

## 제2형 당뇨병 환자를 위한 운동프로그램이 당대사, 지질대사 및 심폐기능에 미치는 효과에 대한 메타분석\*

유 지 수<sup>1)</sup> · 이 숙 정<sup>2)</sup>

### 서 론

#### 연구의 필요성

현재 국내 당뇨병 환자 수는 400만 명으로 추산되며(Chae, 2004), 성인의 10%가 당뇨병 환자인 것으로 알려져 있을 뿐 아니라, 당뇨병으로 인한 사망률 또한 증가 추세로 지난 10년간 11.6%가 증가하여 우리나라의 4대 사망원인이 되었다(Korean National Statistical Office, 2003). 당뇨병은 지속적인 관리가 요구되는 만성질환으로 만성 고혈당은 심장질환으로의 유병율과 사망률에 직접적인 원인이 된다(Haffner, Lehto, Ronnema, Pyorala, & Laakso, 1998).

만성 고혈당을 관리할 수 있는 의학적 또는 간호학적 중재는 다양하게 제시되어 있으며(Joslin, Root & White, 1989; Kirk, Mutrie, MacIntyre, & Fisher, 2003) 그 중의 하나가 운동 프로그램이다. 제 2형 당뇨병 환자에게 있어서 규칙적인 운동은 당뇨의 합병증은 물론 대사와 관련된 위험요인을 감소시킴으로 매우 저렴하면서 효과적인 비 약물적인 방법으로 강조되고 있다(ADA, 1997).

제2형 당뇨병환자들을 대상으로 운동프로그램의 효과를 보고한 연구는 다양하다. 운동프로그램에서 운동의 종류는 속보, 달리기, 수영 등의 유산소 운동(Goldhaber-Fiebert, Tristan, Goldhaber-Fiebert, & Nathan, 2003)과 근육 강화운동(Dunstan, 1998; Castaneda, 2002) 및 유산소 운동과 근육강화운동을 동시에 실시하는 운동(Balducci, Leonetti, Mario, & Fallucca,

2004)등이 있고, 운동프로그램 단독으로 실시하여 효과를 측정한 연구가 있는 반면 (Loimaala et al., 2003), 식이요법 및 인지행동 변화요법을 동시에 실시한 연구도 있다(Smith, Heckemeyer, Kratt, & Mason, 1997). 그리고 그 결과로서 혈당개선효과, 체중 감량, 혈중 콜레스테롤의 감소 및 고밀도 지단백 콜레스테롤의 상승과 심폐기능의 향상 등 생리적 지표에 긍정적인 효과를 보고한 연구(Sone et al., 2002; Krook, Holm, Petterson, Wallberg-Henriksson, 2003)가 있는 반면, 운동 프로그램을 통하여 대조군과 비교하여 혈당감소의 효과를 입증하지 못한 연구도 있다(Vanninen, Uusitupa, Siitonen, Laitinen, & Lansimies, 1992; Wing et al., 1988). 즉 당뇨병 환자의 혈당조절을 위한 운동프로그램 실시 연구들이 다양하게 수행되어 왔음에도 불구하고, 각 연구에서 운동효과에 대한 유의성이 상이한데, 이를 임상에 그대로 적용하는 것은 운동의 적절성 및 효과성 측면에서 제한점이 있다고 할 수 있다. 이에 기존의 당뇨병환자의 운동프로그램을 보다 객관적인 관점에서 통합 적용할 수 있기 위해서는 무작위 할당하여 진행된 연구결과들을 메타분석을 통하여 폭넓게 검토할 필요가 있다고 생각한다.

메타 분석은 해당 연구 결과들의 통합(Outcome Synthesis)을 통하여 총괄적인 결론을 유도할 수 있는 통계적 기법으로 연구 결과가 다양할 때 각 연구의 결과를 병합하여 종합적인 결론을 유추함으로써 기존의 다양한 연구 결과들을 체계적으로 분석하고 좀 더 명확한 결과를 제시할 수 있는 것으로 (Song, 1998), 본 연구에서는 메타 분석을 통하여 제2형 당뇨

주요어 : 당뇨병, 운동, 메타분석, 당대사, 지질대사, 심폐기능

\* 이 논문은 2003년도 연세대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

1) 연세대학교 간호대학 간호학과 교수, 2) University of Illinois at Chicago 박사후 연구원. 투고일: 2004년 12월 22일 심사완료일: 2005년 4월 18일

병환자들에게 운동프로그램을 실시한 후 당대사, 지질대사 및 심폐기능에 미치는 효과를 규명하고자 한다.

## 연구 목적

본 연구는 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 운동프로그램을 실시한 후 당대사, 지질대사, 심폐기능의 효과를 분석한 연구 중 대상자 표집을 무작위로 실시한 연구 11편을 대상으로 메타 분석을 시행하였다. 구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

- 제2형 당뇨병 환자에게 적용한 운동프로그램 선행 연구의 특성을 분석한다.
- 운동프로그램의 효과를 메타 분석한다.
  - 제2형 당뇨병 환자에게 실시한 운동프로그램이 당대사 중 당화혈색소, 공복시 혈당에 미치는 효과를 분석한다.
  - 제2형 당뇨병 환자에게 적용한 운동프로그램이 지질대사 중 콜레스테롤, 고밀도 지단백 콜레스테롤, 저밀도 지단백 콜레스테롤에 미치는 효과를 분석한다.
  - 제2형 당뇨병 환자에게 적용한 운동프로그램이 심폐기능 중 최대산소 섭취량에 미치는 효과를 분석한다.
- 운동프로그램 방법에 따른 당대사, 지질대사의 효과를 메타 분석한다.
- 운동프로그램 전후 실험군과 대조군의 당화혈색소의 변화를 분석한다.

## 연구 방법

### 연구 설계

본 연구는 제 2형 당뇨병 환자에게 운동프로그램을 제공한 후 그 효과를 검증한 20년간의 연구들을 대상으로 연구 결과를 메타 분석한 연구이다.

### 연구대상 및 자료 수집 방법

연구대상은 2004년 10월까지 의학, 간호학 및 보건학 국외 학술지에 게재된 제2형 당뇨병 환자에게 실시한 운동중재 연구이며, 연구단위는 개개의 논문이다. 검색 web site는 Pubmed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed>)를 이용하였다. 문헌 검색 시 사용한 검색어는 “NIDDM and Exercise and Glucose metabolism”, “NIDDM and Exercise and Lipid metabolism”, “NIDDM and Exercise and Cardiology function”이었고, 연구대상자는 제2형 당뇨병 성인이며 내당능 장애환자는 제외하였다. 연구 설계는 보다 객관적인 관점에서 통합 적용할 수 있기 위해서 무작위 대조군 전후 실험설계로 제한하였다.

검색결과 “NIDDM and Exercise and Glucose metabolism”은 38개의 논문이 있었고, “NIDDM and Exercise and Lipid metabolism”은 47개, “NIDDM and Exercise and Cardiology function”은 2개로 총 87개의 논문이 있었다. 두 명의 연구자가 다음의 선정기준에 적합하지 평가하였다. 선정 기준으로는 운동 실시 이후 4-5주 이상 운동을 하면 조직의 생리적 반응이 향상되어 혈당의 변화는 올 수 있지만, 당화혈색소는 2개월 이상에서 서서히 나타나기 때문에(Lee, 1994), 운동프로그램의 기간을 2개월 이상인 연구로 제한하였으며, 운동의 형태 및 강도, 빈도, 기간에 대해 언급된 연구만 포함하였고, 실험군과 대조군에 대한 측정 변수로서 평균과 표준편차가 명확히 명시되어 있는 논문만을 포함하였다. 측정변수로서 당화혈색소, 공복시 혈당, 콜레스테롤, 고밀도 지단백 콜레스테롤, 저밀도 지단백 콜레스테롤, 최대산소섭취량( $VO_{2max}$ )을 측정된 연구를 포함하였으며 프로그램 직후 결과와 프로그램 끝난 후 일정기간이 지난 후 결과가 있는 경우는 프로그램 직후 결과만을 평가하였다. 운동의 형태에서 지도자가 있는 운동이나, 스스로 일지를 쓰면서 하는 운동 등을 모두 포함하였다. 식이요법과 병행하여 중재를 한 연구와 운동프로그램 전에 복용하던 약물을 지속하는 경우는 포함하였지만 두 군간 약물효과의 차이를 보기 위해 실험군에서만 약물을 사용한 연구는 제외하였다. 최종 분석을 위해 선택된 논문은 총 11편이었다.

### 분석 방법

- 운동프로그램 선행 연구의 특성 분석

운동프로그램 적용 연구의 특성을 분석하기 위하여 대상자 수, 대상자의 평균 연령, 당뇨기간, 운동프로그램의 특징(형태, 빈도, 기간, 강도), 식이요법 실시여부를 조사하였다.

- 운동프로그램 후의 효과 크기 분석

각각의 연구에서 운동프로그램 전 실험군과 대조군의 당대사, 지방대사, 심폐기능의 정도가 동질했기 때문에 프로그램 후 각 군에서 나타난 효과 변수의 평균을 계산하여 효과크기를 산출하였다. 각 운동프로그램의 효과 변수로서 당대사는 당화혈색소와 공복시 혈당, 지질대사는 총콜레스테롤, 고밀도 지단백 콜레스테롤, 저밀도 지단백 콜레스테롤, 심폐기능은 최대산소 섭취량으로 나누어 각각의 결과를 평균, 표준편차, 대상자 수로 나누어 코딩하였다. 같은 항목의 결과변수에 대해 다른 단위로 기록한 경우 mmol/l로 기록된 경우 mg/dl로 바꾸기 위하여 공복시 혈당은 mmol/l×18로 계산하였고, 콜레스테롤, 고밀도 지단백 콜레스테롤과 저밀도 지단백 콜레스테롤은 mmol/l×38.6으로 계산하여 기록하였다. 표준오차

(standard error)로 기록된 경우는 “ $\sqrt{n} \times$  표준오차”로 계산하여 표준편차(standard deviation)로 바꾸어 코딩하였다. 총 11편의 연구에서 효과 변수로서 당화 혈색소 11편, 공복시 혈당 8편, 최대산소섭취량 4편, 총콜레스테롤 8편, 고밀도 지단백 콜레스테롤 8편, 저밀도 지단백 콜레스테롤 6편에서 측정하였고, 변수별로 나누어 분석하였다.

모든 자료는 기술적 통계방법으로 분석하였고, 자료화된 논문의 결과는 SAS/PC software program(SAS 8.0)을 이용하여 분석하였고, 메타분석의 구체적인 절차는 다음과 같다. 먼저 각 연구의 효과크기(effect size) d를 추정하였고, 운동중재의 효과를 측정하기 위해 종속변수별로 역분산 가중법(inverse variance)을 이용하여 가중평균(weighted mean)을 추정하였다.

각각의 변수별 연구결과의 동질성을 검증하기 위하여 카이검증하였고, 동질성을 확인한 후 가중평균 효과크기를 비교하였다. 산출된 효과크기가 양(+)의 값이면 중재효과가 실험군에서 대조군과 비교하여 효과가 있는 것이고, 음(-)의 값이면 효과가 없는 것을 의미하며, 효과 크기의 정도를 비교할 때는 Cohen(1977)의 기준에 준하여 효과크기가 0.8 이상은 큰 효과, 0.5는 보통효과, 0.2이하면 작은 효과로 해석하였다.

## 연구 결과

### 운동프로그램의 일반적 특성

연구대상자의 수를 살펴보면 11편의 표본의 크기는 실험군이 278 명, 대조군이 266 명으로 총 544명이었다. 실험군의 평균 연령은  $57.7 \pm 7.3$  세, 대조군은  $56.6 \pm 7.5$  세였다. 당뇨 유병기간에 대한 언급이 없던 연구 3편과 8년 이상으로 제시한 1편의 연구를 제외하고 7편의 논문에서 평균 당뇨 유병기간은  $7.0 \pm 5.42$ 년이었다. 운동프로그램만 실시한 연구는 7편(63.6%)이었고, 식이요법이 함께 이루어진 것은 4편(36.4%)으로 실험군에서는 식이요법과 운동프로그램을 실시했고, 대조군에서는 실험군과 같은 내용의 식이요법만을 실시하였다. 식이요법의 내용은 각각 약간의 차이는 있었지만, 체중감량을 위해 당질 55-60%, 지방을 30% 이하로 유지하는 것이 주 내용이었다.

운동프로그램에 있어서 운동의 종류는 걷기, 속보, 신체활동 등의 유산소 운동이 7편(63.6%), 근육운동이 2편(18.2%), 유산소 운동과 근육운동을 함께 실시한 연구가 2편(18.2%)이었다. 주당 운동 횟수는 평균 주당  $3.6 \pm 1.5$ 일 이었고, 운동중재를 실시한 기간은 8주에서 48주까지로 평균  $20.7 \pm 14.5$ 주이며, 12주 이하가 4편(36.4%), 13주에서 23주 사이가 3편(27.2%), 24주 이상이 4편(36.4%) 이었다. 1회 운동시간은 평균  $49.1 \pm 13.6$ 분으로서 모두 30분 이상 60분의 범위에 있었다.

<Table 1> Characteristics of studies and exercise program

Research No	Authors(year)	Sample size	Age(year) mean±s.d	Disease Duration (year) mean±s.d	Diet Education Exp/Con	Exercise Intervention					
		Exp/Con	Exp/Con	Type		frequency /week	Duration (weeks)	Length (min)	Intensity		
1	Agurs-Collins et al (1997)	31/27	62.4± 5.9	61 ±5.7	NA	Y/Y	aerobic	3	12	30	low impact
2	Wing et. al. (1988)	12/13	56.2± 7.5	52.5±8.9	4.6±4.7	Y/Y	walking	3	10	60	1mile/1hour
3	Wing et. al. (1988)	15/15	56 ± 6.4	55.1±7.4	7.0±5.8	Y/Y	walking	3	10	60	1mile/1hour
4	Loimaala et. al. (2003)	24/25	53.6± 6.2	54 ±5.0	NA	N/N	aerobic /muscle	2/2	48	30	65-75%oof VO <sub>2max</sub> /70-80% of max voluntary contraction
5	Kirk et. al. (2003)	30/31	57.6± 7.9	57.6±7.9	6.0±4.5	N/N	physical activity	7	24	30	middle
6	Goldhaber-Fiebert et. al. (2003)	40/35	60 ±11.0	57 ±9.0	NA	Y/Y	brisk walking	3	12	60	low-high
7	Castaneda et. al. (2002)	31/31	66 ± 5.6	66 ±5.6	9.5±5.6	N/N	resistance	3	16	45	60-80% of 1RM
8	Dunstan et. al. (1998)	11/10	50 ± 6.6	51.1±7.0	5.2±4.0	N/N	circuit wt training	3	8	60	50-55% of 1RM
9	Ronnemaa et. al. (1986)	13/12	52.5± 7.0	52.5±7.0	7.1±6.1	N/N	aerobic	5-7	16	45	70% of VO <sub>2max</sub>
10	Balducci et. al. (2004)	62/58	60.9± 8.9	60.9±8.9	9.8±7.3	N/N	aerobic resistance	3	48	60	40-80% of HR /40-60% of 1RM
11	Alam et. al. (2004)	9/9	59.5± 7.5	55.3±9.6	over 8 year	N/N	aerobic	4	24	60	70% of VO <sub>2max</sub>
Total		278/266	57.7± 7.3	56.6±7.5	7.0±5.42		mean±s.d	3.6±1.5	20.7±14.5	49.1±13.6	

NA: Data not available, N: no, Y: yes, 1 RM: one repetition maximum strength testing,  $VO_{2max}$ : maximum oxygen uptake

운동의 강도는 저강도에서 고강도까지 다양했으며, 최대산소 섭취량 기준으로 65%-75%범위에서 이루어 것이 3편, 주관적인 강도를 이용한 것이 3편, 근육운동은 1RM(one repetition maximum strength testing) 기준으로 40%에서 80%의 강도를

유지한 것이 4편, 걷기 운동 속도로 1시간에 1 mile을 유지한 것이 2편이었다<Table 1>.

### 메타분석 결과

<Table 2> Results of meta-analysis for evaluating the effect of exercise programs

Dependent variable	No	Experimental group Mean(SD)	Control group Mean(SD)	Direction	Effect size (SD)	Weighted mean(d)	95% confidence interval	Homogeneity test Q(p)
HbA <sub>1c</sub> (%)	1	9.5( 1.8)	10.3( 1.9)	+	0.43(0.26)	0.55	0.35 to 0.75	6.79 (p>0.1)
	2	8.0( 1.3)	7.9( 1.7)	-	0.07(0.42)			
	3	8.2( 1.1)	9.0( 1.2)	+	0.70(0.39)			
	4	7.6( 1.4)	8.3( 1.4)	+	0.50(0.28)			
	5	8.0( 1.2)	9.2( 1.9)	+	0.75(0.30)			
	6	6.8( 2.3)	8.2( 2.3)	+	0.61(0.26)			
	7	7.6( 1.1)	8.3( 2.8)	+	0.33(0.26)			
	8	8.0( 1.7)	8.3( 2.2)	+	0.15(0.44)			
	9	8.6( 1.9)	9.9( 1.7)	+	0.72(0.41)			
	10	7.7( 1.2)	9.2( 1.5)	+	1.10(0.51)			
	11	7.1( 1.2)	8.3( 1.7)	+	0.81(0.20)			
Fasting Blood Glucose (mg/dℓ)	2	136.8(45.5)	140.4(56.2)	+	0.07(0.42)	0.38	0.19 to 0.58	4.68 (p>0.1)
	3	151.2(32.4)	165.6(48.8)	+	0.34(0.39)			
	6	167.0(83.0)	187.0(78.0)	+	0.25(0.20)			
	7	142.0(70.7)	160.0(90.8)	+	0.21(0.24)			
	8	169.0(47.7)	176.0(73.9)	+	0.11(0.44)			
	9	189.0(79.2)	202.0(39.6)	+	0.21(0.40)			
	10	162.0(54.0)	194.0(64.8)	+	0.54(0.48)			
VO <sub>2max</sub> (mL/kg/min)	11	129.0(37.0)	163.0(59.6)	+	0.69(0.20)	0.50	0.1 to 0.89	1.53 (p>0.1)
	4	33.8( 5.5)	31.8( 6.6)	+	0.33(0.28)			
	5	20.1( 5.8)	19.0( 4.5)	+	0.21(0.28)			
	9	29.3( 6.2)	25.9( 6.7)	+	0.53(0.41)			
Cholesterol (mg/dℓ)	11	24.8( 7.5)	23.9( 7.8)	+	0.35(0.48)	0.27	-0.03 to 0.37	3.03 (p>0.1)
	1	226.8(35.9)	231.2(39.2)	+	0.12(0.26)			
	2	205.0(37.8)	197.6(24.1)	-	0.24(0.42)			
	3	162.5(32.0)	171.4(22.3)	+	0.33(0.39)			
	5	182.6(43.0)	186.0(47.0)	+	0.08(0.28)			
	6	239.0(40.0)	228.0(47.0)	-	0.25(0.26)			
	7	185.7(34.3)	181.4(38.6)	-	0.12(0.24)			
	10	195.0(35.4)	212.0(31.5)	+	0.51(0.17)			
HDL Chol (mg/dℓ)	11	154.4(46.3)	177.6(46.3)	+	0.50(0.48)	0.11	-0.08 to 0.31	5.14 (p>0.1)
	1	46.1( 8.1)	50.9(12.9)	-	0.45(0.26)			
	2	34.7( 8.5)	37.8( 8.0)	-	0.38(0.44)			
	3	36.2( 7.0)	37.0( 7.5)	-	0.11(0.37)			
	5	45.9(10.0)	42.0(10.1)	+	0.39(0.28)			
	6	40.0(10.0)	39.0( 8.0)	+	0.11(0.26)			
	7	48.3(12.8)	47.8(15.1)	+	0.04(0.24)			
	10	48.6(12.1)	45.3( 9.8)	+	0.30(0.17)			
LDL Chol (mg/dℓ)	11	52.1(11.6)	38.6(11.6)	+	1.16(0.51)	0.12	-0.08 to 0.31	4.15 (p>0.1)
	1	156.1(32.8)	150.1(27.8)	-	0.20(0.26)			
	5	101.5(37.0)	97.6(25.0)	-	0.12(0.28)			
	6	161.0(50.0)	143.0(35.0)	-	0.41(0.26)			
	7	104.2(27.9)	117.0(32.2)	+	0.43(0.26)			
	10	124.0(28.7)	134.0(31.6)	+	0.33(0.17)			
	11	88.8(34.2)	108.0(46.2)	+	1.25(0.52)			

HbA<sub>1c</sub>: glycosylated hemoglobin, VO<sub>2max</sub>: maximal oxygen uptake,

HDL chol: high density lipoprotein cholesterol, LDL chol: low density lipoprotein cholesterol

• 운동프로그램의 효과

각 연구의 종속변수의 평균, 표준편차, 효과크기, 병합된 효과크기, 병합된 효과 크기의 95% 신뢰구간과 동질성 검증의 결과는 다음과 같다<Table 2>.

운동프로그램 후 당화혈색소의 실험군 평균은  $7.9 \pm 0.7\%$ 이고, 대조군 평균은  $8.8 \pm 0.8\%$ 이었다. 11개의 연구결과는 동질적이었고( $Q=6.79$ ,  $p>0.1$ ) 11개 모두를 포함한 병합된 효과크기는  $0.55(CI:0.35 \sim 0.75)$ 로 중간크기의 효과를 나타내었다.

공복시 혈당은 총 8개의 논문에서 측정하였으며 실험군 평균은  $155.8 \pm 19.8 \text{mg/dl}$ , 대조군 평균은  $173.5 \pm 20.3 \text{mg/dl}$ 이었다. 8개의 연구결과는 동질적이었고( $Q=4.68$ ,  $p>0.1$ ) 병합된 효과크기는  $0.38(CI:0.19 \sim 0.58)$ 로 중간이하의 효과를 나타냈다.

최대산소 섭취량은 총 4개의 논문에서 측정하였으며 실험군 평균은  $27.0 \pm 5.9 \text{mL/kg/min}$ , 대조군 평균  $25.2 \pm 5.3 \text{mL/kg/min}$ 이었다. 4개의 연구 결과는 동질적이었고( $Q=1.53$ ,  $p>0.1$ ) 병합된 효과크기는  $0.5(CI:0.9 \sim 0.89)$ 로 중간정도의 효과를 나타냈다.

콜레스테롤은 총 8개의 논문에서 측정하였으며, 실험군 평균은  $193.9 \pm 29.2 \text{mg/dl}$ , 대조군 평균은  $198.2 \pm 23.1 \text{mg/dl}$ 이었다. 8개의 연구 결과는 동질적이었고( $Q=3.03$ ,  $p>0.1$ ) 병합된 효과크기는  $0.27(CI:-0.03 \sim 0.37)$ 로 중간이하의 효과를 나타냈다.

고밀도 지단백 콜레스테롤은 총 8개의 논문에서 측정하였으며, 실험군 평균은  $44.0 \pm 6.28 \text{mg/dl}$ , 대조군 평균은  $42.3 \pm 5.16 \text{mg/dl}$ 이었다. 8개의 연구 결과는 동질적이었고( $Q=5.14$ ,  $p>0.1$ ) 병합된 효과크기는  $0.11(CI:-0.08 \sim 0.31)$ 로 나타났다.

저밀도 지단백 콜레스테롤은 총 6개의 논문에서 측정하였으며, 실험군 평균은  $122.6 \pm 30.1 \text{mg/dl}$ , 대조군 평균은  $125.0 \pm 20.7 \text{mg/dl}$ 이었다. 6개의 연구 결과는 동질적이었고( $Q=4.15$ ,  $p>0.1$ ) 병합된 효과크기는  $0.12(CI:-0.08 \sim 0.31)$ 로 나타났다.

• 운동프로그램 방법에 따른 효과

각 운동 프로그램의 방법에 따라 당대사와 지질대사의 효

과크기의 차이는 다음과 같다<Table 3>. 실험군에서 운동프로그램과 식이요법을 실시하고 대조군에서 식이요법을 실시한 연구는 4편이고, 실험군에서 운동프로그램만 실시하고 대조군에서 특별한 중재를 실시하지 않은 연구는 7편이었다. 각 집단의 당화혈색소, 공복시 혈당, 콜레스테롤, 고밀도 지단백 콜레스테롤, 저밀도 지단백 콜레스테롤 등의 효과 크기는 모두 동질적으로 나타났고( $p>0.1$ ), 대조군에서 식이요법을 실시했는지 여부에 따라 당화혈색소의 병합된 효과크기가 각각 0.39, 0.63으로 대조군에서 식이요법을 하지 않고 실험군에서 운동프로그램만 실시한 연구가 대조군과 비교하여 효과가 크게 나타났다. 공복시 혈당도 대조군에서 식이요법 실시 여부에 따라 효과크기가 각각 0.24, 0.45로 나타나 대조군에서 식이요법을 실시하지 않고, 실험군에서 운동프로그램만 실시한 연구의 효과크기가 대조군과 비교하여 크게 나타났다. 그러나 콜레스테롤, 고밀도 지단백 콜레스테롤, 저밀도 지단백 콜레스테롤은 대조군에서 식이요법을 실시하고, 실험군에서 운동프로그램과 식이요법을 실시한 연구들에서는 대조군과 비교하여 효과가 나타나지 않았고(Weighted mean: 0.04, -0.18, -0.31), 대조군에서 식이요법을 실시하지 않고, 실험군에서 운동프로그램을 실시한 연구들은 대조군과 비교하여 낮은 효과가 나타났다(Weighted mean: 0.26, 0.31, 0.32).

• 운동종류에 따른 효과

유산소 운동만 실시한 연구는 7편, 근육운동만 실시한 연구는 2편, 유산소와 근육운동을 함께 한 연구는 2편으로서 각각은 동질한 그룹이었고( $Q=8.6$ , 0.11, 1.06,  $p>0.1$ ), 병합된 효과크기는 유산소 운동과 근육운동을 함께 한 연구는 0.65( $CI:0.18 \sim 1.12$ )였으며, 유산소 운동을 실시한 연구는 0.59( $CI:0.4 \sim 0.79$ )로 중간 이상의 효과를 나타내었고, 근육운동만 실시한 경우는 0.28( $-0.15 \sim 0.72$ )로 작은 효과크기를 나타내었다<Table 4>.

<Table 3> Comparison of effect size according to exercise program

Intervention	Method	HbA <sub>1c</sub>			Fasting Blood glucose			Cholesterol		HDL Cholesterol		LDL Cholesterol				
		n	Weighted mean	95% Confidence interval	n	Weighted mean	95% Confidence interval	n	Weighted mean	95% Confidence interval	n	Weighted mean	95% Confidence interval			
Experimental	both exercise and diet	4	0.39	-0.48 to 1.25	3	0.24	-0.16 to 0.63	4	0.04	-0.24 to 0.31	4	-0.18	-0.45 to 1.0	2	-0.31	-0.64 to 0.03
Control	only diet															
Experimental	exercise	7	0.63	0.44 to 0.83	5	0.45	0.18 to 0.73	4	0.26	-0.10 to 0.53	4	0.31	0.03 to 0.58	4	0.32	0.05 to 0.59
Control	no exercise															

<Table 4> Comparison of effect size on HbA<sub>1c</sub> according to exercise methods

Exercise methods	n	HbA <sub>1c</sub> Weighted mean	95% Confidence interval
Aerobic exercise	7	0.59	0.40 to 0.83
Resistance exercise	2	0.28	-0.15 to 0.72
Aerobic & Resistance exercise	2	0.65	0.18 to 1.12
Exercise duration < 23weeks	7	0.38	0.19 to 0.58
Exercise duration ≥24weeks	4	0.75	-0.13 to 0.63

- 운동기간에 따른 효과

중재 기간에 따라 23주 이하로 실시한 연구는 7편, 24주 이상 실시한 연구는 4편으로 각각의 그룹은 동질한 그룹이었고 ( $Q=6.15, 1.33, p>0.1$ ), 병합된 효과크기는 24주 이상 실시한 연구가 0.75(CI:-0.13~1.63)이고 23주 이하 실시한 연구가 0.38(CI:0.19~0.58)로 중재기간이 긴 경우 더 효과가 큰 것으로 나타났다<Table 4>.

## 운동프로그램 전후 당화혈색소의 차이

운동프로그램 전후 당화혈색소의 변화를 <Table 5>에서 제시하였다.

실험군은 실험전에 9.08%에서 실험후 7.92%로 1.17%의 감소를 보여 통계적으로 유의한 차이가 있었고( $Z=-2.94, p<0.05$ ), 대조군은 9.07%에서 8.81%로 0.26%의 감소를 보였지만 통계적 차이는 없었다. 또한 실험군과 대조군의 당화혈색소의 두 군 간 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $Z=-2.94, p<0.05$ ).

대조군에서 식이요법을 실시한 연구 4편과 어떠한 처치도 하지 않은 7편의 연구를 실험군과 비교해 볼 때, 앞의 4편의

연구에서는 실험 전후의 차이가 실험군과 대조군간 유의한 차이가 없었으나( $Z=-1.826, p>0.05$ ), 뒤의 7편의 연구에서는 실험 전후 실험군에서 0.77%의 감소를 보였고, 대조군에서는 0.08% 증가를 보여 두 군간 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $Z=-2.384, P<0.05$ ).

## 논 의

본 연구는 제 2형 당뇨병 환자를 대상으로 운동프로그램을 실시한 후 당대사, 지질대사 및 심폐 기능의 효과를 분석한 연구 중 대상자 표집을 무작위 추출한 연구 11편을 대상으로 메타 분석을 실시하였다.

메타 분석의 대상인 총 11편의 논문은 당대사, 지질대사, 심폐 기능에 있어서 각각의 변수들의 수치가 모두 동질한 것으로 나타나 병합이 가능했고, 병합된 효과크기에 있어서 효과 정도에 차이는 있었지만, 전체적으로 효과가 있는 것으로 나타났다.

당대사로 당화혈색소와 공복시 혈당의 병합된 효과크기가 각각 0.55와 0.38로 중간 정도의 효과 크기를 나타내었지만, 지질대사로서 측정된 콜레스테롤, 고밀도 지단백 콜레스테롤,

<Table 5> Changes in HbA<sub>1c</sub> before versus after exercise program between groups

Case	n	HbA <sub>1c</sub>	Experimental group	Control group
Total	11	Before program	9.08±0.99	9.07±0.93
		After program	7.91±0.72	8.81±0.77
		Difference of before-after	1.17±0.66	0.26±0.75
		Z score of before-after	Z=-2.94*	Z=-0.56
		Z score of group difference	Z=-2.94*	
Experimental(Exercise and Diet) Control(Diet)	4	Before program	9.97±1.06	9.72±0.97
		After program	8.12±1.11	8.85±1.07
		Difference of before-after	1.85±0.39	0.87±1.01
		Z score of before-after	Z=-1.826*	Z=-1.461
		Z score of group difference	Z=-1.826	
Experimental(Exercise) Control(No intervention)	7	Before program	8.57±0.50	8.69±0.73
		After program	7.79±0.46	8.77±0.65
		Difference of before-after	0.77±0.40	-0.08±0.24
		Z score of before-after	Z=-2.371*	Z=-0.946
		Z score of group difference	Z=-2.384*	

\*  $p<0.05$

저밀도 지단백 콜레스테롤의 병합된 효과크기는 각각 0.27, 0.11, 0.12로 작은 효과크기를 나타내었다. 심폐기능의 변화를 파악하기 위해 최대 산소 섭취량을 분석하였고, 그 병합된 효과크기는 0.5로 보통의 효과크기를 나타냈다. 본 연구 결과와 마찬가지로 총 266명의 당뇨병환자가 포함된 7개의 연구에서 운동중재가 심폐 기능에 미치는 영향에 대한 메타 분석 결과 실험군은 최대산소 섭취량의 11.8%가 증가하였고, 대조군은 1%의 감소를 보여 규칙적인 운동은 임상적으로나 통계적으로 최대산소 섭취량에 효과가 있음이 입증되었다(Boule, Kenny, Haddad, Wells & Sigal, 2003).

운동프로그램 방법별로 비교하였을 때 대조군에서 식이요법을 실시한 경우와 실시하지 않는 군으로 나누어 당화혈색소의 병합된 효과 크기를 비교하였을 때, 대조군에서 아무 중재를 실시하지 않고 실험군에서 운동프로그램만 실시한 연구에서의 병합된 효과크기가 대조군에서 식이교육을 하고, 실험군에서 운동프로그램과 식이교육을 한 연구들 보다 높게 나타났다. 이는 운동프로그램만 하는 것이 운동프로그램과 식이요법을 동시에 실시하는 것 보다 효과가 커서가 아니라, 실제적으로는 대조군에서 규칙적인 운동을 하지 않더라도 식이 교육을 통해서 혈당 조절에 효과가 있었기 때문에 실험군의 효과가 대조군과 비교했을 때 작은 효과로 나타난 것이라 할 수 있다. 또한 식이교육을 실시한 대조군 4편과 운동프로그램만 실시한 실험군 7편에서 당화혈색소의 실험 전후의 변화는 각각 0.87%와 0.77%의 감소를 보인 것을 통해 운동프로그램 만큼 식이요법도 당대사에 중요하게 반영됨을 다시 확인할 수 있다.

지질대사의 효과크기는 전체적으로 낮은 효과로 나타났고, 대조군의 식이교육 여부에 따라 차이가 있어서 콜레스테롤, 고밀도 지단백 콜레스테롤, 저밀도 지단백 콜레스테롤들은 대조군에서 식이 요법을 실시한 연구와 비교한 실험군의 효과는 없는 것으로 나타났다. 또한 실험군에서 운동프로그램만 실시하고 대조군에서 아무런 중재를 주지 않은 연구들의 지질대사의 효과크기도 모두 작은 효과를 나타내었는데 운동프로그램을 통해서 콜레스테롤의 수치 변화는 약간의 효과만 있을 뿐 아니라 대조군에서 실시한 식이 중재만으로도 운동프로그램만 실시한 경우와 같은 정도의 효과가 있음을 알 수 있다.

운동의 종류별로 비교하였을 때 유산소 운동과 근육운동을 함께 한 연구들과 유산소 운동만 한 연구들은 각각 병합된 효과크기가 0.65, 0.59로 중간 이상의 효과크기를 나타냈지만, 근육운동만 한 경우는 0.28로 작은 효과를 나타내어서 당뇨병환자들의 당대사에 보다 효과적인 운동방법은 유산소 운동이라고 생각할 수 있겠다. 그러나 근육운동만 실시한 연구가 2편 밖에 없었기 때문에 좀 더 다양한 연구를 포함하여 차후에

재분석 하는 것이 해석의 객관성을 위해 필요하다고 생각된다. 운동기간이 23주 이하인 연구와 24주 이상인 연구의 당화혈색소는 각각 0.38과 0.75로 기간이 긴 연구가 큰 효과를 나타내었다.

운동프로그램 전후 실험군에서 당화혈색소의 변화는 통계적으로 유의하게 차이가 있었지만, 운동프로그램과 식이요법을 실시한 실험군 및 식이요법을 실시한 대조군은 실험 전후 당화혈색소가 줄어들긴 했지만 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 이는 대조군에서 실시한 식이요법의 효과가 반영되었기 때문으로 생각되며, 더 많은 수의 무작위 할당의 운동프로그램과 식이요법 실시 연구를 포함시켜 재분석을 시행해 볼 필요가 있다. 그를 통해 당뇨병환자 관리를 좀 더 효율적인 방법으로 접근할 수 있으리라 생각된다.

본 연구에서는 운동의 종류별로 강도가 다양하여 측정하지 않았지만, Boule 등(2003)의 연구에 의하면 최대산소 섭취량의 50%에서 75%로 운동중재를 한 연구들 가운데 운동 강도가 높은 연구의 경우 최대산소 섭취량이 더 큰 상승을 보였고, 중재 후 당화혈색소의 감소를 예측하는 요인으로 밝혀져 심폐 기능 및 당화혈색소에 효과를 위해서는 대상자에게 적절한 강도 유지가 중요함을 알 수 있다. 한편 근육운동이 비만과 고혈압을 주호소로 하는 대사 증후군 환자에게 있어서 증상 개선에 이바지하는(Franse et al., 2001) 동시에 인슐린 감수성을 증가시키는 것으로 나타나(Ivy JL, 1997), 대상자의 선호도에 따라 근육운동을 첨가하는 것도 유익할 것으로 생각된다. 이상에서 제 2형 당뇨병환자들의 운동프로그램의 구성요소에는 운동 종류의 고려 즉 유산소 운동과 근육 운동의 병합된 형태가 가장 바람직하며, 운동의 기간은 6개월 이상해야 큰 효과를 얻을 수 있으며, 강도의 범위를 정하여 점차 증가시키지만 일정 강도를 유지할 수 있는 프로그램을 기본으로 해야 한다고 생각된다.

## 결론 및 제언

본 연구는 1985년부터 2004년까지 의학, 간호학 및 보건학 학술지에 게재된 논문 중 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 운동프로그램을 적용한 무작위 표출 연구를 대상으로 하였다. 연구 대상자는 총 544명이었고, 연구의 특성을 분석한 후, 당대사, 지질대사, 심폐기능의 효과크기를 산출하고 운동프로그램의 방법별 특성에 따라 효과를 파악하기 위하여 메타 분석을 실시하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

- 운동중재 프로그램의 효과크기를 종속변수별로 분석한 결과 당화혈색소( $d=0.55$ ), 공복시 혈당( $d=0.38$ ), 최대 산소 섭취량( $d=0.5$ ), 콜레스테롤( $d=0.27$ ), 고밀도 지단백 콜레스테

콜(d=0.11), 저밀도 지단백 콜레스테롤(d=0.12)의 효과크기가 작은 효과에서 중간정도 효과를 나타냈다.

- 대조군의 식이요법 실시 여부에 따라 당대사의 효과크기에 차이가 있었으며, 지질대사의 효과크기는 식이요법은 실시하지 않고, 운동프로그램만 실시한 실험군에서는 작은 효과크기를 나타내었다.
- 운동의 종류 중에 유산소 운동이 주가 된 연구들은 효과가 중간 이상으로 나타났고, 근육운동만 실시한 연구는 작은 효과를 나타내었으며, 24주 이상인 연구는 그보다 짧은 연구보다 큰 효과를 나타내었다.

이상의 연구 결과를 통해 당뇨병자들에게 실시한 운동프로그램이 당화혈색소, 공복시 혈당, 최대산소 섭취량 및 지질대사의 일부에 효과가 있으며, 방법에 따라 효과크기에 차이가 있지만 결과적으로 당뇨병자의 건강증진에 효과적임을 알 수 있었다.

본 연구는 최근 증가하는 당뇨병자 운동 프로그램의 효과를 검증함으로써 그 결과를 의료기관 또는 지역사회 내 각종 보건 사업을 수행하는 임상 현장에서의 환자관리를 위해 활용하고 더 나아가 의학 교육이나 보건 교육의 기초자료로 활용할 수 있으며, 당뇨를 포함하여 고혈압, 고지혈증, 비만 및 만성 심폐 질환 등 다양한 대상자군의 운동효과 연구를 활성화하는데 기여할 수 있다는 데 의의가 있다. 그러나 본 연구는 제2형 당뇨병환자들에게 운동프로그램을 실시한 무작위 표출 연구 중 선정기준에 맞는 일부만을 분석한 것으로 대상 논문에서 당대사, 지질대사, 심폐기능의 각각의 변수들을 모두 측정 한 것이 아니라 일부의 결과들은 분석한 변수가 적어 해석에 주의를 기울여야 하는 제한점이 있으므로 추후 다수의 무작위 추출 실험연구를 확보한 후 재분석연구를 제안한다.

## References

- Agurs-Collins, T. D., Ten Have, T. R., Kumanyika, S. K., & Adams-Campbell, L. L. (1997). A randomized controlled trial of weight reduction and exercise for diabetes management in older African American subjects. *Diabetes Care*, 20(10), 1503-1511.
- American Diabetes Association. (1997). Diabetes mellitus and exercise. *Diabetes care*, 29, 1909-1912.
- Balducci, S., Leonetti, F., Mario, U. D., & Fallucca, F. (2004). Is long term aerobic plus resistance training program feasible for and effective on metabolic profiles in Type 2 diabetic patients?. *Diabetes Care*, 27, 841-842.
- Boule, N. G., Kenny, G. P., Haddad, E., Wells, G. A., & Sigal, R. J. (2003). Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia*, Aug, 46(8), 1071-81.
- Boule, N. G., Haddad, E., Kenn, G. P., Wells, G. A., & Sigal, R. J. (2001). Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 Diabetes Mellitus. *JAMA*, 286, 1218-1223.
- Castaneda, C., Layne, J. E., Munoz-Orians, L., Roubenoff, R., Tucker, K. L., & Nelson, M. E. (2002). A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 25, 2335-2341.
- Chae, J. S. (2004). Main health problem and risk factor among Korean, *Health Welfare Forum*.
- Cohen, R. J. (1977). *Statistical Power Analysis for the Behavior Sciences*. New York: Academic Press.
- Dunstan, D. W., Puddey, I. B., Berlin, L. J., Burke, V., Morton, A. R., & Stanton, K. G. (1998). Effects of short term circuit weight training program on glycemic control in NIDDM. *Diabetes Res Clin Pract*, 40, 53-61.
- Dunstan, D. W., Daly, R. M., Neville, Owen., Damien Jolly, Maximilian de Courten, Jonathan Shaw., & Paul Zimmet. (2002). High intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes care*, 25, 1729-1736.
- Goldhaber-Fiebert, J., Tristan, M. L., Goldhaber-Fiebert, S. N., & Nathan, D. M. (2003). Randomized controlled community-based nutrition and exercise intervention improves glycemia and cardiovascular risk factor in type 2 diabetic patients in rural CostRica. *Diabetic Care*, 26, 24-29.
- Franse, L. V., Di Bari, M., Shorr, R. I., Resnick, H. E., van Eijk, J. T., Bauer, D. C., Newman, A. B., & Pahor, M. (2001). Type 2 diabetes in older well-functioning people: who is undiagnosed? Data from the Health, Aging, and Body Composition study. *Diabetes Care*, 24, 2065 - 2070.
- Haffner, S., Lehto, S., Ronnema, T., Pyorala, K., & Laakso, M. (1998). Mortality from coronary heart disease in subjects with type 2 diabetes and in non-diabetic subjects with and without prior myocardial infarction. *N Engl J Med*, 339, 229-234.
- Ivy, J. L. (1997). Role of exercise training in the prevention and treatment of insulin resistance and non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Sports Med*, 24, 321-336.
- Joslin, E. P., Root, E. F., & White, P. (1989). *The treatment of diabetes mellitus*. Philadelphia, Pa: Lea & Febiger.
- Korean National Statistical Office. (2003). Statistics of main death rate in Korea.
- Kirk, A., Mutrie, N., MacIntyre, P., & Fisher, M. (2003). Increasing physical activity in people with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 26, 1186-1192.
- Krook, A., Holm, I., Pettersson, S., & Wallberg-Henrisson, H. (2003). Reduction of risk factors following lifestyle modification programme in subjects with type 2 diabetes mellitus. *Clin Physiol & Func Im*, 23, 21-30.
- Lee, Y. H. (1994). *Exercise physiology*. Seoul, Bo-Kyung Publish.
- Loimaala, A., Huikuri, H., Koobi, T., Rinne, M., Nenonen, A.,



- & Vuori, I. (2003). Exercise training improves baroreflex sensitivity in type 2 diabetes. *Diabetes*, 52, 1837-1842.
- Ronnemaa, T., Mattila, K., Lehtonen, A., & Kallio, V. (1986). A controlled randomized study on the effect of longitudinal physical exercise on the metabolic control in type2 diabetic patient. *Acta Med Scand*, 220, 219-224.
- Smith, D. E., Heckemeyer, C. M., Kratt, P. P., & Mason, D. A. (1997). Motivational interviewing to improve adherence to behavioral weight control program for older obese women with NIDDM: A pilot study. *Diabetes Care*, 20(1), 52-54.
- Sone, H., Katagiri, A., Ishibashi, S., Abe, R., Saito, Y., & Murase, T. (2002). Effects of lifestyle modifications on patients with type 2 diabetes: The Japan Diabetes Complication Study(JDCS) study design, baseline analysis and three year- interim report. *Horm Metab Res*, 34, 509-515.
- Song, H. H. (1998). *Meta-Analysis*. Seoul: Chung Mun Gak Co.
- Vanninen, E., Uusitupa, M., Siitonen, O., Laitinen, J., & Lansimies, E. (1992). Habitual physical activity, aerobic capacity and metabolic control in patients with newly diagnosed type2(non-insulin-dependent) diabetes mellitus: effect of 1 year diet and exercise intervention. *Diabetologia*, 35, 340-346.
- Wing, R. R., Epstein, L. H., Paternostro-Bayles, M., Kriska, M. P., Nowalk, M. P., & Gooding, W. (1988). Exercise in a behavioral weight control programme for obese patients with type 2diabetes. *Diabetologia*, 31, 902-909, 5(4), 340-346.

## A Meta-Analysis of the Effects of Exercise Programs on Glucose and Lipid Metabolism and Cardiac Function in Patients with Type II Diabetes Mellitus

Yoo, Ji Soo<sup>1)</sup> · Lee, Suk Jeong<sup>2)</sup>

1) Professor, College of Nursing, Yonsei University

2) Post Doctor Researcher, College of Nursing, University of Illinois at Chicago

**Purpose:** This study was a systematic review and meta-analysis of the effects of exercise programs in patients with type II diabetes mellitus. **Method:** Two investigators systematically searched and reviewed English articles from PUBMED from 1988 to 2004, selecting randomized controlled trials on structured exercise programs for DM patients. Out of 87 studies identified, a meta analysis was done for eleven studies which satisfied inclusion criteria and focused on glycemic indices, lipid indices, and cardiac function indices. **Results:** The means and standard deviations were compared for experimental groups that received exercise-only or exercise and diet programs and control groups that received no intervention or only diet education. The groups were considered homogeneous as the p value of the Q score in each variable group was over 0.05. The experimental groups demonstrated a moderate positive effect on HbA<sub>1c</sub> and VO<sub>2max</sub> (d=0.55 & 0.5), and a small positive effect on fasting blood glucose and cholesterol (d=0.38 & 0.27) compared to the control groups. HDL and LDL cholesterol levels, however, showed a very low positive effect (d=0.11 & 0.12) in the experimental groups. Aerobic exercise was more beneficial than resistance exercise on HbA<sub>1c</sub> (d=0.59 vs 0.28) in the groups. **Conclusions:** Regular exercise has a positive effect on HbA<sub>1c</sub>, fasting blood glucose, total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol, and VO<sub>2max</sub> in Type 2 diabetic patients.

**Key words :** Meta-Analysis, Exercise, Diabetes mellitus, Glucolysis, Lipolysis

• Address reprint requests to : Lee, Suk Jeong

Office #1156, College of Nursing, University of Illinois at Chicago  
845 S. Damen Avenue. Chicago Illinois 60612-7350  
Tel: +1-312-996-5275 E-mail: LSJ1109@yahoo.co.kr