicine: *ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription: American College of Sports Medicine, 6th ed. Philadelphia, Lippincott W & Wilkins, 2000*
21. Kwon YC, Park JH, Yun MS, Park SK: *The effects of muscular resistance training on abdominal fat and insulin concentration in obese middle- aged women. J Sport Leis Stud* 17:127-36, 2002
22. Kwon HR, Ku YH, Ahn HJ, Jung JY, Ryu SR, Koo BK, Han KA, Min KW: *Maximal muscle strength deteriorates with age in subjects with type 2 diabetes mellitus. Korean Diabetes J* 33:412-20, 2009
23. Kim JH, Chung SG, Han TR, Oh BM, Lee KJ, Lee SU: *Relationship between leg strength of concentric/ eccentric mode and maximal oxygen uptake. Korean J Sports Med* 23:137-44, 2005
24. Min KW, An KH, Sohn TS, Park YM, Hong YS, Kim YS, Park YB, Park KS, Lee GW, Kim IJ, Han KA, Yu JM, Son HS, Baik SH, Lee WC, Cho CG, Lee HW, Park SW: *The study of physical activity in the Korean with type 2 diabetes. J Korean Diabetes Assoc* 29:517-25, 2005
25. Cheng YJ, Gregg EW, De Rekeneire N, Williams DE, Imperatore G, Caspersen CJ, Kahn HS: *Muscle -strengthening activity and its association with insulin sensitivity. Diabetes Care* 30:2264-70, 2007
26. Janssen YJ, Doornbos J, Roelfsema F: *Changes in muscle volume, strength, and bioenergetics during recombinant human growth hormone (GH) therapy in adults with GH deficiency. J Clin Endocrinol Metab* 84:279-84, 1999
27. Cuneo RC, Salomon F, Wiles CM, Hesp R, Sonksen PH: *Growth hormone treatment in growth hormone -deficient adults. I. Effects on muscle mass and strength. J Appl Physiol* 70:688-94, 1991