



비만 청소년의 비만 중재 프로그램에 대한 국내외 연구 분석: 혈관내피 기능을 중심으로

전혜경¹ · 유해영²

¹중앙대학교 일반대학원, ²중앙대학교 간호학과

Analysis of Obesity Intervention Programs in Adolescents: Focused on Endothelium Functions

Jeon, Hye Kyung¹ · Yoo, Hae Young²

¹The Graduate School of Chung-Ang University, Seoul; ²Department of Nursing, Chung-Ang University, Seoul, Korea

Purpose: The purpose of this study was to determine the current status of obesity intervention programs, and its effects on endothelium function in adolescents. **Method:** This was a descriptive research study, that investigated domestic and international literature 2009-2018. Using databases inside and outside of Korea to search for 'adolescent', 'obese adolescent', 'exercise', 'program', or 'intervention', and 'endothelium function', a total of 14 literature have been selected for 6 domestic research and 8 international research, excluding overlapping, case studies, literature reviews, and unrelated studies. **Results:** Interventions for enhancing endothelium function were exercise program, diet, vitamin D3 treatment, and Orlistat intake relative to international research, and combined exercise and purple sweet potato intake, in most domestic research. Dependent variables included FMD, RHI, NMD, EPCs, and EMPs, for measuring endothelium function in international research, and PWV, FMD and RHI, in domestic research. **Conclusion:** Results of this study confirmed that application of obese intervention programs, may improve endothelium function in adolescents. Further studies are required, to develop nursing intervention, that would enhance endothelium function in adolescents.

Key Words: Endothelium function; Adolescent; Obesity intervention program

국문주요어: 혈관내피 기능, 청소년, 비만 중재 프로그램

서 론

1. 연구의 필요성

국내의 소아청소년 비만은 성별, 연령별 체질량 지수가 95백분위 이상인 경우로 정의한다[1]. 현대사회는 기술 발달로 인해 TV시청, 게임, 쇼핑, 정보교환 등 실내중심의 편리한 생활의 비중이 증가하고 신체활동은 점점 부족해지게 되었으며, 패스트푸드, 고지방식이 등과 같은 서구화된 식습관과 잦은 외식, 과식 등으로 인해 비만이

증가하고 있다[2]. 2016년에 실시된 국민건강영양조사 결과에 따르면, 우리나라 소아청소년의 비만 유병률은 12.8%이며, 그 중 12-18세 청소년 비만 유병률은 16.8%로 성장기를 거치며 유병률이 점차 증가하고 있다[3]. 또한 2017년 질병관리본부 청소년건강행태온라인 조사에 따르면 2015년 소아청소년 비만 유병률은 10.9%, 2016년 12.8%, 2017년 13.9%가 비만인 것으로 나타나 청소년의 비만 유병률은 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다[4].

비만은 성인과 청소년에서 세포생리학적 차이가 있는데, 성인 비

Corresponding author: Yoo, Hae Young

Department of Nursing, Chung-Ang University, 84 Heukseok-ro, Dongjak-gu, Seoul 06974, Korea
Tel: +82-2-820-5989 Fax: +82-2-824-7961 E-mail: hyoo@cau.ac.kr

Received: January 23, 2019 Revised: March 29, 2019 Accepted: April 3, 2019

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

만은 지방세포수는 정상으로 유지하면서 세포크기가 커진다. 그러나 청소년 비만은 신체의 급성장으로 인한 지방 세포수의 증가와 호르몬 작용에 의해 세포의 크기도 커지기 때문에, 청소년 비만의 80% 이상은 성인비만으로 이행될 가능성이 높다[5].

혈관내피는 혈관의 이완과 수축을 조절하고 혈액공급을 원활히 하여 조직과 장기에 산소와 영양분을 제공한다[6]. 혈관 내피세포에서 생산되는 산화질소(Nitric Oxide, NO)는 대표적인 혈관 항상성 유지 인자로, 혈관 평활근 세포의 이완을 유도하여 혈관을 확장시키고 다양한 염증성 인자에 대한 저항성을 증가시킨다. 또한 박테리아 감염 등에 의해 면역반응을 증가시킬 필요가 있을 경우, 면역세포의 이동 및 접착을 유도하여 감염된 박테리아의 제거를 돕는다[7]. 선행연구에 따르면 비만청소년은 동일 연령대의 정상체중 청소년에 비해 경동맥 내중막 두께가 증가되어 있고 혈관내피 기능이 감소되어 있었다[8]. 일반적으로 혈관내피 기능장애는 심혈관계 질환의 위험요인으로 동맥경화증의 초기단계에서 주로 발생한다[9]. 특히 소아청소년 비만은 조기 동맥경화증을 유발하는 주요한 위험인자로, 성인기에 이르기까지 전 생애에 걸쳐 동맥의 기능을 저하시켜 심혈관계 질환의 발생을 증가시킨다[10]. 동맥경화성 혈관 변화를 살펴보면 큰 동맥보다는 미세혈관인 소동맥에서부터 구조적 변화가 초래되고, 미세혈관의 순환저하는 인슐린 저항성과 고혈압을 야기하는 심혈관계 질환 발생 기전으로 제시되고 있다[11]. 즉, 미세혈관의 혈류 감소는 혈중지질 이상, 고혈압, 인슐린 비 의존성 당뇨병, 관상동맥질환 등 대사성질환 및 심혈관 질환 등을 일으켜 성인기 이후 만성질환에 의한 사망률을 높일 수 있다[12,13]. 이에 따라 청소년 비만의 분포와 비만의 위험요인 규명 등 청소년 비만 문제를 해결하기 위한 연구가 꾸준히 수행되어 왔으며, 얻어진 연구 결과를 기초로 비만 청소년들 대상의 다양한 운동 프로그램 개발이 시도되고 있다[14].

지금까지 연구된 청소년을 위한 비만 중재 프로그램은 트레드밀, 에어로빅, 배드민턴, 줄넘기 등의 유산소 운동과 바벨운동, 덤벨운동, 스쿼트 등의 저항성 운동으로 이루어져 있고[15,16], 영양교육, 행동수정요법 등 교육 프로그램이 적용된 연구들도 있었다[17,18]. 적용된 중재의 적용기간과 횟수, 프로그램 내용은 모두 달랐으며 이에 따라 상이한 결과를 보였다. 특히 혈관내피 기능을 평가하는 내피세포 의존성 혈관확장능(Flow-Mediated Dilatation, FMD), 맥파 전파속도(Pulse Wave Velocity, PWV), 총경동맥 내중막 두께(Common Carotid Artery Intima-Media Thickness, CCA IMT) 및 혈액지표의 결과가 연구마다 상이함을 확인할 수 있었다[12,16,21,25]. 또한 선행 논문들은 물리치료학, 스포츠학, 운동재활학, 체육학, 체육교육학 등에서 연구된 논문들이었으며, 간호학에서는 연구가 부족한 실정

이다. 비만 청소년이 증가함에 따라 간호대상자로서의 비만 청소년도 증가하므로 간호사의 측면에서 중재프로그램의 적용을 확대하는 방안을 고려하고 이를 위해 이론적 고찰, 중재방법, 개발 및 적용 효과 등에 대한 관련된 연구가 매우 필요한 시점이라고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 2009년도부터 2018년도까지 지난 10년 동안 국내외 학회지에 게재된 연구 중에 혈관내피 기능을 평가한 청소년의 중재 프로그램에 관한 논문의 유형 및 주제, 연구 설계, 연구 도구, 종속변수 등을 분석함으로써 연구의 효과를 정리해 보고자 하며, 궁극적으로 치료적 간호 중재 프로그램의 개발에 기초자료를 제공하는 의미에서 연구를 진행하고자 하였다.

2. 연구목적

본 연구는 최근 10년간 국내외 청소년을 대상으로 실시한 비만 중재 프로그램의 현황을 파악하고 비만 중재 프로그램이 혈관내피 기능에 미치는 효과를 통합해 보기 위해 시도된 것으로 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 청소년을 대상으로 한 국내외 비만 중재 프로그램의 연구 관련 특성을 파악한다.
- 2) 청소년을 대상으로 한 국내외 비만 중재 프로그램에서 사용한 중재의 특성을 파악한다.
- 3) 청소년을 대상으로 한 국내외 비만 중재 프로그램의 결과 변수와 혈관내피 기능에 미치는 효과를 파악한다.

연구방법

1. 연구설계

본 연구는 청소년을 대상으로 국내외 비만 중재 프로그램이 혈관내피 기능에 미치는 효과를 파악하기 위해 문헌을 검색하고 분석한 체계적 문헌고찰이다.

2. 자료수집

자료수집을 위하여 국외 데이터베이스인 Pubmed, Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature(CINAHL), Google Scholar, Cochrane Library와 국내 데이터베이스인 한국교육학술정보원(www.riss.kr), 의학논문데이터베이스(Korean Medical database, KMedbase), 코리아메드(KoreaMed, KM), 국회도서관, 과학기술정보통신서비스(National Digital Science Library, NDSL), 한국학술정보(Koreanstudies Information Service System, KISS), 학술데이터베이스서비스(DataBase Periodical Information Academic, DBpia)를 이용하였으며, 검색된 논문의 참고문헌을 통하여 관련 문헌을 추가로 검색

하였다. 데이터베이스 검색 시 학위논문 또는 학술지에 게재된 연구 중 영어 또는 한국어로 작성된 논문 및 2009년부터 2018년까지 최근 10년 동안 게재된 논문으로 제한하였으며, 최종적으로 국외논문 8편, 국내논문 6편으로 총 14편이 선정되었다(Figure 1). 분석 대상이 된 문헌 선택의 모든 과정은 연구자 2명에 의해 각각 독립적으로 수행되었으며, 의견이 일치되지 않는 경우에는 원문을 검토한 후 충분한 토의를 통해 최종적으로 논문을 선정하였다.

검색 시 키워드는 ‘adolescent’, ‘obese adolescent’로 설정하고 ‘exercise’, ‘program’, 또는 ‘intervention’, ‘endothelium function’, ‘endothelium dysfunction’를 조합하여 사용하였으며, 국내 데이터베이스 검색 시에는 추가적으로 ‘비만 청소년’과 ‘운동 프로그램’, ‘중재 프로그램’, ‘혈관내피 기능’, ‘혈관내피 기능장애’등을 한글 키워드로 사용하였다.

3. 자료분석

자료 분석은 우선 최종 선정된 자료를 계속 읽으면서 구조화된 분석 틀에 따라 분류하여 요약되었다. 분석 틀에는 저자, 출판연도, 대상자 특성, 연구 설계와 프로그램 특징, 연구기간, 측정변수, 비만 중재 프로그램에 따른 연구 결과 등으로 정리하였다. 이 내용을 바탕으로 점차 연구 주제에 맞게 체계적으로 내용을 분석, 정리, 요약하는 과정으로 이루어졌다. 계속적으로 그 결과를 주제별로 재조

직하고 분석, 통합하는 과정을 거쳐 최종적으로 고찰된 내용을 요약하여 제시하였다.

연구 결과

1. 논문의 일반적 특성

2009년부터 2018년까지 10년간 비만 청소년의 비만 중재 프로그램 시행 후 혈관내피 기능에 미치는 효과를 분석한 연구는 국내외 데이터베이스에서 국외논문 8편, 국내논문 6편으로 총 14편이었다. 연구 유형에 따라 학술지 논문, 학위논문으로 구분하였을 때 국외 논문은 모두 학술지 논문 8편(100.0%)이었고, 국내논문은 학술지 논문 3편(50.0%), 석사학위논문 2편(33.3%), 박사학위논문 1편(16.7%)이었다. 연구 설계는 국외논문의 경우 실험설계가 6편(62.5%)이었고 세부적으로는 교차설계 1편, 사전사후 설계 3편이었고, 무작위대조군실험설계(Randomized Controlled Trial, RCT) 1편이었다. 그 외 3편(37.5%)은 유사실험설계로 모두 비동등성 대조군 사전사후 설계이었다. 국내논문은 6편 모두 유사실험설계 중 비동등성 대조군 사전사후 설계로 이루어졌다. 대상자는 국외논문의 경우 일반청소년이 2편(25.0%), 비만청소년이 6편(75.0%)이었고, 성별은 남학생 1편(12.5%), 남학생·여학생 7편(87.5%)이었다(Table 1). 대상자의 나이는 10-19세 이었으며 연구대상자의 수는 13명-445명까지 다양했고, 445명을 대상으로 연구는 학교 프로젝트를 기반으로 한 연구였다. 연구 수행기간은 5년 동안 시행한 연구가 가장 길었고, 연구 기간이 가장 짧은 연구는 2일로 실험설계 중 교차실험 연구가 이에 해당되었다. 국내논문의 경우 모두 비만 청소년을 대상으로 시행하였고, 대상자의 성별은 남학생 5편(83.3%), 여학생 1편(16.7%)이었으며 나이는 13세-15세로 중학생을 대상으로 시행되었다. 또한 연구 대상자 수는 20명-28명이었으며, 연구 수행 기간은 12주-16주였다.

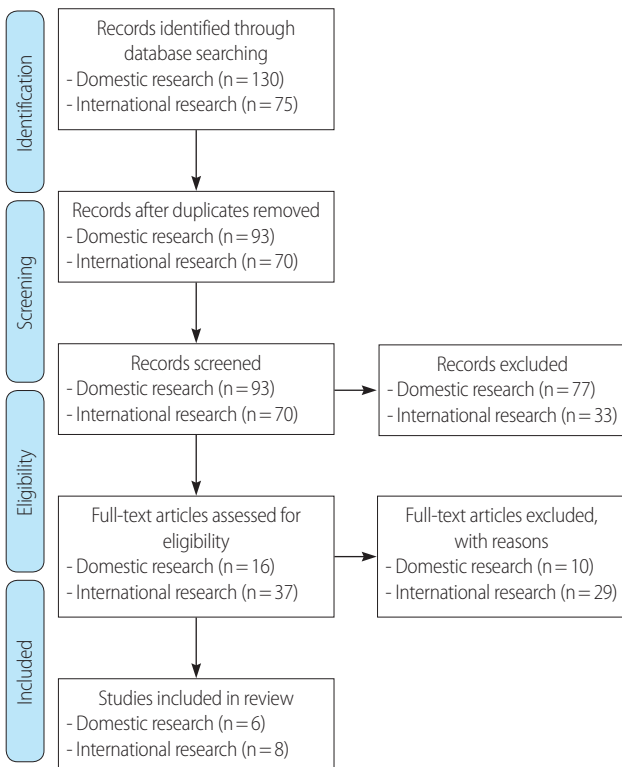


Figure 1. Flow diagram of study selection

Table 1. General Characteristics of The Reviewed Studies

Variables	Categories	International		Domestic	
		n	%	n	%
Classification of studies	Journal	8	100.0	3	50.0
	Doctoral degree	0	-	2	33.3
	Master's degree	0	-	1	16.7
Design of studies	Experimental design	4	50.0	0	-
	RCT	1	12.5	6	100.0
	Quasi experiments design	3	37.5	0	-
Participants of studies	Adolescent	2	25.0	0	-
	Obese adolescent	6	75.0	6	100.0
Gender of Participants	Boy	1	12.5	5	83.3
	Girl	0	-	1	16.7
	Boy · Girl	7	87.5	-	-

RCT = Randomized Controlled Trial

Table 2. Contents of Intervention Program in The Reviewed Studies

Intervention	International		Domestic	
	n	%	n	%
Exercise Program	3	37.5	5	83.3
Diet Program & Exercise Program	4	50.0	0	-
Vitamin D3 Treatment	1	12.5	0	-
Intake purple sweet potato & Exercise Program	0	-	1	16.7

2. 비만 중재 프로그램의 방법

혈관내피 기능 증진을 위해 실시한 중재 방법은 국외논문에서는 운동 중재 프로그램 3편(37.5%), 식이요법 · 운동중재 병행 4편(50.0%)으로 이 중 2편은 정서적 지지가 포함된 프로그램이었으며, 1편은 식욕 억제제 복용을 병행하였다. 그 외에 Vitamin D3 복용 1편(12.5%)이 있었다(Table 2). 운동중재 프로그램은 트레드밀을 이용한 중재 1편, 그룹저항운동을 이용한 중재 1편이었으며, 그 외에는 에어로빅 댄스, 조깅과 같은 신체활동과 테니스, 배드민턴과 같은 스포츠로 구성된 운동 중재 프로그램이 적용되었다. 식이요법을 적용한 논문은 총 4편이었으며, 하루 섭취 칼로리를 300-500kcal 감소시키거나 총 섭취량을 1500-1800칼로리로 제한하는 저칼로리식을 섭취하는 방법이었다. 식욕억제제 복용은 10주 동안 식욕억제제를 식사 후 3번 복용하도록 하였으며, Vitamin D3 복용은 100,000 IU 의 Vitamin D3를 3개월 동안 한 달에 한번씩 복용하도록 하였다.

국내논문에서는 운동 중재 프로그램이 5편(83.3%)으로 대부분 운동중재로만 이루어진 프로그램이었으며, 1편(16.7%)은 운동중재와 자색고구마 섭취를 병행하는 방법이었다(Table 2). 운동 중재 프로그램의 적용기간은 주 3회 2편, 주 5회 3편, 주 4회 1편이었으며, 적용기간은 12주가 4편이었고, 6주 1편, 가장 길게 적용한 16주가 1편이었다. 운동프로그램은 대부분 준비운동, 본 운동, 정리운동 순으로 시행되었고, 본 운동의 유형은 대부분 유산소 운동으로 풋살, 배드민턴, 야구, 축구, 트레드밀, 줄넘기 등이었다. 또한 유산소 운동과 저항운동을 병행한 논문이 1편으로 30분 동안 트레드밀 적용 후 30분동안 저항운동을 시행하였다. 자색고구마 섭취를 병행한 방법으로는 자색고구마를 일정 크기로 잘라 열 건조 후, 말려 분쇄하여 환으로 제조한 자색고구마 환을 1-2주는 식전 3회 2g 씩 총 6g를 섭취, 3-12주는 3g씩, 9g을 섭취하도록 하였다.

3. 종속변수의 특성

비만 중재 프로그램에 따른 종속변수를 분석한 결과, 국외논문에서는 혈관내피 기능을 측정하기 위해 FMD를 결과 변수로 측정한 논문 4편, 혈관반응성 충혈 지수(Reactive Hyperemia Index, RHI)를 측정한 논문 3편, 질산염 매개 확장(Nitroglycerin-mediated dilata-

tion, NMD)을 측정한 논문 2편이었으며 그 외 혈관내피 항상성과 관련된 내피 전구 세포(FMD progenitor cells, EPCs)와 내피 기능 조절제인 내피 미립자(Endothelial microparticles, EMPs) 1편, 고밀도 지방단백질 콜레스테롤 매개 질소산화물 합성효소(HDL-Induced eNOS Activation)와 콜레스테롤 효용량(Cholesterol Efflux Capacity, CEC) 1편, 인슐린 민감성과 에너지 대사의 균형을 조절하는 adropin 1편이었다. 혈액 검사로는 대부분 글루코즈, 인슐린 저항성, 혈중 지질농도, C-반응성 단백질(C-Reactive Protein, CRP)등을 측정하였다(Table 3).

한편, 국내논문에서는 혈관내피 기능을 정하기 위해 PWV를 종속변수로 측정한 논문이 4편, FMD 2편, 혈관반응성 충혈 지수(Reactive Hyperemia Index, RHI) 2편, CCA IMT 2편, NO 2편, 혈관탄성(Vascular compliance, VC) 1편으로 나타났다. 그 외 혈액 검사로는 인슐린 저항성, 혈중지질, 체성분, CRP 등이 측정되었다(Table 4).

4. 연구결과 분석

비만 중재 프로그램이 혈관내피 기능에 미치는 효과를 알아보기 위한 국외논문의 연구결과를 분석해 본 결과, 운동중재로만 구성된 비만 중재 프로그램은 FMD와 adropine, RHI를 증가시키고, 혈액 검사 시 알라닌아미노전이효소(Alanine Aminotransferase, ALT), 혈중 요소질소(Blood Urea Nitrogen, BUN), 크레아티닌(Creatinine, Cr), 총 콜레스테롤(Total Cholesterol, TC)와 저밀도 지단백 콜레스테롤(Low density lipoprotein cholesterol, LDL-C), glucose, fasting insulin, 인슐린 저항성(Homeostatic model assessment for insulin resistance, HOMA-IR)를 낮추고 고밀도 지단백 콜레스테롤(High density lipoprotein-cholesterol, HDL-C)를 증가하였다. 한편, 식이요법과 운동중재를 병행한 프로그램에서는 NMD를 이용하여 혈관내피 기능을 평가하였을 때, 혈관 항상성에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려진 혈장표지자인 혈장 렙틴(plasma leptin), 글루세로퍼옥시데이스(Myeloperoxidase), 조직플라스미노겐활성제(tissue plasminogen activator)가 감소되었으나, 손상된 평활근은 개선시키지 못한다고 나타났다 [16]. 한편, Bruyndonckx[15]의 연구에 따르면 식이요법과 운동중재 프로그램을 병행하였을 때 RHI가 증가하였으며, 5개월 후 EPCs가 증가하고 10개월 후 EMPs는 감소시켜 혈관내피 기능을 개선하였다 [15]. 식욕억제제와 식이요법, 운동중재를 병행한 프로그램에서는 식욕억제제만 복용 했을 때 체중과 체지방 감소만을 일으켰던 것과는 달리, FMD가 현저하게 향상되는 것을 볼 수 있었다. 따라서 혈관내피 기능을 향상시키기 위해서는 단순한 식욕억제제 복용 보다는 운동 및 식이요법이 병행되어야 함을 알 수 있었다. 한편, Vitamin D3 복용은 결과적으로 혈관내피 기능을 개선 할 수 없었다(Table 3).

Table 3. Description of Included Studies and Results in International Research

First Author (Year) [Reference]	Age Gender	Study design	Study groups (n)	Intervention	Duration of program	Measurement/Variable	Results
Sedgwick MJ (2013) [19]	12.6–14.3 Boy	Exp	G1: Exp (n = 13) G2: Con (n = 13)	Day 1: G1: treadmill 60 min G2: exercise X Day 2: G1, G2: fasting FMD → high fat breakfast → FMD → high fat lunch → FMD	2d*2d	FMD	FMD ↑
Yu CC (2013) [20]	11–18 Boy	Exp	G1: diet alone (n = 20) G2: diet+orlistat (n = 21) G3: diet+orlistat + exercise (n = 23)	G1: nutritional education, hypocaloric diet G2, G3: diet+orlistat therapy: three times a day with meals. G3: Diet+Orlistat+exercise: resistance training, twice a week, each session lasting 70 min	10w	FMD NMD Insulin Glucose levels	FMD ↑ NMD ↑ LDL-Chole ↓ TG ↓, Insulin ↓, HOMA-IR ↓
Montero D (2014) [16]	15.09 ± 1.32 Boy+girl	Quasi-exp	G1: Exp (n = 17) G2: Con (n = 19)	G1: hypocaloric diet + physical activity program G2: usual care	16w	FMD NMD	FMD (+) NMD (-)
Bruyndonckx L (2015) [15]	12–18 Boy+girl	Quasi-exp	G1: Diet+exercise (n = 33) G2: usual care (n = 28)	G1: dietary restriction+physical activity(cycling or running) +resistance training)+ psychological support G2: usual care	10m	RHI EPCs (endothelial progenitor cells) EMPs (endothelial micro particles)	RHI ↑ EPCs ↑ EMPs ↓
Javed A (2016) [21]	13–18 Boy+girl	RCT	G1: vitamin D3 100,000IU Tx (n = 19)	G1: 100,000 IU vitamin D3 orally once a month for 3 months	12w	FMD PTH Calcium Fasting lipids Glucose Insulin CRP	FMD (+) PTH ↓ Calcium (-) Fasting lipids (-) Glucose (-) Insulin (-) CRP (-)
Wesniak J (2016) [22]	15 Boy+girl	Exp	G1: Exp (n = 8) G2: Con (n = 8)	G1: dietary restriction (1500–1800 kcal/day)+physical activity: sports activities psychological support G2: usual care	10m	HDL-mediated eNOS Phosphorylation Reverse Cholesterol efflux	HDL-mediated eNOS phosphorylation (+) Reverse cholesterol efflux (+)
Zhang H (2017) [23]	16–19 Boy	Quasi-exp	G1: Exp (n = 45) G2: Con (n = 20)	G1: priority to jogging, sports, including badminton, table tennis, aerobics and cycling G2: usual care	12w	Adropin RHI Blood Lipid Levels	Adropin ↑ RHI ↑ ALT ↓, TC ↓ LDL-C ↓ HDL-C ↑
Mueller UM (2017) [24]	10–17 Boy+girl	Exp	G1: Exp (n = 232) G2: Con (n = 154) G3: High level group (n = 59)	G1: 60min Physical Exercise(treadmill test) -daily at school/ 5h per week G2: 45min Physical Exercise(treadmill test) -daily at school/ 2h per week G3: weekly up to 20 hours training	5y	RHI Blood cholesterol Questionnaire-quality of life -physical activity -family history	RHI ↑ Cholesterol, LDL ↓, TG ↓ quality of life ↑ physical activity ↑

↓ = Decreased; ↑ = Increased; + = And; (-) = No correlation; (+) = Correlation; ALT = Alanine Aminotransferase; B.W = Body weight; BUN = Blood urea nitrogen; Con = Control; C = Creatinine; CRP = C-reactive protein; d = Day; EMPs = Endothelial micro particles; EPCs = Endothelial progenitor cells; Exp = Experiment; FMD = Flow-mediated dilatation; G1 = Group1; G2 = Group2; G3 = Group3; HDL-C = High density lipoprotein-cholesterol; HDL-mediated eNOS = High density lipoprotein cholesterol-mediated endothelial nitric oxide synthase; HOMA-IR = Homeostatic model assessment for insulin resistance; LDL-C = Low density lipoprotein-cholesterol; m = Month; NMD = Nitroglycerin mediated dilatation; PTH = Parathyroid hormone; PWV = Pulse wave velocity; Quasi-exp = Quasi-experiments; RHI = Reactive hyperemia index; TG = Triglycerides; Tx = Treatment; w = Week; y = Year

Table 4. Description of Included Studies and Results in Domestic Research

First Author (Year) [Reference]	Age Gender	Study design	Study groups	Intervention	Duration of program	Measurement/Variable	Results
Chon SG (2009) [12]	13.8-13.8 Boy	Quasi-exp	G1: Exp (n = 10) G2: Con (n = 10)	G1: (For First 1 Month) 1Km Running + walking + Foot-sal, Badminton, basket-ball, Stretching +breathing (For First 2-3Month) 3km Running + walking + Foot-sal, Badminton, basket-ball, Stretching + breathing G2: Maintenance of a lifestyle	12w	IMT PWV FMD Blood lipid	IMT (-) PWV(-) FMD ↑ insulin resistance (-)
Yoon ES (2010) [25]	13-14 Boy	Quasi-exp	G1: Exp (n = 10) G2: Con (n = 10)	G1: 60-90min/once, 3 days a week, 3km running, walking, Foot-sal, Badminton, basketball, Stretching G2: Maintenance of a lifestyle	12w	IMT FMD Blood lipid Insulin resistance	IMT ↓ FMD ↑ Blood lipid(-) Insulin resistance (-)
Lee YJ (2011) [26]	13 Boy	Quasi-exp	G1: Exp (n = 11) G2: Con (n = 10)	G1: 5times a week every day, on Saturday doing it once every two weeks, Exercise time G2: Maintenance of a lifestyle	12w	RHI Ax PWV Blood lipid CRP VO ₂ max	RHI ↑ Ax(+) PWV(-) HDL-C ↑, TC, LDL-C, TG, Glucose(-) CRP (-) VO ₂ max ↑
Park SH (2012) [27]	13-14 Boy	Quasi-exp	G1: Exp (n = 11) G2: Con (n = 10)	G1: 5 days a week, 40minutes a day, round trip, football, basketball, nabacone running, stretching G2: Control Group: Maintenance of a lifestyle	6w	RHI PWV Blood lipid Blood sugar VO ₂ max	RHI ↑ PWV ↑ HDL-C ↑, TC, LDL-C, TG(-) Glucose(-) VO ₂ max ↑
Kim HK (2012) [28]	15.16-15.18 Boy	Quasi-exp	G1: Exp (n = 10) G2: Con (n = 10)	G1: 4times a week, 60 min for 1 time, Aerobic exercise: treadmill + Resistance exercise:	16w	NOx VC Plasma ET-1 Blood lipid Insulin resistance	NOx, VC ↑ Plasma ET-1 ↓ TC, LDL-C, TG ↓, HDL-C ↑ Insulin resistance ↓
Son WM (2014) [29]	13-14 Girl	Quasi-exp	G1: Eating sweet potatoes, a mixed exercise group (n = 7) G2: exercise group (n = 7) G3: Eating purple sweet potatoes (morning, lunch, dinner), For each 2g, a total of 6g, eating them G4: Control group (n = 7)	G1: 5 times a week, exercise (60min) + Eating purple sweet potatoes (1 day for 1-2 weeks, 3 times before meals (morning, lunch, dinner), For each 2g, a total of 6g, eating a) G2: 5 times a week, exercise (60min) G3: Eating purple sweet potatoes (1 day for 1-2 weeks, 3 times before meals (morning, lunch, dinner), For each 2g, a total of 6g, eating) + (1day for 3-12 weeks, 3 times before meals (morning, lunch, dinner), for each 3 g, a total of 9g, eating them) G4: Maintenance of a lifestyle	12w	PWV NO Blood lipid	PWV ↓ NO ↑ TC, TG, HDLC, LDL-C(-)

↓ = Decreased; ↑ = Increased; + = And; (-) = No correlation; (+) = Correlation; Ax = Aortic augmentation index; CRP = C-reactive protein; Exp = Experiment; FMD = Flow-mediated dilatation; G1 = Group1; G2 = Group2; G3 = Group3; G4 = Group4; HDL-C = High density lipoprotein cholesterol; IMT = Intima-media thickness; LDL-C = Low density lipoprotein cholesterol; NOx = Nitrogen oxides; Plasma ET-1 = Plasma endothelin-1; PWV = Pulse wave velocity; RHI = Reactive hyperemia index; TC = Total cholesterol; TG = Triglycerides; VC = Vascular compliance; VO₂max = Maximal oxygen uptake; w = Week

국내 비만 중재 프로그램의 연구 결과를 분석한 결과, 미세 혈관 기능 지표인 최대 맥 증폭지수는 실험군에서 증가하였고, 대조군에서 감소하여 통계적으로 유의한 차이 있었으며, FMD가 증가하였다. 또한, 실험군에서 운동 중재 후 심폐 체력 지표 중 최대산소섭취량, 운동부하검사 지속시간, 운동 시 최대 심박동수가 증가되었고, 혈액 검사시 HDL-C는 증가하였으며, 그 외의 혈중지질, 염증지표, 인슐린 저항성은 각 중재마다 상이한 결과를 나타냈다. 총경동맥 내중막 두께와 동맥 경직도, 경동맥-대퇴동맥 전파속도는 실험군과 대조군 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 자색고구마환 섭취와 운동요법을 병행한 논문에서는 혈중지질은 유의한 차이가 없었으나 체지방률 감소, 근력증가, 근지구력, 유연성, 심폐지구력, 산화질소, 혈관탄성은 실험군에서 개선되었다(Table 4).

논 의

본 연구는 최근 10년간 국내외 청소년을 대상으로 실시한 비만 중재 프로그램의 현황을 파악하고 비만 중재 프로그램이 혈관내피 기능에 미치는 효과를 통합해 보기 위해 시도되었다. 2009년부터 2018년까지 발행된 청소년을 대상으로 비만 중재 프로그램을 적용하고 혈관내피 기능에 미치는 효과를 알아본 논문은 국외논문 8편, 국내논문 6편으로 총 14편이었다. 논문의 대상자를 보면 국외논문의 경우 일반청소년을 대상으로 2편의 연구가 시행되었는데, 1편은 실험실계 중 교차설계 연구로, 일반 남자 청소년들에게 고지방 식이를 섭취하도록 한 후 적당한 강도의 운동이 혈관내피 기능에 미치는 효과를 보는 연구로 적당한 강도의 운동은 고지방 식이를 섭취하는 남자청소년의 FMD를 감소를 악화시킨다는 결과를 보였다[19]. 또한 일반 청소년을 대상으로 한 다른 논문은 학교기반 프로젝트로 시행된 운동 중재 프로그램으로 유산소 운동을 통한 신체 운동이 일반 청소년의 혈관내피 기능을 향상시킨다는 결과를 나타냈다[24]. 두 논문을 통해 비만에 노출되기 쉬운 청소년들에게 운동 중재 프로그램은 혈관내피기능의 악화를 예방할 수 있다는 것을 알 수 있다. 국외논문은 국내논문과는 달리 학교나 센터를 기반으로 수행된 연구들이었는데 이는 외국의 비만청소년이 국내의 비만 청소년보다 유병률이 높고, 식습관이나 생활방식 등이 비만에 노출되기 쉽기 때문에 혈관내피 기능의 악화를 초래하기 쉬워 지역사회를 기반으로 시행된 연구들이 국내보다 많은 것이라고 생각된다 [15,24].

국외논문과 국내논문의 대상자의 특성을 분석해 보면 국외논문은 남학생 1편, 남학생·여학생 7편 이었으며 국내논문은 남학생 5편으로 분석논문 14편 중 남학생을 포함한 논문이 13편으로 남학

생의 비만 유병률이 더 높음을 알 수 있다. 이것은 윤성하 등[30]의 논문의 결과와 일치하며, 즉 혈관내피 기능의 저하가 여학생보다 남학생이 높음을 유추할 수 있다.

비만 중재 프로그램의 구성을 보면 운동중재 3편, 식이요법·운동중재 병행 4편, Vitamin D3 복용 1편이 있었으며, 식이요법·운동중재 프로그램 중 식욕억제제 복용을 병행한 프로그램이 시행되었다. 반면 국내의 프로그램은 대부분 운동중재로만 이루어진 연구 5편, 자색고구마환 복용과 운동중재 병행한 논문이 1편으로 국외의 연구들이 국내보다 다양한 중재가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한 국내의 경우 식이요법이 포함된 논문을 찾을 수 없었는데, 국외논문의 경우 대상자를 센터나 주거형식의 시설에서 프로그램을 적용한 반면 국내의 경우 학교에서 시행하거나 연구자가 모집하여 단편적으로 시행했기 때문에 청소년들이 식이요법을 적용하기 어려웠으리라 생각된다. Montero 등[16]의 연구에서는 저칼로리 식단과 신체활동 프로그램을 4개월 시행한 후 체중은 감소하였지만 혈관내피기능 측정 지표인 FMD와 MND는 감소하지 않았다. 이러한 결과는 Wesnigk[22]의 연구 결과와는 상반되는 결과를 나타낸다. Wesnigk[22]의 연구에서는 저칼로리 식단을 유지하면서 신체활동을 프로그램을 10개월 간 적용하였으며 혈관내피세포 기능을 평가하는 고밀도 지방단백질 콜레스테롤 매개 질소산화물 합성효소(HDL-Induced eNOS Activation)와 콜레스테롤 효용량(Reverse cholesterol efflux)을 측정 시 증가함을 알 수 있었다. 이것은 혈관내피 기능을 강화하기 위해서는 신체활동 중재 프로그램의 기간을 더 길거나 강하게 적용해야 할 필요성을 시사한다. 또한 Javed [21]의 연구에서는 25-hydroxy vitamin D [25(OH)D]이 75 nmol/L 미만의 비만한 청소년에게 100,000 IU 를 3개월동안 한 달에 한 번 복용하도록 하였으며, 연구결과 Vitamin D3 수준을 증가시키는데 효과적이었지만 혈관내피 기능을 유의하게 변화시키지 않았다. 이것은 50nmol/L 이하의 25(OH)D 수준의 인구가 최소 97.5%를 차지하는 것을 고려하여 볼 때[21], 비타민 D와 같은 하나의 영양소 보충만으로는 혈관내피기능 강화에 큰 영향을 주지 못함을 시사하며, 연구의 대상자수와 중재기간을 더 늘려서 반복연구를 추후에 더 진행할 필요가 있을 것으로 생각된다.

한편, 식이요법·운동요법과 함께 식욕억제제를 복용하도록 한 연구에서 식욕억제제 복용시 식이요법을 함께 시행했을 경우에 혈관내피 기능이 개선됨을 알 수 있다[20]. 또한 분석된 국내논문 6편에서는 비만 중재 프로그램에 의해 혈관내피 기능이 향상된 결과를 확인 할 수 있었다 [12,25-29]. 국내 분석 논문 중 순원목[29]의 논문은 운동요법과 자색고구마환을 복용을 통해 자색고구마환 섭취는 체지방률 감소, 근력증가, 근지구력, 유연성, 심폐지구력, 산화질

소, 혈관탄성도가 개선되었으나 혈액검사 상 혈중지질의 개선에는 유의한 차이가 없었다. 이것은 혈중 지질이 식이, 호르몬, 운동 강도, 운동시간, 운동 빈도, 체지방 정도 및 연령 등의 요인들의 영향을 받으며 생활 습관을 제한하지 못한 점과 개인의 신체적 특성 차이 때문이라고 생각된다.

국내외 비만 중재 프로그램 중 정서적 지지가 포함된 연구는 국외논문 2편이었는데[15,22], 청소년기의 비만은 열등감, 우울, 부정적인 신체상 같은 사회심리적인 문제를 일으킬 수 있기 때문에 비만 청소년의 비만 중재 프로그램에 정서적 지지를 포함시켜 신체적 건강과 정신적 건강을 도모해야 할 필요가 있을 것으로 생각된다.

결론 및 제언

본 연구는 2009년부터 2018년 최근까지 10년간 국내외 청소년을 대상으로 비만 중재 프로그램이 혈관내피 기능에 미치는 효과를 파악하기 위해 시도되었다. 분석에 포함된 논문은 국외 8편, 국내 6편으로 총 14편이었으며 분석에 포함된 비만 중재 프로그램 연구는 RCT 연구 1편을 포함한 실험설계 5편, 유사실험설계 3편이었고, 국내논문은 유사실험설계 6편이었다. 혈관내피기능 증진을 위해 실시한 중재 방법은 국외논문에서는 운동 중재 프로그램과 식이요법, Vitamin D3 치료, 식욕억제제를 이용한 방법 등이 있었고, 국내논문에서는 운동 중재 프로그램이 대부분이었으며 자색고구마 섭취를 병행하는 방법이 있었다. 종속변수로는 국외논문에서는 혈관내피 세포기능을 측정하기 위해 FMD, RHI, NMD, EPCs 및 EMPs 등이 있었고, 국내논문에서는 PWV, FMD, RHI, IMT, NO, VC를 측정하였음을 확인할 수 있었다. 연구결과는 국외 논문 2편을 제외한 나머지 12편 모두 비만 중재 프로그램이 비만 청소년의 혈관내피 기능을 향상시킨다는 결과를 확인할 수 있었다.

본 연구는 청소년을 대상으로 한 비만중재프로그램 중에서 심혈관계 질환의 초기 표식자인 혈관내피기능을 측정한 논문을 체계적으로 분석 및 고찰함으로써, 청소년들이 성인기로 진입하였을 때 발생할 수 있는 만성질환 이환의 위험을 감소시킬 수 있는 중재프로그램 개발의 중요한 기초 자료로 활용될 수 있다는 점에서 연구의 의의가 깊다고 할 수 있다. 하지만 본 연구는 중재 프로그램 후 혈관내피기능을 측정할 실험 연구 중 상대적으로 표본 수가 적은 일부 논문도 분석대상에 포함하였으므로 결과 해석 및 일반화에 제한이 있을 수 있다.

이상의 연구 결과를 토대로 다음과 같이 제언하고자 한다.

1) 청소년의 혈관내피 기능 향상을 위한 단기적 운동 중재 프로그램뿐만 아니라 운동의 효과가 지속 될 수 있도록 장기적 운동 중재

프로그램 개발이 이루어져야 할 것이다.

2) 기존의 연구현황의 문제점들을 보완하여 식이요법을 포함한 국내 비만 청소년의 혈관내피 기능을 향상 할 수 있는 치료적 간호 중재 프로그램을 개발하고 그 효과를 검증하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

3) 마지막으로 연구 결과를 바탕으로 치료적 간호 중재 프로그램을 통해 혈관내피 기능이 향상된 비만 청소년들이 성인이 되어서 실제로 성인병 유병률이 감소되었는지에 대한 후향적 코호트 연구가 필요하다.

CONFLICT OF INTEREST

There is no conflict of interest for all listed authors

REFERENCES

1. Yun SH, Lim DH, Oh KG. Development of the 2017 Korean National Growth charts for children and adolescents. *Public Health Weekly Report*. 2017; 11(25):813-820.
2. Lee JY, Lee CM, Park HJ, Hwang MJ. The effect of the Korean traditional dance on health-related fitness, growth mediators in obese elementary school students. *The Korean Journal of the Elementary Physical Education*. 2009;5(2): 37-48.
3. Korea Centers for Disease Control and Prevention. 2016 National Health Statistics Analysis Results [Internet]. Seoul: Health and Welfare Department Health Policy Division; 2017[cited 2018 Aug 10]. Available from: <https://www.cdc.go.kr/CDC/contents/CdcKrContentView.jsp?cid=60949&menuIds=HOME001-MNU1130-MNU1639-MNU1749-MNU1761>
4. Korea Centers for Disease Control and Prevention. 2017 Results of a youth health online survey [Internet]. Seoul: Department of Health and Nutrition Examination Center for Disease Prevention; 2017 [cited 2018 Aug10]. Available from: <http://www.cdc.go.kr/yhs/>
5. Guo RF, Ward PA. Mediators and regulation of neutrophil accumulation in inflammatory responses in lung: insights from the IgG immune complex model. *Free Radical Biology Medicine*. 2002;33(3):303-10. <https://doi.org/10.1093/ajcn/70.1.145s>
6. Sumpio BE, Riley JT, Dardik A. Cells in focus: endothelial cell. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*. 2002;34(12):1508-12. [https://doi.org/10.1016/s1357-2725\(02\)00075-4](https://doi.org/10.1016/s1357-2725(02)00075-4)
7. Kim HK, Park HY. Current status of studies regarding endothelial cell dysfunction for the prevention, management and treatment of vascular diseases in Korea. *Public Health Weekly Report*. 2015;9(1):2-8
8. Ahn BK, Kim SK, Kwon YJ, Hyon MS, Bang DW, Park JS, et al. Association of carotid atherosclerosis and arterial stiffness with obesity. *Journal of Soonchunhyang Medical Science*. 2011;17(2):95-9. <https://doi.org/10.15746/sms.11.020>
9. Perticone F, Ceravolo R, Candigliota M, Ventura G, Iacopino S, Sinopoli F, et al. Obesity and body fat distribution induce endothelial dysfunction by oxidative stress: protective effect of vitamin C. *Diabetes*. 2001;50(1):159-65. <https://doi.org/10.2337/50.1.159>

- org/10.1016/s0895-7061(00)00492-1
10. Steinberger J, Daniels SR. Obesity, insulin resistance, diabetes, and cardiovascular risk in children: an American Heart Association scientific statement from the Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in the Young Committee (Council on Cardiovascular Disease in the Young) and the Diabetes Committee (Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism). *Circulation*. 2003;107(10):1448-53. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000060923.07573.f2>
 11. Cohn JN, Duprez DA, Grandits GA. Arterial elasticity as part of a comprehensive assessment of cardiovascular risk and drug treatment. *Hypertension*. 2005;46(1):217-20. <https://doi.org/10.1161/01.hyp.0000165686.50890.c3>
 12. Chon SG. Effects of twelve-week exercise program on arterial function in obese adolescents [master's thesis]. Seoul: University of Seoul; 2009. 88p.
 13. Thompson DR, Obarzanek E, Franko DL, Barton BA, Morrison J, Biro FM, et al. Childhood overweight and cardiovascular disease risk factors: the National Heart, Lung, and Blood Institute Growth and Health Study. *The Journal of Pediatrics*. 2007;150(1):18-25. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2006.09.039>
 14. Heo EJ, Shim JE, Yoon EY. Systematic review on the study of the childhood and adolescent obesity in Korea: dietary risk factors. *Journal of Community Nutrition*. 2017;22(3):191-206. <https://doi.org/10.5720/kjcn.2017.22.3.191>
 15. Bruyndonckx L, Hoymans VY, De Guchteneere A, Van Helvoirt M, Van Craenenbroeck EM, Frederix G, et al. Diet, exercise, and endothelial function in obese adolescents. *Pediatrics*. 2015;135(3):e653-61. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-1577d>
 16. Montero D, Walther G, Perez-Martin A, Mercier CS, Gayraud S, Vicente-Salar N, et al. Effects of a lifestyle program on vascular reactivity in macro- and microcirculation in severely obese adolescents. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2014;99(3):1019-26. <https://doi.org/10.1210/jc.2013-3394>
 17. Ryu RK. A study on the behavioral modification for juvenile obese management and application of aerobic exercise program [Doctoral thesis] Seoul: University of Myongji; 1997. 120p.
 18. Hur S. Effects of behavior modification for complex exercise and nutrition education providing feedback on metabolic syndrome related factors, adipocytokine and dietary intakes in obese high school girls. *Korean journal of physical education*. 2012;51(2):441-451.
 19. Sedgwick MJ, Morris JG, Nevill ME, Tolfrey K, Nevill A, Barrett LA. Effect of exercise on postprandial endothelial function in adolescent boys. *British Journal of Nutrition*. 2013;110(2):301-9. <https://doi.org/10.1017/s0007114512004977>
 20. Yu CC, Li AM, Chan KO, Chook P, Kam JT, Au CT, et al. Orlistat improves endothelial function in obese adolescents: a randomised trial. *Journal of Paediatrics and Child Health*. 2013;49(11):969-75. <https://doi.org/10.1111/jpc.12252>
 21. Javed A, Kullo IJ, Balagopal PB, Kumar S. Effect of vitamin D3 treatment on endothelial function in obese adolescents. *Pediatric Obesity*. 2016;11(4):279-84. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12059>
 22. Wesnigk J, Bruyndonckx L, Hoymans VY, De Guchteneere A, Fischer T, Schuler G, et al. Impact of lifestyle intervention on HDL-induced eNOS activation and cholesterol efflux capacity in obese adolescent. *Cardiology Research and Practice*. 2016;2016:2820432. <https://doi.org/10.1155/2016/2820432>
 23. Zhang H, Jiang L, Yang YJ, Ge RK, Zhou M, Hu H, et al. Aerobic exercise improves endothelial function and serum adiponectin levels in obese adolescents independent of body weight loss. *Scientific Reports*. 2017;7(1):17717. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18086-3>
 24. Mueller UM, Walther C, Adam J, Fikenzer K, Erbs S, Mende M, et al. Endothelial function in children and adolescents is mainly influenced by Age, Sex and physical activity- an analysis of reactive hyperemic peripheral artery tonometry. *Circulation Journal*. 2017;81(5):717-25. <https://doi.org/10.1253/circ.cj-16-0994>
 25. Yoon ES, Jung SJ, Jae SY. Effects of exercise training program on carotid intima-media thickness and brachial artery endothelium-dependent flow mediated vasodilation in obese adolescents. *Exercise Science*. 2010;19(2):165-174. <https://doi.org/10.15857/ksep.2010.19.2.165>
 26. Lee YJ. Effects of school-based physical activity program on macro- and microvascular function in obese adolescents [master's thesis] Seoul: University of Seoul; 2011. 66p.
 27. Park SH, Yoon ES, Jae SY. Effect of improvement of cardiorespiratory fitness by regular exercise training on vascular function in obese adolescents. *Exercise science*. 2012; 21(4):485-494. <https://doi.org/10.15857/ksep.2012.21.4.485>
 28. Kim HK, Yang EJ. The effect of aerobic exercise and resistance exercise on blood lipid, insulin resistance, vasodilation and vascular compliance in obese adolescence. *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*. 2012;26(4):185-199.
 29. Son WM. Effects of combined exercise and purple sweet potato intake on health-related fitness, blood lipid profile, nitric oxide and vascular compliance in obese middle school girl students [Doctoral thesis] Pusan: Pusan National University; 2014.90p.
 30. Yoon SH, Kim HJ, Oh KY. Prevalence of obesity among children and adolescent in Korea.