



걷기와 탄력밴드 운동이 제2형 당뇨 여성노인의 혈중지질, 엔도텔린-1 및 혈관내피성장인자에 미치는 영향

김보성(부산대학교, 석사)·하수민(부산대학교, 박사 후 연구원)·김종원(부산교육대학교,
교수)·김수진(경남정보대학교, 교수)·김도연*(부산대학교, 교수)

국문초록

본 연구는 만 65~75세 제2형 당뇨 여성노인을 대상으로 12주간의 걷기와 탄력밴드 운동 프로그램이 혈중 지질, 엔도텔린-1 및 혈관내피성장인자에 미치는 영향을 구명하기 위하여 복합운동군 14명, 대조군 13명으로 구분하여 실시하였다. 걷기와 탄력밴드 운동은 주 2회, 회당 60분으로 구성하였고, 2019년 5월부터 8월에 걸쳐 실시되었다. 걷기운동은 1-4주는 최대여유심박수의 40-50%, 5-8주는 50-60%, 9-12주는 60-70%의 강도로 실시하였고, 탄력밴드 운동은 1-4주 12회/1세트, 5-8주 12회/2세트, 9-12주 15회/2세트로 점증적으로 강도를 증가하였다. 운동 전·후의 항목별 상호작용 효과 검증을 위해 이원배치 반복측정 분산분석을 실시하였으며 상호작용효과 검증을 위해 시기 간 대응표본 t검정, 집단 간 독립표본 t검정, 각 항목별 유의수준은 .05로 설정하여 분석하였다. 그 결과 중성지방($p=.019$), 엔도텔린-1($p=.002$)에서 상호작용 효과가 나타났고, 운동군의 중성지방 감소($p=.028$)와 고밀도 지단백 콜레스테롤이 증가($p=.008$)하였다. 운동군의 엔도텔린-1($p=.085$) 및 혈관내피성장인자($p=.613$)에서는 유의한 차이가 없었으나, 대조군의 엔도텔린-1($p<.001$)이 증가하였다. 결론적으로 12주간 걷기와 탄력밴드 운동은 중성지방 수준의 감소시키고 엔도텔린-1의 활성을 억제함으로써 제2형 당뇨 여성노인의 혈관질환을 예방하는데 효과적인 운동이라고 사료된다.

한글주요어 : 걷기 운동, 탄력밴드 운동, 제2형 당뇨병, 혈중지질, 엔도텔린-1, 혈관내피성장인자

* 김도연, 부산대학교, E-mail : kdy4955@pusan.ac.kr

I. 서론

기대수명의 증가와 저출산율은 노인 인구수를 증가시키고 이는 고령자의 다양한 건강 문제를 야기한다(통계청, 2019). 노화에서 심혈관질환은 강력한 건강 위협인자이면서, 대부분의 사회에서 심혈관질환은 질병 이환율과 사망의 주요 원인으로 나타난다(Seals, Brunt, & Rossman, 2018). 더불어 나이가 증가함에 따라 제2형 당뇨병과 심혈관질환의 위험요소도 함께 증가한다(Ford, Giles, & Dietz, 2002; Selvin, Coresh, & Brancati, 2006; Wilson & Kannel, 2002).

당뇨병은 “세계적으로 유행하는 질병(global epidemic)” 중 하나이며, 그 유병율과 발병률의 급격한 증가는 선진국과 개발도상국 간의 구분이 없다(Heng, Qi, Yang, & Xu, 2015). 우리나라 당뇨병 환자는 2010년 320만 명에서 2050년에는 591만 명까지 증가할 것으로 추정하고 있다(조도연, 2015). 이러한 인구 고령화 문제로 인해 의료비 및 사회경제적 부담이 늘어나고, 노인 인구 중 25.1%는 공복혈당장애인 것으로 보고되었다(통계청, 2018).

당뇨병은 고혈당, 중성지방과 총콜레스테롤 증가와 고밀도 지단백 콜레스테롤을 감소시키고, 대사적 이상을 유발하는 특징과 산화스트레스로 인한 혈관내피세포의 기능 이상, 저도염증(low-grade inflammation) 등의 병리·생리적인 특징이 있다(Belalcazar et al., 2010; Hartge, Unger, & Kintscher, 2007).

특히, 제2형 당뇨병이 장기간 지속될 경우, 혈관질환으로 이어져 합병증을 일으킨다(윤관수, 김경

애, 이만균, 2020). 혈관은 혈액을 통해 물질을 운반하는 순환계의 중요한 경로이며, 혈관 벽의 평활근 세포와 내피세포는 혈관의 병리에 중요한 역할을 담당한다(이은희 등, 2007).

혈관내피세포에서 생성되는 엔도텔린-1(Endothelin-1; ET-1)은 혈관의 평활근 세포에서 수축 및 증식을 활성화하고, 혈관경직과 동맥경화의 발현에 관여한다(김은희, 홍가람, 이슬희, 정현훈, 박상갑, 2018). 엔도텔린-1의 증가는 고혈압, 만성신장 질환 및 당뇨병 환자에서 나타난다(Barton & Pollock, 2012; Kohan & Barton, 2014).

혈중지질은 고혈압, 동맥경화 등의 진단지표로 사용되고(Fernandez & Webb, 2008), 높은 혈장 수준은 관상동맥질환의 가장 중요한 위험요인 중 하나이며(Teslovich et al., 2010), 혈중 중성지방의 증가는 혈관내피세포의 기능 장애를 일으킬 뿐만 아니라 심혈관질환을 촉진 시키는 것으로 나타난다(Glass & Witztum, 2001; Nieman, Brock, Butterworth, Utter, & Nieman, 2002).

규칙적인 운동은 동맥혈관과 혈관신생에 긍정적인 변화를 일으킨다는 연구가 보고되고 있다(박상갑, 권유찬, 박진기 2008). 혈관신생은 기존의 혈관에서 새로운 혈관의 발아를 의미하며, 이러한 과정에 혈관내피성장인자(Vascular Endothelial Growth Factor; VEGF)가 중요한 역할을 담당하는 것으로 알려져 있다. 이를 통해 혈관의 생성은 모세혈관의 수와 혈류량을 증가시켜, 동맥혈관의 긍정적인 변화를 일으킨다(Heil, Eitenmuller, Schmitz, Schaper, 2006).

그러나 비정상적으로 높은 혈관내피성장인자 농도는 비정상적인 혈관신생을 유발하며(Laakkonen,

Lähteenvuo, Jauhiainen, Heikura, & Ylä-Herttua, 2019), 혈청 혈관내피성장인자의 수준은 정상인 비해 급성 심근 경색, 관상 동맥 질환 및 말초 혈관 질환자에서 더 높은 것으로 보고된다 (Blann et al., 2002; Ogawa et al., 2000; Roller, Renner, Dorr, Pilger, & Schnedl, 2001). 특히, 고혈당증을 가지는 제2형 당뇨병 환자에서 혈관내피성장인자 수준이 높은 것으로 나타나고, 이러한 수준은 제2형 당뇨병 미세혈관질환 발병에 기인한 것으로 보고된다(Zhang et al., 2018).

한편, 당뇨병은 체력감소와 건강에 악영향을 주지만 규칙적인 운동을 실시했을 경우에 혈당 조절, 심혈관계 위험요인의 감소 효과와 같은 긍정적인 효과가 있다(Conn et al., 2007). 당뇨병 발생과 운동에 관한 연구에 의하면 한가지의 운동형태보다 유산소와 저항성 운동을 병행하여 실시하였을 때 제2형 당뇨병 발생의 상대적인 위험이 더욱 감소하는 것으로 나타났다(Grontved, Rimm, Willett, Andersen, & Hu, 2012). 특히, 복합운동은 노인 당뇨병 환자의 근력 및 근지구력을 증가시키고 당뇨병 예방과 치료에 중요한 운동방법이 된다(강설중, 유부호, 2014).

따라서 오늘날 여러 가지 신체활동이 존재하지만, 유산소와 저항운동이 혼합된 복합운동의 중재는 노인들의 근력과 신체 안정성을 향상시키고 (Brooke-Wavell & Cooling, 2009; Mercer, Chang, Williams, Noble, & Vance, 2009), 혈중지질 및 C-반응성 단백(C-reactive protein, CRP)의 개선과 함께 체중 및 체지방률의 증가를 예방하여 심혈관질환 위험인자와 신체조성에 긍정적인 영향을 미친다(김지원, 허수민, 백영호, 2017).

하지만 노인의 경우 운동 시 관절 부상 위험과 함께 운동 강도를 조절하는데 어려움이 따르기 때문에 복잡한 형태의 복합운동을 수행하기는 쉽지 않다. 따라서 탄성밴드가 노인을 위한 적절한 저항 운동도구로 작용될 수 있을 것이며, 걷기운동은 제2형 당뇨 여성노인에게 편리하고 일상적인 운동 형태로 제공될 수 있을 것으로 생각된다.

탄성밴드를 이용한 저항운동은 다양한 각도에서 부하를 줄 수 있고 강도조절이 쉬워 노인의 근육 강화에 유용하며(Kwak, Kim, & Lee, 2016), 가볍고 휴대성이 편리하여 노인들이 쉽게 접근할 수 있는 운동이라는 점에서 활용도가 증가하고 있다(진은희, 2014).

이를 종합해 볼 때, 제2형 당뇨병은 심혈관 기능의 저하와 밀접한 관련이 있으며, 혈당 농도가 높고 혈액의 점성이 높아져 혈관내피세포 기능이 저하할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 걷기와 탄력밴드 운동으로 구성된 복합운동이 제2형 당뇨 여성노인의 혈중지질, 엔도텔린-1 및 혈관내피성장인자에 미치는 영향을 구명하고, 향후 제2형 당뇨 환자의 심혈관질환 예방 및 개선에 효과적인 운동을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 B광역시에 거주하고 있는 만 65~75세의 제2형 당뇨병 여성노인을 대상으로 공복 시 혈당은 126 mg/dL 이상이며, 당뇨병 진단 후 6개

월 이상 경과한 자로 선정하였다. 대상자들에게 본 연구의 목적과 취지를 충분히 전달하여 자발적 의사를 보인 자에 한하여 실험동의서를 받아 참여하도록 하였다. 또한, 기존에 규칙적인 운동에 참여하거나, 인슐린을 처치 중인 제1형 및 제2형 당뇨병 환자, 심혈관질환, 악성 종양, 간 기능장애와 같은 합병증이 있거나 인지기능 장애 또는 운동 수행에 제한이 있는 환자는 대상에서 제외시켰다.

대상자 표본 수 산정을 위해 G-Power 3.1.9를 이용하여 이원배치 반복측정 분산분석으로 그룹 수 2개, 반복측정 2회로 설정하고, 유의수준 .05, 검정력 80%, 효과크기 $f=.03$ 에 의거하여 분석한 결과 총 24명으로 산출되었다. 이에 따라 중도 탈락자를 감안하여 제2형 당뇨병 여성노인 38명(복합운동군 19명, 대조군 19명)을 단순 무작위 추출법 (simple random sampling)으로 구분하여 실시하였다. 복합운동 프로그램 참여 기간은 2019년 5월부터 8월까지 진행되었으며, 실험 도중 개인 사정에 의한 탈락자를 제외하고 총 27명(복합운동군 14명, 대조군 13명)을 대상으로 검사결과를 분석하였다. 대상자들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구 대상자의 신체적 특성

Variables	EG(n=14)	CG(n=13)
Age(yrs)	75.57±5.56	76.31±7.54
Height(cm)	153.04±4.81	152.15±4.51
Weight(kg)	59.96±4.35	59.99±6.52
%BF(%)	34.47±5.89	34.92±6.60
BMI	25.63±2.07	25.87±2.06
HbA1c(mg/dL)	6.98±0.58	6.95±1.11

Values are Mean ± Standard Deviation

BMI: body mass index, %BF: percentage of body fat,

HbA1c: glycated hemoglobin,

EG: combined exercise group, CG: control group

2. 측정항목 및 방법

모든 검사항목은 동일한 방법과 조건으로 혈중지질, 엔도텔린-1 및 혈관내피성장인자에 대하여 사전, 사후 총 2회 실시하였다.

1) 신체조성

대상자들의 신장, 체중, 체지방량은 편안한 복장으로 Inbody 430(Inbody, Korea)을 이용하여 측정하였다.

2) 혈액분석

안정 시의 채혈은 전날 오후 8시 이후부터 공복을 유지하여, 채혈 당일 오전 8-9시에 전원장막에서 진공채혈관과 1회용 주사기를 이용하여 10 ml 혈액을 임상병리사가 채취하였다. 채취한 혈액은 serum separate tube에 수집 후 원심분리기 Combi-514R(Hanil, Korea)로 10분간 3,000 rpm에서 원심 분리하여 상층액을 1.5 ml를 micro tube에 옮긴 다음 분석 전까지 -70°C 이하에 보관하였다.

혈중지질의 분석방법은 Enzymatic Colorimetric Assay를 이용하여 분석하였으며, CHOL2, TRIGL, HDL-Cholesterol Gen.4, LDL-Cholesterol Gen.3 (Roche, Germany), 분석 장비 Cobas 8000(Roche, Germany)를 이용하여 분석하였다.

엔도텔린-1의 분석방법은 Enzyme-Linked Immunosorbent Assay를 이용하여 분석하였으며, Endothelin-1 Quantikine ELISA kit(R&D, USA), 분석 장비 Microplate Reader(Molecular device, USA)를 이용하여 분석하였다.

혈관내피성장인자의 분석방법은 Enzyme-Linked Immunosorbent Assay를 이용하여 분석하였으며, Human VEGF Quantikine ELISA kit(R&D, USA), 분석 장비 Microplate Reader(Molecular device, USA)를 이용하여 분석하였다.

당화혈색소(HbA1c)의 분석방법은 HPLC(High Pressure Liquid Chromatography)를 이용하여 분석하였으며, 분석 장비 VariantII TURBO(Bio-Rad, Germany)를 이용하여 분석하였다.

3. 걷기와 탄력밴드 운동 프로그램

본 연구의 걷기와 탄력밴드 운동 프로그램으로 유산소 운동은 걷기운동, 저항운동은 탄력밴드 운동으로 구성하여 12주간 주 2회, 60분 동안 실시

하였다. 구체적인 걷기와 탄력밴드 운동 프로그램은 <표 2>와 같다. 탄력밴드는 개인의 근력에 따라 Thera-band(Hygenic Corporation, USA)의 노란색 또는 빨간색 밴드를 사용하였으며, 반복 횟수와 세트 수를 증가하고, 세트 사이의 휴식시간을 감소하여 운동강도를 증가하였다. 또한, 연구 대상자가 당뇨 환자임을 고려하여 운동 후, 15~30 g의 탄수화물과 충분한 수분을 섭취하여 운동에 의한 저혈당 증상을 완화하고, 탈수로 인한 혈당 상승을 억제할 수 있는 안전조치를 취하였다.

4. 자료처리

본 연구의 자료처리는 SPSS version 21.0을 사용하여 측정항목에 대한 평균값(M)과 표준편차(SD)

표 2. 걷기와 탄력밴드 운동 프로그램

Section	Exercise	Week	Intensity	Frequency
warm-up (10 min)	Stretching			
Aerobic exercise (20 min)	Outdoor walking	1-4	40-50%HRR (RPE 11-12)	2 times/ Week
		5-8	50-60%HRR (RPE 12-13)	
		9-12	60-65%HRR (RPE 13-14)	
Main exercise (40 min)	Resistance exercise (using elastic band) (20 min)	1-4	12 rep/1 set (RPE 11-12)	2 times/ Week
		5-8	12 rep/2 set (RPE 12-13)	
		9-12	15 rep/2 set (RPE 13-14)	
		1. Chest press		
		2. Leg press		
		3. Shoulder press		
		4. Leg curl		
		5. Biceps curl		
5. Abdominal curl				
6. Seated row				
7. Side lateral raise				
8. Front raise				
Cool-down (10 min)	Stretching			

를 산출하고, 각 그룹 간 운동 실시 전·후의 항목별 상호작용 효과 검증을 위해 이원배치 반복측정 분산 분석을 실시하였다. 그룹 내 시기 간에는 대응표본 *t* 검정을 실시하였으며, 집단 간에는 독립표본 *t* 검정을 실시하였다. 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

Ⅲ. 결과

1. 혈중지질

제2형 당뇨병 여성 노인을 대상으로 12주간의 걷기와 탄력밴드 운동 전·후의 혈중지질 중 총콜레스테롤, 중성지방, 고밀도 지단백 콜레스테롤 및 저밀도 지단백 콜레스테롤에 대한 그룹 내, 그룹 간 변화와 상호작용을 비교·분석한 결과는 <표 3>과 같다.

총콜레스테롤과 저밀도 지단백 콜레스테롤은 시기, 그룹 간 상호작용 효과와 그룹 내, 그룹 간 차이가 나타나지 않았다.

중성지방은 상호작용효과가 나타났고($p=.019$), 운동 전·후 시기 간 차이는 운동군이 유의하게 감소하였으며($p=.028$), 그룹 간 차이는 변화량에서 유의한 차이가 나타났다($p=.019$).

고밀도 지단백 콜레스테롤은 시기 간 주효과가 나타났으며($p=.001$), 운동군($p=.008$)과 대조군($p=.014$) 모두 운동 전·후 시기 간 차이에서 유의하게 증가하였다.

2. 엔도텔린-1

엔도텔린-1에 대한 그룹 내, 그룹 간 변화와 상호작용을 비교·분석한 결과는 <표 4>와 같다. 시기 간 주효과($p<.001$)와 상호작용 효과가 나타났고($p=.002$), 운동 전·후 시기 간 차이는 대조군이 유의하게 증가하였으며($p<.001$), 그룹 간 차이는 운동 후($p=.013$) 및 변화량($p=.003$)에서 유의한 차이가 나타났다.

표 3. 12주간 걷기와 탄력밴드 운동 후 혈중지질의 변화

Variables	Group	Pre	Post	Δ	t	F	
TC (mg/dL)	EG(n=14)	160.43±41.54	157.79±39.55	-2.64±15.86	0.623	Group Time G×T	1.844 0.748 2.084
	CG(n=13)	175.15±38.62	185.69±49.50	10.54±29.97	-1.268		
	t-value	-0.952	-1.624	-1.444			
TG (mg/dL)	EG(n=14)	130.21±35.57	114.71±22.51	-15.50±23.39	2.480*	Group Time G×T	0.016 0.020 6.329*
	CG(n=13)	117.23±38.40	131.08±51.69	13.85±36.31	-1.375		
	t-value	0.912	-1.053	-2.516*			
HDL-C (mg/dL)	EG(n=14)	33.07±7.15	40.14±8.93	7.07±8.46	-3.127**	Group Time G×T	0.981 15.177*** 2.901
	CG(n=13)	38.46±10.19	41.23±9.98	2.77±3.47	-2.879*		
	t-value	-1.601	-0.299	1.751			
LDL-C (mg/dL)	EG(n=14)	81.93±34.29	82.71±31.54	0.79±17.41	-0.169	Group Time G×T	1.126 1.090 0.756
	CG(n=13)	91.23±34.45	99.85±37.24	8.62±28.47	-1.091		
	t-value	-0.703	-1.293	-0.870			

Values are Mean ± Standard Deviation

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

표 4. 12주간 걷기와 탄력밴드 운동 후 엔도텔린-1의 변화

Variable	Group	Pre	Post	Δ	t	F
Endothelin-1 (pg/ml)	EG(n=14)	1.28±0.26	1.39±0.24	0.11±0.22	-1.867	Group 1.493
	CG(n=13)	1.22±0.37	1.71±0.39	0.50±0.36	-4.921***	Time 27.975***
	t-value	0.502	-2.615*	-3.245**		G×T 11.455**

Values are Mean ± Standard Deviation

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

표 5. 12주간 걷기와 탄력밴드 운동 후 혈관내피성장인자의 변화

Variable	Group	Pre	Post	Δ	t	F
VEGF (pg/ml)	EG(n=14)	257.71±92.07	250.08±101.98	-7.63±55.13	0.518	Group 0.914
	CG(n=13)	301.30±192.94	318.85±208.15	17.55±68.19	-0.928	Time 0.174
	t-value	-0.758	-1.103	-1.058		G×T 1.121

Values are Mean ± Standard Deviation

3. 혈관내피성장인자

혈관내피성장인자에 대한 상호작용 효과와 그룹 내, 그룹 간의 변화를 분석한 결과는 <표 5>와 같으며, 시기, 그룹 간 상호작용 효과와 그룹 내, 그룹 간 차이가 나타나지 않았다.

IV. 논의

본 연구는 제2형 당뇨 여성노인을 대상으로 유산소성 및 저항성 운동을 결합한 걷기와 탄력밴드 운동이 심혈관질환 개선 및 예방에 대한 효과를 알아보기 위해 12주간 걷기와 탄력밴드 운동을 실시한 결과를 다음과 같이 논의하였다.

당뇨병은 심혈관기능에 부정적인 변화를 초래하며 노화로 인해 좌심실의 벽이 두꺼워지고 섬유화되어 혈관벽이 딱딱해 지기 때문에, 심근의 수축력이 저하되고 나아가 심장에 대한 부담이 증가된다

(Chantler, Lakatta, & Najjar 2008). 나아가 심혈관계의 기능과 구조에 부정적 변화를 일으킬 뿐만 아니라 심혈관질환의 발병률과 유병률을 증가시킨다(Strait & Lakatta, 2012).

혈중지질 수준이 높은 대상으로 12주간 규칙적인 저항운동과 자율적인 운동을 실시한 결과 신체조성, 체력유지 및 혈중지질이 개선되었고(박상용, 최지희, 2017), 간헐적 걷기운동이 여성노인의 혈중지질에 긍정적 영향을 미쳤으며(권정현, 2015), 고령 여성노인에서 댄스스포츠 운동을 적용하여 중성지방 및 고밀도 지단백 콜레스테롤이 개선되었다(김송은, 양상훈, 2017). 남녀를 대상으로 조깅을 운동량과 운동강도를 각각 다르게 설정하여 총 세 그룹으로 나눠 실험한 결과 저밀도 지단백 콜레스테롤의 개선은 체력수준 향상과 운동강도가 아닌 운동량과 관련 있다고 보고하였다(Kraus et al., 2002). 반면 12주간 관절염 여성노인을 대상으로 복합운동을 실시한 결과 총콜레스테롤, 중성지방 및 고밀도 지단백 콜레스테롤에 변화가 없었고(김연수, 이덕

철, 박성모, 2005), 여성노인을 대상으로 10주간 스트레칭과 덤벨운동을 실시한 결과 총콜레스테롤, 중성지방, 고밀도 지단백 콜레스테롤 및 저밀도 지단백 콜레스테롤에도 변화가 없었다(김창환, 김병완, 이규중, 이경희, 2007).

고밀도 지단백 콜레스테롤은 혈관과 몸속에 흩어져 있는 콜레스테롤을 간으로 운반하고 저장시키며 혈관에 손상이 있으면 보수하며, 혈관에 축적된 콜레스테롤을 제거한다(Ellison et al., 2004). 특히, 혈중 중성지방의 증가와 고밀도 지단백 콜레스테롤의 감소는 인슐린 저항성의 특징적 대사 이상이며, 중성지방과 고밀도 지단백 콜레스테롤 비율이 증가할수록 관상동맥질환의 위험도가 높다(Ginsberg, Zhang, & Hernandez-Ono, 2005; Marotta, Russo, & Ferrara, 2010).

이와 같이, 본 연구에서 제2형 당뇨 여성노인을 대상으로 12주간 걷기와 탄력밴드 운동을 실시한 결과 중성지방에서 상호작용 효과가 나타났으며, 운동 후 고밀도 지단백 콜레스테롤에서 유의하게 증가하는 경향을 보였다. 이렇듯 걷기와 탄력밴드 운동이 중성지방과 고밀도 지단백 콜레스테롤에 긍정적인 영향을 미치는 것은 제2형 당뇨의 인슐린 저항성을 개선시키고 나아가 심혈관질환에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 의미한다.

내피기능장애는 심혈관 질환의 두드러진 특징이며, 당뇨의 혈관 합병증에서 중요한 역할을 한다(Versari, Daghini, Virdis, Ghiadoni, & Taddei, 2009). 엔도텔린-1은 가장 강력한 혈관 수축제 중 하나일 뿐만 아니라 혈관 평활근 세포의 증식을 자극하고 섬유증과 염증을 촉진한다(Schiffryn, 2005).

노화와 신체적 활동의 부족은 내피기능장애를 더욱 가속화하여 동맥경화를 악화시키고, 순환계 병리적 진행 과정의 초기 단계인 내피세포기능장애, 관상동맥질환, 혈관 장애 등의 질환과 관련성이 높다. 염증 발생은 내피기능 장애를 일으키며, 순환계 질환의 상호적 관련성을 가진다(안나영, 김기진, 2008).

특히, 당뇨병과 엔도텔린-1 관련 연구에 따르면, 혈중 엔도텔린-1의 수준은 여성에게 있어 내당능장애와 제2형 당뇨병 발병 위험 증가와 연관이 있는 것으로 나타난다(Olausson et al., 2016). 비만과 제2형 당뇨병 환자에게 있어 엔도텔린-1의 활성은 인슐린 신호의 이상과 내장 및 혈관내 지방의 축적으로 인해 발생한다. 따라서 엔도텔린-1의 증가는 인슐린 저항성과 혈관기능장애 및 손상을 초래한다(Campia, Tesauro, Daniele, & Cardillo, 2014).

한편, 운동은 다양한 생리적 스트레스를 일으키는데 이러한 스트레스는 혈류 역동학적 스트레스(shear stress)와 반응성 산소종(reactive oxygen species), 열생성(heat production) 등을 증가시킨다. 운동 중 증가한 혈류 역동학적 스트레스는 심박출량이 증가하면서 더불어 근육에서 증가된 산소요구량에 의해 여러 전이요인들이 혈관내피기능을 향상시키고 동맥경화증을 예방한다(Marsh & Coombes, 2005).

12주간 중강도로 유산소 운동 실시 후 정상혈압의 고령 여성의 혈압과 엔도텔린-1이 유의하게 감소하였고, 비만 여성노인이 12주 동안 주 3회 건강체조를 실시한 결과 혈압과 엔도텔린-1이 감소하였으며 혈관 순환계의 개선에 효과적이었다(옥희연, 소용석, 김미자, 김종국, 김영준, 2011; 이은희 등, 2007). 14개월간 점진적 저항성 운동 후 제2형 당뇨 환자의

혈관내피 기능이 향상되었고(Cohen et al., 2008), 운동유형에 따라 규칙적인 운동은 혈관의 혈류량을 증가시켜 강력한 혈관수축물질인 엔도텔린-1의 분비를 감소하였다(Maeda et al., 2003).

이상의 내용을 정리해 보면, 본 연구에서 제2형 당뇨병 여성노인을 대상으로 걷기와 탄력밴드 운동을 실시한 결과 엔도텔린-1의 상호작용 효과가 나타났으며, 대조군의 경우 엔도텔린-1이 유의하게 증가하였다. 이러한 결과는 12주간의 걷기와 탄력밴드 운동이 혈관 혈류량 증가, 내장 및 혈관내 지방 감소 및 중성지방 감소에 기인한 것으로 생각된다. 따라서 엔도텔린-1의 활성을 억제하여, 제2형 당뇨병 환자의 혈관 합병증 예방에 긍정적인 것으로 판단된다.

혈관내피성장인자는 혈관의 투과성을 조절하는 인자로 알려져 있으며(Karamysheva, 2008), 모세혈관 성장 원인으로 가장 주목받은 인자이다(Brown & Hudlicka, 2003). 혈관내피세포에 특이적으로 작용하여 혈관의 침투성 증가와 모세혈관의 성장을 촉진시켜 혈관생성(angiogenesis)을 유도한다(Gavin & Wagner, 2001).

규칙적인 운동은 혈관내피성장인자의 증가로 조직의 혈류량, 모세혈관 밀도와 수, 그리고 골격근 섬유 표면적, 관상동맥의 예비혈류량을 증가시키고, 혈관의 구조와 기능을 향상시킨다(Huonker, Schmid, Schmidt-Trucksass, Grathwohl, & Keul, 2003). 또한, 운동으로 인한 혈관내피성장인자 발현은 운동 수행 시 근세포, 심근세포, 지방세포 등을 포함하여 여러 세포에서 발현된다(Pandya, Dhalla, & Santani, 2006).

그러나 혈관내피성장인자는 당뇨병이 없거나 합병증

을 지니지 않는 당뇨병 환자에 비해 미세혈관 및 대혈관 합병증을 지닌 당뇨병 환자에서 유의하게 높은 수준이 나타나는 것으로 보고된다(Mahdy et al., 2010). 또한, 혈청 혈관내피성장인자는 제2형 당뇨병 환자의 체질량지수(Body Mass Index: BMI)와 정적 상관이 있는 것으로 보고되고(Mahdy, Nada, Hadhoud, & El-Tarhony, 2010), 제2형 당뇨병 환자의 공복혈당, 당화혈색소는 혈관내피성장인자와 정적 상관이 있는 것으로 나타났다(Zhang et al., 2018).

이렇듯 혈관내피성장인자가 혈관신생을 유도하는 역할을 하지만, 제2형 당뇨병 환자에서는 혈관내피성장인자의 활성이 혈관 합병증을 유발할 수 있으며, 체질량지수, 혈당, 당화혈색소의 증가에 기인한 것으로 해석할 수 있다.

따라서 본 연구의 대상이 제2형 당뇨병 환자라는 점에서 복합운동을 통해 혈관내피성장인자의 수준이 증가하지 않은 것은 주목할 만한 결과이다. 선행연구에서 제2형 당뇨병 환자의 12주간 복합운동은 당화혈색소, 공복혈당, 체지방률 및 체질량지수를 개선하는 것으로 나타났다(하수민, 김정숙, 하민성, 김보성, 김도연, 2019). 따라서 본 연구 결과 운동군에서 혈관내피성장인자가 경감되는 경향을 나타낸 것은 제2형 당뇨병 환자의 규칙적인 운동참여로 당대사 위험 인자와 체질량지수 감소에 의한 것으로 추론할 수 있다.

이를 종합해 볼 때, 규칙적인 걷기와 탄력밴드 운동의 중재는 제2형 당뇨병 여성노인의 중성지방을 감소하고, 엔도텔린-1의 활성을 억제하여, 제2형 당뇨병 환자의 혈관질환 예방 및 개선에 효과적인 것으로 사료된다.

IV. 결론

걷기와 탄력밴드를 이용한 복합운동은 제2형 당뇨병 여성노인의 중성지방을 감소하고, 엔도텔린-1의 활성을 억제하였기 때문에 제2형 당뇨병 환자에

게 있어 혈관질환을 예방하는 효과적인 운동이다. 따라서 제2형 당뇨병 환자의 혈관질환 예방을 위한 운동중재 연구의 기초자료로 도움을 줄 수 있을 것으로 생각되며, 추후, 제2형 당뇨병 환자의 복합운동이 혈관합병증 유무에 따른 엔도텔린-1 및 혈관내피성장인자의 추가적인 연구가 제안된다.

참고문헌

- 강설중, 유부호(2014). 복합운동이 노인 당뇨병 환자의 당화혈색소, 심혈관질환 위험인자 및 체력에 미치는 영향. **코칭능력개발지**, 19(4), 83-89.
- 권정현(2015). 12주간 간헐적 걷기운동이 고령자의 혈중지질 및 신체조성에 미치는 영향. **한국콘텐츠학회지**, 13(3), 65-69.
- 김송은, 양상훈(2017). 12주간 댄스스포츠 운동이 고령여성노인의 신체구성, 일상생활체력 및 혈중지질에 미치는 영향. **한국스포츠학회지**, 15(2), 645-654.
- 김연수, 이덕철, 박성모(2005). 12주간의 앉아서 하는 복합 운동이 관절염 여성 노인의 체력과 혈중 지질 수준에 미치는 영향. **체육과학연구**, 16(3), 74-84.
- 김은희, 홍가람, 이슬희, 정현훈, 박상갑(2018). 고혈압노인의 장수운동프로그램이 산화질소 및 엔도텔린-1 농도에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 57(3), 335-344.
- 김지원, 하수민, 백영호(2017). 12주간 복합운동과 미나리 섭취가 여성 노인의 신체구성, 심혈관질환 위험인자에 미치는 영향. **한국여성체육학회지**, 31(4),
- 김창환, 김병완, 이규중, 이경희(2007). 10주간의 스트레칭과 덤벨운동이 노인여성의 신체조성과 체격, 피하지방, 혈중지질 및 내분비계에 미치는 영향. **한국스포츠리서치**, 18(6), 1009-1016.
- 박상갑, 권유찬, 박진기(2008). 유산소운동이 복부 비만 남성의 경동맥 구조와 기능 및 혈관내피세포 성장인자 (VEGF) 에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 47(3), 473-484.
- 박상용, 최지희(2017). 비만 중년여성의 운동참여 유형에 따른 신체구성, 혈압, 혈중지질에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 26(2), 1027-1035.
- 안나영, 김기진(2008). 규칙적인 운동이 순환계 질환의 혈관 내피기능에 미치는 영향. **대한비만학회지**, 17(1), 1-9.
- 옥희연, 소용석, 김미자, 김종국, 김영준(2011). 새천년 건강체조가 고혈압 고령여성의 엔도텔린-1 및 nitrite에 미치는 영향. **운동과학**, 20(3), 195-204.
- 윤관수, 김경애, 이만균(2020). 10 주간의 복합운동이 제 2 형 당뇨병 노인의 인슐린 저항성, 심혈관기능 및 혈관내피세포기능에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 59(3), 363-374.
- 이은희, 김영준, 장성동, 김주홍, 문성진, 최진관(2007). 유산소운동이 혈장 Endothelin-1 농도 및 혈관탄성에 미치는 영향. **운동과학**, 16(4), 345-354.
- 조도연(2015). 최근 5 년간의 당뇨병 진료경향. **HIRA 정책동향**, 9(2), 67-74.
- 진은희(2014). 밴드를 이용한 저항성운동이 고혈당 여성노인의 혈당 및 신체기능에 미치는 영향.

- 미간행 석사학위논문, 건국대학교, 서울.
- 통계청(2018). **2018 국민건강통계**. 서울, 통계청.
- 통계청(2019). **2019 고령자 통계**. 서울, 통계청.
- 하수민, 김정숙, 하민성, 김보성, 김도연(2019). 복합 운동이 제 2 형 당뇨병 비만 여성노인의 Irisin, 신체조성 및 당 대사에 미치는 영향. **한국응용과학기술학회지**, 36(4), 1268-1280.
- Barton, M., & Pollock, D. M. (2012). The future of endothelin research: scientific mentoring and beyond. *Life sciences*, 91(13-14), 470-474.
- Belalcazar, L. M., Reboussin, D. M., Haffner, S. M., Hoogeveen, R. C., Kriska, A. M., Schwenke, D. C., Tracy, R. P., Pi-Sunyer, F. X., Ballantyne, C. M., & Look AHEAD Research Group. (2010). A 1-year lifestyle intervention for weight loss in individuals with type 2 diabetes reduces high C-reactive protein levels and identifies metabolic predictors of change: from the Look AHEAD (Action for Health in Diabetes) study. *Diabetes care*, 33(11), 2297-2303.
- Blann, A. D., Belgore, F. M., McCollum, C. N., Silverman, S., Lip, P. L., & Lip, G. Y. (2002). Vascular endothelial growth factor and its receptor, Flt-1, in the plasma of patients with coronary or peripheral atherosclerosis, or Type II diabetes. *Clinical science*, 102(2), 187-194.
- Brooke-Wavell, K., & Cooling, V. C. (2009). Fall risk factors in older female lawn bowls players and controls. *Journal of Aging and Physical Activity*, 17(1), 123-130.
- Brown, M. D., & Hudlicka, O. (2003). Modulation of physiological angiogenesis in skeletal muscle by mechanical forces: involvement of VEGF and metalloproteinases. *Angiogenesis*, 6(1), 1-14.
- Campia, U., Tesaro, M., Di Daniele, N., & Cardillo, C. (2014). The vascular endothelin system in obesity and type 2 diabetes: pathophysiology and therapeutic implications. *Life sciences*, 118(2), 149-155.
- Chantler, P. D., Lakatta, E. G., & Najjar, S. S. (2008). Arterial-ventricular coupling: mechanistic insights into cardiovascular performance at rest and during exercise. *Journal of applied physiology*, 105(4), 1342-1351.
- Cohen, N. D., Dunstan, D. W., Robinson, C., Vulikh, E., Zimmet, P. Z., & Shaw, J. E. (2008). Improved endothelial function following a 14-month resistance exercise training program in adults with type 2 diabetes. *Diabetes research and clinical practice*, 79(3), 405-411.

- Conn, V. S., Hafdahl, A. R., Mehr, D. R., LeMaster, J. W., Brown, S. A., & Nielsen, P. J. (2007). Metabolic effects of interventions to increase exercise in adults with type 2 diabetes. *Diabetologia*, *50*(5), 913-921.
- Ellison, R. C., Zhang, Y., Qureshi, M. M., Knox, S., Arnett, D. K., & Province, M. A. (2004). Lifestyle determinants of high-density lipoprotein cholesterol: the National Heart, Lung, and Blood Institute family heart study. *American heart journal*, *147*(3), 529-535.
- Fernandez, M. L., & Webb, D. (2008). The LDL to HDL cholesterol ratio as a valuable tool to evaluate coronary heart disease risk. *Journal of the American College of Nutrition*, *27*(1), 1-5.
- Ford, E. S., Giles, W. H., & Dietz, W. H. (2002). Prevalence of the metabolic syndrome among US adults: findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey. *Jama*, *287*(3), 356-359.
- Gavin, T. P., & Wagner, P. D. (2001). Effect of short-term exercise training on angiogenic growth factor gene responses in rats. *Journal of Applied Physiology*, *90*(4), 1219-1226.
- Ginsberg, H. N., Zhang, Y. L., & Hernandez-Ono, A. (2005). Regulation of plasma triglycerides in insulin resistance and diabetes. *Archives of medical research*, *36*(3), 232-240.
- Glass, C. K., & Witztum, J. L. (2001). Atherosclerosis: the road ahead. *Cell*, *104*(4), 503-516.
- Grøntved, A., Rimm, E. B., Willett, W. C., Andersen, L. B., & Hu, F. B. (2012). A prospective study of weight training and risk of type 2 diabetes mellitus in men. *Archives of internal medicine*, *172*(17), 1306-1312.
- Hartge, M. M., Unger, T., & Kintscher, U. (2007). The endothelium and vascular inflammation in diabetes. *Diabetes and Vascular Disease Research*, *4*(2), 84-88.
- Heil, M., Eitenmuller, I., Schmitz Rixen, T., & Schaper, W. (2006). Arteriogenesis versus angiogenesis: similarities and differences. *Journal of cellular and molecular medicine*, *10*(1), 45-55.
- Heng, L. J., Qi, R., Yang, R. H., & Xu, G. Z. (2015). Docosahexaenoic acid inhibits mechanical allodynia and thermal hyperalgesia in diabetic rats by decreasing the excitability of DRG neurons. *Experimental neurology*, *271*, 291-300.
- Huonker, M., Schmid, A., Schmidt-Trucksab, A., Grathwohl, D., & Keul, J. (2003).

- Size and blood flow of central and peripheral arteries in highly trained able-bodied and disabled athletes. *Journal of applied physiology*, 95(2), 685-691.
- Karamysheva, A. F. (2008). Mechanisms of angiogenesis. *Biochemistry (Moscow)*, 73(7), 751.
- Kohan, D. E., & Barton, M. (2014). Endothelin and endothelin antagonists in chronic kidney disease. *Kidney international*, 86(5), 896-904.
- Kraus, W. E., Houmard, J. A., Duscha, B. D., Knetzger, K. J., Wharton, M. B., McCartney, J. S., Bales, C. W., Henes, S., Samsa, G. P., Otvos, J. D., Kulkarni, K. R., & Slentz, C. A. (2002). Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *New England Journal of Medicine*, 347(19), 1483-1492.
- Kwak, C. J., Kim, Y. L., & Lee, S. M. (2016). Effects of elastic-band resistance exercise on balance, mobility and gait function, flexibility and fall efficacy in elderly people. *Journal of physical therapy science*, 28(11), 3189-3196.
- Laakkonen, J. P., Lähteenvuori, J., Jauhiainen, S., Heikura, T., & Ylä-Herttua, S. (2019). Beyond endothelial cells: Vascular endothelial growth factors in heart, vascular anomalies and placenta. *Vascular pharmacology*, 112, 91-101.
- Maeda, S., Tanabe, T., Miyauchi, T., Otsuki, T., Sugawara, J., Iemitsu, M., Kuno, S., Ajisaka, R., Yamaguchi, I., & Matsuda, M. (2003). Aerobic exercise training reduces plasma endothelin-1 concentration in older women. *Journal of Applied Physiology*, 95(1), 336 - 341.
- Mahdy, R. A., Nada, W. M., Hadhoud, K. M., & El-Tarhony, S. A. (2010). The role of vascular endothelial growth factor in the progression of diabetic vascular complications. *Eye*, 24(10), 1576-1584.
- Marotta, T., Russo, B. F., & Ferrara, L. A. (2010). Triglyceride-to-HDL-cholesterol ratio and metabolic syndrome as contributors to cardiovascular risk in overweight patients. *Obesity*, 18(8), 1608-1613.
- Marsh, S. A., & Coombes, J. S. (2005). Exercise and the endothelial cell. *International Journal of Cardiology*, 99(2), 165-169.
- Mercer, V. S., Chang, S., Williams, C. D., Noble, K. J., & Vance, A. W. (2009). Effects of an exercise program to increase hip abductor muscle strength and improve lateral stability following stroke: a single subject design. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 32(2),

- 6-15.
- Nieman, D. C., Brock, D. W., Butterworth, D., Utter, A. C., & Nieman, C. C. (2002). Reducing diet and/or exercise training decreases the lipid and lipoprotein risk factors of moderately obese women. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(4), 344-350.
- Ogawa, H., Suefuji, H., Soejima, H., Nishiyama, K., Misumi, K., Takazoe, K., Miyamoto, S., Kajiwar, I., Sumida, H., Sakamoto, T., Yoshimura, M., Kugiyama, K., Yasue, H., & Matsuo, K. (2000). Increased blood vascular endothelial growth factor levels in patients with acute myocardial infarction. *Cardiology*, 93(1-2), 93-99.
- Olausson, J., Daka, B., Hellgren, M. I., Larsson, C. A., Petzold, M., Lindblad, U., & Jansson, P. A. (2016). Endothelin-1 as a predictor of impaired glucose tolerance and type 2 diabetes - A longitudinal study in the Vara-Skövde Cohort. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 113, 33-37.
- Pandya N. M., Dhalla N. S., & Santani D. D. (2006). Angiogenesis a new target for future therapy. *Vascular Pharmacology*, 44(5), 265-274.
- Roller, R. E., Renner, W., Dorr, A., Pilger, E., & Schnedl, W. J. (2001). Oxidative stress and increase of vascular endothelial growth factor in plasma of patients with peripheral arterial occlusive disease. *Thrombosis and haemostasis*, 85(02), 368-368.
- Schiffrin, E. L. (2005). Vascular endothelin in hypertension. *Vascular pharmacology*, 43(1), 19-29.
- Seals, D. R., Brunt, V. E., & Rossman, M. J. (2018). Keynote lecture: Strategies for optimal cardiovascular aging. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 315(2), H183 - H188.
- Selvin, E., Coresh, J., & Brancati, F. L. (2006). The burden and treatment of diabetes in elderly individuals in the U.S. *Diabetes Care*, 29(11), 2415-2419.
- Strait, J. B., & Lakatta, E. G. (2012). Aging-associated cardiovascular changes and their relationship to heart failure. *Heart failure clinics*, 8(1), 143-164.
- Teslovich, T. M., Musunuru, K., Smith, A. V., Edmondson, A. C., Stylianou, I. M., Koseki, M., ... & Johansen, C. T. (2010). Biological, clinical and population relevance of 95 loci for blood lipids. *Nature*, 466(7307), 707.
- Versari, D., Daghini, E., Virdis, A., Ghiadoni, L., & Taddei, S. (2009).

- Endothelial dysfunction as a target for prevention of cardiovascular disease. *Diabetes care*, 32(suppl 2), S314-S321.
- Wilson, P. W., & Kannel, W. B. (2002). Obesity, diabetes, and risk of cardiovascular disease in the elderly. *The American journal of geriatric cardiology*, 11(2), 119-124.
- Zhang, Q., Fang, W., Ma, L., Wang, Z. D., Yang, Y. M., & Lu, Y. Q. (2018). VEGF levels in plasma in relation to metabolic control, inflammation, and microvascular complications in type-2 diabetes: a cohort study. *Medicine*, 97(15). e0415.

Effects of Walking and Elastic-band exercise on Blood lipids, Endothelin-1 and Vascular Endothelial Growth Factor in Elderly Women with Type 2 Diabetes

Bo-Sung Kim(Pusan National University, Master Degree) · Soo-Min Ha(Pusan National University, Post-Doctor Researcher) · Jong-Won Kim(Busan National University of Education, Professor) · Soo-Jin Kim(Kyungnam College of Information & Technology, Professor) · Do-Yeon Kim(Pusan National University, Professor)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of walking and elastic-band exercise program for 12 weeks on blood lipids, endothelin-1(ET-1), and vascular endothelial growth factor(VEGF) in elderly women with type 2 diabetes. The subjects were randomly assigned to a combined exercise group(EG, $n=14$) and a control group(CG, $n=13$). Walking and elastic-band exercise conducted for 60 minutes 2 times per week for 12 weeks. The test data were analyzed by two-way repeated measures ANOVA, paired t-test, and independent t-test. The alpha level of $p<0.05$ was set for all tests of significance. As a consequence, TG ($p=.019$) and ET-1 ($p=.002$) showed interaction effects. The TG was significantly decreased ($p=.019$) and HDL-C significantly increased ($p=.008$) in EG. There were no meaningful differences in ET-1 ($p=.085$) and VEGF ($p=.613$) in EG, but there was an increase in ET-1 ($p<.001$) in CG. Hence, walking and elastic-band exercise for 12 weeks is recommended as an effective exercise to prevent vascular disease in elderly women with type 2 diabetes by reducing TG level and inhibiting the increase of ET-1.

Key words: walking exercise, elastic-band exercise, type 2 diabetes, blood lipids, endothelin-1, vascular endothelial growth factor

논문 접수일 : 2020. 11. 10

논문 승인일 : 2020. 12. 3

논문 게재일 : 2020. 12. 31