creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

체육학 석사 학위논문

청소년 비만에 대한 신체활동 프로그램의 효과: 체계적 문헌 고찰 및 메타분석

Effects of Physical Activity programs on Obesity Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis

2023년 2월

서울대학교 대학원

체육교육과

윤 지 연

청소년 비만에 대한 신체활동 프로그램의 효과: 체계적 문헌 고찰 및 메타분석

Effects of Physical Activity programs on Obesity Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis

지도 교수 김 연 수

이 논문을 체육학 석사 학위논문으로 제출함
2023년 2월

서울대학교 대학원
체육교육과
윤 지 연

윤지연의 체육학 석사 학위논문을 인준함
2023년 2월

위 원 장	김 유 겸	(인)
부위원장	이 용 호	(인)
위 원	김 연 수	(인)

초 록

목적: 본 연구의 목적은 청소년을 위한 비만 예방 프로그램이 비만 지표에 영향을 미치는지 규명하는 것과 비만 예방 프로그램의 어떤 중재 요인이 비만지표에 영향을 미치는지 구명하는 것이다.

방법: 청소년 비만에 대한 신체활동 프로그램의 효과와 관련 체계적 문헌고찰을 위해 2명의 연구자가 5개의 검색어(exercise, adolescents, school-based, online-based or web-based or internet-based, RCT)를 선정하고 4개의 검색엔진(PubMed, Embase, Scopus, SPORTDiscus)을 사용하여 문헌 검색을 수행하였다. 체계적 문헌고찰은 Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA)의 지침을 준수하였으며, 본 연구를 위한 논문 검토 프로토콜은 National Institute for Health Reasearch의 International prospective register of systematic reviews (PROSPERO, CRD42022322930)에 등록되었다. 본 연구에서 메타분석은 두 집단의 사전-사후 BMI 평균 차이, 사전-사후 차이의 통합 표준편차, 각 집단의 참여자 수를 이용하여 효과크기를 코딩한 후 실시하였다. 본 연구에서 메타분석은 R version 4.0.3 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020)을 사용하였다.

결과: 동일한 키워드 검색을 바탕으로 데이터베이스에서 총 2,762개가 추출되었으며 PRISMA Flow chart에 따라 체계적 문헌고찰 및 메타분석에 포함된 연구는 11개이다. 참여자의 특성에 따라 연구를 분류해 보았을 때, 참여자의 성별을 기준으로 여학생들을 대상으로 한 연구는 4개, 남학생들을 대상으로 한 연구 1개, 그리고 혼성으로 진행한

연구는 5개로 나뉜다. 비만 혹은 과체중 여부를 기준으로 참여자를 모집한 연구 6개와 체중을 참여자의 기준으로 모집하지 않은 연구 4개로 나뉜다. 신체활동 프로그램의 특성은 형태(유산소 신체활동 6개, 유산소와 근력운동 결합 4개, 미 언급 1개), 빈도(주 1회 1개, 주 2회 1개, 주 3회 1개, 주 4회 2개, 주 5회 5개), 기간(16주 이하 5개, 17~24주 4개, 25주 이상 2개), 구성요소(개인적 요소 4개, 개인 및 대인적 요소 5개, 개인·대인·환경·정책적 요소 2개)로 나눌 수 있다. 본 체계적 문헌 고찰에 포함된 대부분의 연구에서 신체활동이 포함된 비만 예방 프로그램에 참여한 청소년들의 BMI가 감소하는 결과를 나타냈다. 그러나 프로그램 중재 혹은 추적 기간이 길었던 3개의 연구에서는 BMI가 감소하지 않는 결과를 보였다. 메타분석 결과 통계적으로 유의한 BMI 감소 효과가 나타났다(−1.90, 95% CI −3.73 to −0.08). 또한 연구간 이질성은 높은 것으로 나타났다(I^2=97%). 타당성 검증 결과 비대칭성이 존재함을 확인했으며 분석 결과 오류의 영향력이 미미하지는 않지만 전체 결과의 영향을 줄 정도는 아닌 것으로 판단되었다.

결론: 본 연구는 청소년을 대상으로 실시한 신체활동이 포함된 비만 예방 프로그램 연구를 종합하여 전체적인 효과와 조절 효과별 비만지표 감소 효과의 차이점을 분석하였다. 본 연구에서 신체활동 프로그램은 청소년의 BMI를 유의미하게 감소시켰으며 신체활동 프로그램의 빈도가 주요한 요인으로 작용하는 것을 확인하였다. 따라서 본 연구의 분석내용은 학교 현장에서 비만 예방 프로그램을 운영하고 구성할 때 중요한 기초자료로 활용될 것이다.

주요어 : 청소년, 신체활동, 비만, 체계적 문헌 고찰, 메타분석
학　번 : 2021-25372

목 차

Ⅰ. 서 론 1
1. 연구의 필요성 1
2. 연구의 목적 3
3. 연구의 가설 4

Ⅱ. 이론적 배경 5
1. 소아청소년 비만 5
1.1. 소아청소년 비만의 정의 5
1.2. 소아청소년 비만의 진단 5
2. 청소년 비만의 요인 10
2.1. 신체활동 10
2.2. 생물학적 요인 10
2.3. 정신적 요인 11
2.4. 위험 요인 11
3. 비만예방 신체활동 프로그램 13
3.1. 청소년 비만예방 프로그램의 필요성 13
3.2. 청소년 비만예방 신체활동 프로그램의 현황 14

Ⅲ. 연구 방법 16
1. 포함된 연구에 대한 기준 16
1.1. 포함된 연구의 핵심 기준 16

1.2. 제외된 연구의 기준 17
2. 문헌 검색 및 선택 방법 17
2.1. 검색 대상 데이터베이스 18
2.2. 검색 대상 연도 18
2.3. 검색 용어 및 방법 18
2.4. 문헌 선택 방법 18
2.5. 문헌 선택 절차 19
3. 연구의 질 검증 19
3.1. 질 평가 척도 20
4. 데이터 코딩 22
4.1. 연구 수준 변수의 코딩 22
4.2. 효과 크기(d) 코딩 22
4.3. 효과 크기의 변환 23
5. 데이터 분석 방법 24
5.1. 두 집단 간 사전-사후 차이 검증 24
5.2. 무선효과모형 24
5.3. 이질성 25
5.4. 조절효과 분석 25
5.5. 민감성 분석 25
5.6. 데이터 오류 검증 26
5.7. 통계 프로그램 27

Ⅳ. 연구 결과 28
1. 검색 결과 28
2. 선정된 연구 특성 29

2.1. 참여자 특성 33
2.2. 신체활동 프로그램의 특성 33
2.3. BMI 감소효과.....34
3. 선정된 개별 연구의 질 검증.....35
4. 종합효과 크기 35
5. 조절효과 분석 35
6. 타당성 검증.....36

Ⅴ. 논의 41

Ⅵ. 결론 및 제언.....45

참고문헌.....47
부　　록.....47

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 필요성

청소년들의 신체활동은 점점 부족해지고 칼로리 섭취는 증가함에 따라 청소년 비만 유병률이 계속 증가하고 있다(Kumar & Kelly, 2017). 지난 40년동안 전세계적으로 청소년의 비만 유병률은 1,100만명에서 12,400만명으로 증가했다(Lim et al., 2020). 전세계 청소년들의 비만 유병률 증가 추세와 유사하게 한국 청소년들의 비만 유병률은 2009년 5.1%에서 2020년 12.1%로 계속 증가하고 있다(Agency, 2021). 청소년기의 비만은 성장 후 성인비만으로 이어지게 되며 제2형당뇨병, 지방간, 이상지질혈증, 고혈압 등 각종 성인병을 조기에 확인할 수 있는 건강 위험 지표이다 (Suchindran et al., 2010).

신체활동은 비만을 예방하고 비만 유병률을 감소시킬 수 있는 효과적인 방법 중 하나이다(Minatto et al., 2016; Raghuveer et al., 2020). 특히 청소년기의 신체활동은 비만, 당뇨, 심혈관 질환 등 다양한 만성질병들을 예방하는데 효과가 있으며 불안, 우울, 스트레스를 감소시키고 정신건강 증진에 효과가 있다(Hallal et al., 2006). 그러나 영양, 국가의 소득수준, 거주지, 정책, 학교, 가족, 친구, 정신 건강 등 다양한 요인이 청소년의 비만 유병에 영향을 주기 때문에 청소년의 비만 예방을 위해서는 신체활동과 함께 다른 요인들도 함께 고려해야할 필요가 있다(Dietz & Gortmaker, 2001; Due et al., 2009; Erermis et al., 2004; Larson et al., 2013; Lee & Yoon, 2018; Lobstein et al., 2015).

현재까지 청소년들을 대상으로 비만예방 프로그램의 효과에 대한 메타분석 연구는 BMI 감소 효과가 유의미하지 않기도 하고(Choe et al.,

2022) 유의미하기도 했다(Doak et al., 2006; Jacob et al., 2021). 또한 신체활동이 포함된 연구와 포함되지 않은 연구를 비교한 결과 신체활동이 포함된 비만예방 프로그램이 신체활동이 포함되지 않은 프로그램에 비해 BMI가 1.7 (95% CI −2.95, −0.45) 감소되는 효과가 있었다(Ho et al., 2013) 그러나 신체활동의 유형에 따른 BMI 감소 결과는 일정하지 않았다(Ho et al., 2013).

현재까지 진행된 연구를 종합해 보았을 때, 비만 예방 신체활동 프로그램에 대한 종합 연구 효과가 미비하며 청소년을 대상으로 진행된 비만 예방 신체활동 프로그램의 효과는 일정하지 않다. 그러므로 본 연구에서는 비만 예방 신체활동 프로그램이 청소년들에게도 유의미한 효과가 나타나는 지 살펴보고, 조절효과 분석을 통해 참가자의 특징, 프로그램 구성 요소 중 어떤 요소가 BMI 감소에 유의미한 영향을 미치는지 파악하고자 한다. 본 연구를 통해 청소년들의 비만 예방에 도움이 될 수 있는 프로그램의 형태와 방법을 찾아 추후 청소년에게 효과적인 비만 예방 신체활동 프로그램 제작을 위한 기초자료로서 도움이 되고자 한다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 청소년을 위한 비만 예방 프로그램이 비만 지표에 영향을 미치는지 규명하는 것과 비만 예방 프로그램의 어떤 중재 요인이 비만지표에 영향을 미치는지 구명하는 것이다.

1. 비만 예방 신체활동 프로그램이 청소년에게 나타나는 효과를 구명하는 것이다.

2. 특정한 참여자의 특징 중 과체중 혹은 비만 여부가 효과 크기를 조절하고 있는지 구명하는 것이다.

3. 특정한 프로그램의 특성 중 프로그램의 빈도가 효과 크기를 조절하고 있는지 구명하는 것이다.

4. 특정한 프로그램의 구성 요소 중 사회생태학적 구성 요소가 효과 크기를 조절하고 있는지 구명하는 것이다.

3. 연구의 가설

본 연구의 목적을 위해 다음과 같은 가설을 설정하였다.

1. 비만 예방 신체활동 프로그램은 청소년의 비만 지표에 유의미한 영향을 미칠 것이다.

2. 특정한 참가자의 특징 중 과체중 혹은 비만 여부가 효과 크기를 조절하고 있을 것이다.

3. 특정한 프로그램의 특성 중 프로그램의 빈도가 효과 크기를 조절하고 있을 것이다.

4. 특정한 프로그램의 구성 요소 중 사회생태학적 구성 요소가 효과 크기를 조절하고 있을 것이다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 소아청소년 비만

1.1 소아청소년 비만의 정의

세계보건기구(WHO)에 의하면 비만은 체내에 비정상적인 또는 과도한 지방의 축적으로 인해 건강에 위험을 초래할 수 있는 상태로 정의된다 (World Health Organization, 2022).

소아청소년기에는 에너지 섭취량이 에너지 소모량을 초과하는 열량 과잉 상태가 되면 과다한 지방이 축적될 수 있다. 이러한 상태는 과도한 에너지 섭취 또는 적은 에너지를 소모하는 생활 습관에서 초래될 수 있으며, 생활 습관 외에도 유전적, 호르몬, 환경 등 여러가지 요소들이 관여한다. 소비되지 않고 남은 에너지는 중성지방의 형태로 지방세포에 저장되는데, 이러한 상태가 만성적으로 지속되면 지방세포의 크기와 수가 증가되고, 임계치를 넘으면 있어서는 안 되는 곳인 장기의 외막 혹은 근육에 지방(이소성 지방) 축적이 일어나게 된다 (Kessler, 2021). 체내에 지방이 과도하게 축적될 경우 근육, 간, 지방 조직에서 인슐린 저항성이 생기며, 이는 여러 가지 동반 질환의 원인이 된다 (Scapaticci et al., 2021). 이에따라 소아청소년기 비만은 성인 비만으로 이어지기 쉽고 동반질환을 유발할 가능성도 높다.

1.2 소아청소년 비만의 진단

비만을 진단하기 위해서는 체지방량을 기준으로 하는 것이 합당하지만, 소아청소년 연령에서 체지방량을 간편하고 정확하게 측정하는 방법은 아직 확립되어 있지 않으므로 비만 진단 시에는 체지방량을

반영하는 체질량지수, 비만도 등을 비만의 진단도구로 사용한다 (김재현, 2021). 본 연구에서는 아래 소아청소년 비만의 진단 방법에 속하는 기준을 결과 변인으로 선택할 것이다.

1) 체질량지수(body mass index, BMI)

체질량지수는 아래 공식과 같으며 체질량지수 기준에 따른 비만 진단은 표1과 같다(Barlow & Committee, 2007; De Onis et al., 2008; Field et al., 2005; Moon et al., 2008).

체질량지수=체중(kg)÷신장(m^2)

Table 1. 체질량지수에 따른 비만 진단

구분	체질량지수 기준
과체중	성별, 연령별 백분위수가 85~95 백분위수 미만
비만	성별, 연령별 백분위수가 95 백분위수 이상
고도비만	성별, 연령별 백분위수가 99 백분위수 이상

백분위는 2017년 성장 도표 이용

2) 비만도

비만도는 체중이 성별, 신장별 표준체중에 비해서 초과하는 정도를 백분율로 나타낸 것을 말한다. 비만도는 측정한 체중에서 표준체중을 뺀 값을 표준체중으로 나눈 값을 퍼센트(%)로 나타낸 것이다. 2017년 대한소아과학회의 한국 소아청소년 신체 발육 표준치를 이용하여 비만도를 계산한다 (Kim et al., 2018).

Table 2. 비만도(%) 계산식

비만도(%)=((측정체중−표준체중)÷표준체중)×100

Table 3. 비만도 기준에 따른 비만 진단

구분	비만도 기준
경도 비만	20% ≤ 비만도 ≤ 30%
중등도 비만	30% < 비만도 < 50%
고도 비만	≥ 50%

3) 체지방량 측정

체지방량을 직접 측정하는 방법에는 생체전기저항법과 DEXA 라고 지칭되는 이중에너지 X선 흡수법(Dual energy X-ray absorptiometry, DEXA)이 있다.

① 생체전기저항법(Bioelectric impedance analysis, BIA)

체내 조직의 저항에 따라 전류의 흐름이 다르다는 점을 이용하여 체성분을 분석하는 방법으로 지방 조직은 전류의 흐름이 좋지 않고, 체지방 조직은 전류의 흐름이 상대적으로 좋기 때문에 이 차이를 이용하여 체성분을 분석한다 (Ward, 2019). 이는 기본적으로 측정되는 체수분량으로부터 얻어지는 추정치이기 때문에 체내의 수분량이 변하게 되면 체지방량이 변할 수 있다.

② 골밀도 검사법 (Dual energy X-ray absorptiometry, DEXA)

다른 에너지의 형태를 지닌 두 개의 포톤 빔을 조사하였을 때, 조직의 종류에 따라 포톤 빔이 감쇠되는 정도가 달라지게 되는데 그 차이에 따라 조직의 종류를 파악하여 체성분을 분석하는 방법이며 현재 소아청소년 연령에서 체성분 분석시 표준적인 방법으로 여겨지고 있다(Bazzocchi et al., 2016).

4) 허리둘레와 Waist-to-Height Ratio (WHtR)

허리둘레는 허리둘레와 WHtR로 나뉜다.

① 허리둘레

소아청소년에서는 일반적으로 성별, 연령별 기준의 90백분위수 이상을 복부비만으로 진단한다. 우리나라에서는 2007년 성장 도표에서 제시된 기준을 활용한다. 소아청소년의 허리둘레와 관련된 연구에 의하면 최근 10여 년간 한국 소아청소년에서 허리둘레나 키 대비 허리둘레 비율이 크게 변하지 않았으므로 2007 성장 도표의 기준(표3, 4)을 활용해도 된다고 한다 (Kim et al., 2019).

Table 4. 연령에 따른 허리둘레 백분위수(남)

연령(세)	평균	3rd	5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th	97th
12~13	70.8	56.5	57.8	59.6	63.4	68.7	77.2	85.2	88.8	92.2
13~14	72.4	58.4	59.7	61.5	64.8	70.0	78.5	87.1	92.0	94.5

14~15	73.9	60.0	61.4	63.0	66.5	71.4	79.9	89.5	93.7	97.0
15~16	75.0	62.0	63.0	64.6	68.0	72.7	80.6	89.7	93.9	98.3
16~17	75.9	63.8	65.0	66.5	69.6	74.1	80.7	88.4	93.4	96.0
17~18	77.0	64.6	65.4	67.0	70.2	75.1	82.3	90.0	94.5	97.0

백분위수 분포는 2007년 소아청소년성장 도표 이용

Table 5. 연령에 따른 허리둘레 백분위수(여)

연령(세)	평균	3rd	5th	10th	25th	50th	75th	90th	95th	97th
12~13	66.9	54.8	56.0	58.0	61.3	65.7	71.4	77.3	81.7	84.4
13~14	67.4	56.2	57.2	59.0	62.1	66.2	71.5	77.8	81.5	83.9
14~15	68.2	56.7	58.0	59.6	63.4	67.2	72.4	78.5	82.1	84.6
15~16	69.2	58.0	59.0	61.0	64.0	68.2	73.3	78.8	82.5	85.3
16~17	70.0	59.1	60.5	62.1	65.3	69.2	74.0	79.0	82.4	84.7
17~18	70.2	59.2	60.7	62.2	65.0	69.4	74.2	79.9	83.0	85.4

백분위수 분포는 2007년 소아청소년성장 도표 이용

② WHtR

허리둘레(cm)를 키(cm)로 나눈 값으로, 통상적으로 0.5 이상일 경우 복부 비만이라고 진단 한다 (McCarthy & Ashwell, 2006).

2. 청소년 비만의 요인

청소년기는 소아비만에서 비만의 예방과 치료에 중요한 시기이자 마지막 시기라고 할 수 있다. 청소년 비만은 부모의 영양상태와 상관없이 성인 비만의 주요 요인이며 청소년은 소아의 특징과 다른 생물학적, 정신적 측면이 존재한다.

2.1 신체활동

정상적인 청소년의 발달은 1일 에너지 섭취와 소비의 큰 변이, 즉 에너지 균형 면에서 1일 급성 변동과 연관된 것으로 나타났다. 이는 성장과 성숙 과정에 적절한 체중과 체성분을 유지하기 위하여 동시에 존재하는 다른 조절기전들이 복잡하게 상호 작용함을 의미한다.

따라서 신체활동은 에너지 소비 측면에서 비만의 요인 중 하나이며 양적인 면에서 신체활동은 총 에너지 소비의 구성요소 중 가장 변동이 큰 요소이다. 신체활동에 대한 정의는 모호하므로 학교활동 혹은 직업활동, 가사일, 여가시간 신체활동으로 나눌 수 있다. 신체활동은 또 강도(intensity), 기간(duration), 빈도(frequency)로 표현될 수 있다.

2.2 생물학적 요인

사춘기의 급속한 성장은 체구성의 변화와 관계 있고 여아와 남아가 차이를 보인다. 여아의 체지방률은 17세까지 증가하고 남아의 체지방률은 13세 이후 감소하여 15세에 최소가 된다. 이런 차이는 남아의 제지방량이 급격히 증가하는 것과 관련이 있다. 여아의 경우 급속한 성장과 제지방량의 발달이 15세면 끝난다. 사춘기 체구성의 변화는 남자의 경우 비만의 위험을 감소시키는 방향으로 작

용하고 여자는 비만의 위험을 증가시키는 방향으로 작용하게 된다.

렙틴 농도는 지방량이 동일하더라도 여아가 남아에 비해 50% 높다. 여아의 지방조직에서 렙틴 생성의 증가는 제2차 성징의 발현 및 초경과 연관되어 있었다. 청소년기 여아의 경우 테스토스테론이 렙틴에 영향을 미칠 만큼 농도가 높지 않지만 디히드로에피안드로스테론(DHEA)은 혈중 렙틴 농도에 대하여 약한 음의 상관성이 있다.

2.3 정신적 요인

청소년기에는 큰 사회적 변화를 겪게 된다. 11-14세의 청소년 초기에는 부모에게서 독립이 시작되고 또래집단에서 많은 영향을 받는다. 14-17세의 청소년 중기에는 부모와의 갈등이 최고조에 이른다. 또래집단의 영향이 가장 큰 부분을 차지하고 성적 관심이 고조되며 위험한 행동을 많이 한다. 17-21세의 청소년 후기에는 동성과 이성 친구 모두에게 친밀한 관계를 가지게 되고 부모와의 관계도 긍정적으로 변화한다.

정신적인 면에서 비만 청소년은 다른 만성질환과 별 차이가 없다. 정신치료는 부모로부터의 자유, 또래집단 참여, 독립의 필요성, 식사와 운동을 통한 체중 조절에 대한 책임감 사이에서의 갈등해결에 도움을 줄 수 있다.

2.4 위험 요인(위험인자)

청소년 비만의 위험을 높이는 몇 가지 위험 인자는 아래와 같다. 유전자와 환경 모두 비만에 영향을 미친다. 비만한 부모의 자녀는 일관성있게 비만의 위험이 높은 것으로 나타났다. 비만의 유전성은 가족 연구, 쌍둥이, 입양자 연구를 통해 연구되어 왔으며 유전자의

영향은 어린 시절에 발현되고, 양부모보다 생부모의 체질량지수에 가깝게 되는 것으로 나타났다. 따라서 유전자가 체질량지수 변이의 50~90%를 설명할 수 있다.

사회·경제적 상태와 비만 유병률은 흥미로운 관련성이 나타난다. 개발도상국에서 비만은 부유한 도시가족에 국한된다. 그러나 서구화된 사회나 과도기 사회에서 비만은 소외계층이나 빈민에서 더 흔하게 나타난다. 이러한 상황은 사회·경제적 상태가 비만에 복잡하게 기여하는 것을 보여준다. 따라서 이러한 환경에서 비만을 예방하고 치료하려면 단순히 열량 섭취를 줄이기보다 영양불량, 과영양 모두를 해결할 건강한 생활양식에 집중하는 프로그램이 필요하다.

한 전향적 연구에서 학업 수행능력이 평균 이하인 어린이의 비만 유병률이 높고 비만이 청소년기까지 지속됨을 보여주었다. 또한 도시의 흑인 소아를 대상으로 한 단면연구 결과, 특수교육이나 치료를 받은 소아가 비만 유병률이 약 2배 높았다.

이민이 비만에 미치는 영향에 대한 평가가 광범위하게 이루어졌다. 연구결과에 따르면 음식이 풍부한 환경에서 비만 발생 위험이 높은 인종이 있다는 것이다. 백인에 비해 흑인과 히스패닉에서 비만 발생률이 높았으며 아시아 이주민들은 낮았다. 청소년에 대한 종적 연구 결과, 이민 2~3세대에서 비만 증가가 유의했다.

지방증 반동이 일찍 오면 비만에 잘 걸리고 비만이 지속될 위험이 높다고 보고되었다. 그러나 이외에도 거대아로 태어난 경우 정상 몸무게의 신생아에 비해 비만 위험이 4배 정도 높은 것으로 나타났다. 또한 청소년기는 비만 발생이나 비만 위험 행동 습득에 중요한 시기이다. 중요한 정신적, 심리적, 행동적 변화가 청소년기에

일어나며 후기 비만은 부모의 양육환경의 '소홀'에 의해 나타나는 것으로 밝혀졌다.

따라서 청소년 비만 유병률은 유전성, 사회·경제적 상태, 학업성취도, 인종, 성장에 결정적인 시기가 영향을 주는 것을 알 수 있다.

3. 청소년 비만예방 신체활동 프로그램

3.1 청소년 비만예방 신체활동 프로그램의 필요성

비만의 성공적인 치료 프로그램은 없다. 따라서 비만의 치료보다 효율적인 예방에 우선순위를 두어야 한다. 예방을 촉진해야 하는 이유는 첫째, 산업화된 국가의 비만 유병률이 증가하고 있기 때문이다. 둘째, 소아 비만은 성인 비만으로 이어지기 쉽다. 셋째, 비만은 신체활동을 제약한다. 넷째, 비만은 정신 및 사회적인 불이익과 관련되어 있다. 다섯째. 비만은 제2형 당뇨병, 고혈압과 같은 성인병에 걸릴 위험을 높인다. 여섯째, 비만은 성공적으로 치료하기가 어렵다. 일곱째, 유아와 청소년의 중간구간 나이인 7-12세를 대상으로 하는 프로젝트들이 많이 이루어졌다. 이에 따라 청소년을 대상으로 한 비만예방 프로그램이 필요하다.

세계보건기구(WHO)가 제시한 신체활동 가이드라인에 따르면 청소년들은 하루에 적어도 평균 60분씩 중고강도의 운동을 해야 한다(World Health Organization, 2020). 신체활동 가이드라인이 제시되면서 아동 및 청소년들의 신체활동을 증진시키기 위한 운동프로그램의 필요성이 대두되었다. 규칙적인 운동프로그램 참여는 청소년의 비만 감소, 비전염성 질병 유병률 감소 및 정신건강을 증진시켜준다(Biddle & Asare, 2011; Sothern et al., 1999). 위해 청소년을 위한

비만예방 신체활동 프로그램이 필요하다.

3.2 청소년 비만예방 신체활동 프로그램 현황

청소년을 대상으로 실시된 비만 예방 프로그램은 US, Australia, Brazil, Netherlands, Republic of Korea 각 5개의 나라에서 실시한 비만예방 프로그램이며 프로그램명, 국가, 대상자, 기간, 중재 방법, 결과는 아래 Table 6과 같다.

Table 6. 청소년 비만예방 신체활동 프로그램 현황

프로그램명	국가	대상자	기간	중재 방법	결과[a]
iStart Smart for Teens education program (He et al., 2021)	US	Chinese American	12 weeks	Smartphone-based, online education, text message	-
PA4E1 (Hollis et al., 2016)	Australia	Australia	19-24 months	School curriculum, School environment	-
H3G-Brazil (Leme et al., 2016)	Brazil	Brazilian girls	24 weeks	peer and parents involved and diet education, physical activity, behaviors	△
DOiT program (Singh et al., 2007)	Netherlands	Dutch	32 weeks	5 Risk behaviors targeted, classroom-based, individual part of the intervention, supportive material for the educational program, environmental part, behavior change methods used.	-
Taekwondo (Roh et al., 2020)	Republic of Korea	Korean	16 weeks	Taekwondo training	-
Jump rope (Sung et al., 2019)	Republic of Korea	Korean girls	12 weeks	jump rope exercise program	-

[a]결과는 BMI 감소가 관찰된 경우 '-'로 표시하였고, 결과가 유의미하지 않은 경우 '△'로 표시하였다.

Ⅲ. 연구 방법

체계적 문헌고찰은 Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA)의 지침을 준수하였다(Page et al., 2021). 본 연구를 위한 논문 검토 프로토콜은 National Institute for Health Reasearch의 International prospective register of systematic reviews (PROSPERO, CRD42022322930)에 등록되었다.

1. 포함된 연구에 대한 기준

본 연구의 연구대상자 선정 기준은 아래 포함된 연구의 핵심 기준인 PICO-SD (Participants, Intervention, Comparison, Outcomes, Study Design)에 따랐으며 기준에 따라 대상 논문과 제외 논문을 가려 선정할 것이다.

1.1 포함된 연구의 핵심 기준(PICO-SD)

1) 연구대상자(Population or Participants)

본 연구에서는 만 12세에서 만 18세 사이의 나이에 포함되는 청소년을 연구대상자로 선정하였다.

2) 중재 방법 및 프로그램(Intervention)

본 연구에서는 실제 청소년들에게 적용 가능한 환경에서 진행된 연구 효과를 확인하게 위해 학교 기반 비만 예방 프로그램과 비대면 프로그램을 중재 환경으로 선정하였다. 따라서 'School-based intervention'과 'Web-based intervention or Mobile-based intervention or Internet-based intervention'

을 키워드로 선정하여 포함 연구로 선정하였다.

3) 비교집단(Comparison or Control)

중재 프로그램이 없거나 다른 중재가 실시되는 그룹을 비교집단으로 선정하였다.

4) 연구 결과(Outcome)

비만과 관련 있는 기준인 Body Mass Index (BMI) 측정 결과가 존재하는 경우를 포함 연구로 선정하였다.

5) 연구 설계 유형(Study Design)

연구 설계 유형으로는 Randomized Controlled Trial (RCT)일 경우에 포함 연구로 선정하였다.

1.2 제외된 연구의 기준

1) 연구 대상자가 환자 혹은 선수일 경우
2) 중재 방법이 가족기반, 커뮤니티 기반 중재에 해당하는 경우
3) 영어나 한국어가 아닌 경우
4) 출판의 유형이 학회 초록, 연구 프로토콜, 보고서, 책, 학위논문일 경우

2. 문헌 검색 및 선택 방법

문헌 검색 및 선택 방법은 Cochrane 지침을 참고하였다(Higgins et al., 2019). 본 연구의 문헌 검색은 2명의 연구자(Yoon, Sung)가 각각 아래에 해당하는 데이터베이스를 독립적으로 검색하고 EndNote

20.2.1 프로그램을 이용하여 중복된 문헌을 삭제하였고, 문헌 검색은 아래 대상 연도와 같이 미리 선정한 검색 대상 연도에 해당하는 자료만 선정하였다.

2.1 검색 대상 데이터베이스

본 연구의 문헌검색은 2022년 5월부터 6월에 아래 데이터 베이스에서 검색하였다.

- PubMed
- Embase
- Scopus
- SPORTDiscus

2.2 검색 대상 연도

1984년에서 2022년을 검색 대상 연도로 선정하였다.

2.3 검색 용어 및 방법

검색 키워드는 exercise, adolescents, school-based, online-based or web-based or internet-based, RCT를 기반으로 하여 동의어를 선정하여 2명의 연구자(YJY, SHY)가 선정한 데이터 베이스에서 각각 검색을 진행하였다. 또한 데이터 베이스별 검색 키워드는 부록(Appendix A)에 나타냈다.

2.4 문헌 선택 방법

제외된 연구의 기준이 1개라도 포함될 경우 문헌 선택에서 제외하였으며 포함된 연구 기준은 모두 포함될 경우에 문헌을 선택

하였다. 문헌 선택 기준에 의해 잠재적으로 포함 가능한 논문을 선별하였고, 이 과정에서 제목 및 초록만으로 선별하기 어려운 경우 전체 본문 내용을 확인하였다.

2.5 문헌 선택 절차

검색된 문헌을 정리하고 자료를 수집하기 위한 과정에서 Endnote(version 20, Clarivate corp., Philadelphia, PA, U.S.) 프로그램을 활용하였다. 조사된 논문 중 중복된 논문을 먼저 제거하고, 논문 제목과 초록을 확인하여 문헌 선택 기준에 벗어나는 논문들을 제외하였다. 그 이후 논문들의 본문을 확인하여 문헌 선택 기준에 벗어나는지 검토하였다. 최종 논문 선정에서 2명의 연구자가 이견이 있는 경우 토의를 거쳐 논문 포함 여부를 확정하였고, 필요시 제3의 연구자가 함께 의논하여 확정하였다.

3. 연구의 질 검증

연구의 질에 대한 평가는 매우 중요하다. 연구의 질이란 우리가 보기에 해당 연구가 실제로 효과를 얼마나 잘 측정했는지에 관한 정도이며, 이러한 측면의 질을 타당도(validity)라 한다. 연구의 타당도는 내적타당도(internal validity)와 외적 타당도(external validity)로 구분하며, 메타분석에서 연구의 질 평가가 의미하는 것은 선택한 논문들에 대해 이러한 타당도를 평가하는 것이다 (이승욱, 2015). 질 평가 척도 방법은 아래 세 가지와 같다. 본 연구에서는 모두 RCT연구만 포함하여 연구의 질을 평가하는 Cochrane collaboration risk of bias tool (CCRBT)를 선정하여 검증할 것이다.

3.1 질 평가 척도

1) Jadad scale

Jadad scale은 Oxford quality scoring system이라고도 불리며, 총 3문항으로 구성된 RCT를 평가하기 위한 척도이다. 무작위 배정에 관한 문항 2점, 맹검에 관한 문항 2점, 탈락에 관한 문항 1점으로 구성된다. 무작위 배정에 관해서 RCT에서 무작위 배정을 언급하면 1점, 적절한 무작위 배정을 포함하고 있으면 1점이 추가되며 부적절한 무작위 배정은 -1점으로 scoring되며 총 0-2점으로 분포된다. 맹검에 대해서는 양측 맹검이 언급되면 1점, 적절한 맹검이 있으면 1저 추가되며 부적절한 맹검이 있으면 -1점으로 점수화되며 최고 2점으로 분포된다. 탈락에 관해서도 탈락에 관한 내용이 언급되었을 경우 1점을 부여한다. 최종 문헌의 질 평가는 총 5점 만점으로 평가하며 0-2점은 문헌의 질이 low quality로 3-5점은 high qulity로 평가한다 (Jadad et al., 1996).

2) Van Tulder scale

Van Tulder scale은 RCT의 질 평가에 적합한 도구 중의 하나로 무작위 적절성, 치료배정은닉, 기본특성의 유사성, 환자 맹검, 치료 제공자 맹검, 관찰자 맹검, 동시중재, 규정준수, 탈락/탈락률, 결과 평가시점, 무작위 배정에 대한 은폐의 분석 등 11개의 요소로 평가한다. 각각의 항목에 대해 'Yes', 'No', 'don't know'로 평가하며 5점 이상인 경우 문헌이 high quality로 평가한다 (Van Tulder et al., 2003).

3) Cochrane Collaboration Risk of Bias Tool (CCRBT; RoB2)

Cochrane 연합은 배정순서 생성(Sequence generation), 무작위 배정에 대한 은폐, 맹검, Incomplete outcome data, Selective outcome reporting, Other potential threats to validity로 구분하여 평가하고 있다. 각 항목별로 'Yes', 'No', 'unclear'로 평가하며 펴가자는 6개 영역별로 yes, no, unclear에 대한 세부기준에 따라 판단하고 평가한다. 'Yes'는 high quality, 'No'는 low quality, 'unclear'는 정보가 불충분한 경우를 의미한다. Low risk of bias는 첫 3문항이 'yes'이고 no important concerns related to the last three domains were identified로 분류하며, moderate risk of bias는 2개 이하의 domain에서 'unclear' or 'no'로 평가된 경우로 분류하였고 High risk of bias는 3개 이상의 domain에서 'unclear' or 'no'로 평가된 경우로 분리하였다 (Armijo-Olivo et al., 2012; Higgins et al., 2019).

4) The Effective Public Health Practice Project Tool (EPHPPT)

EPHPPT는 가족, 성 건강부터 만성 질환, 부상, 약물 남용까지 다양한 건강 관련 주제의 논문을 다루기 위하 만들어졌다. 평가는 각 8가지 범주(연구설계, 분석, 중단, 데이터 수집 방법, 선택 편향, 발견의 완전성, 통제된 실험으로서 차단이 잘 되었는가, 교란변수)에서 각각 'strong', 'moderate', 'weak' 중에서 하나로 분류된다. 8가지 범주 평가 후 4개 이상 'strong'이며 'weak'가 없을 경우 'strong'으로 분류하였다. 'strong'이 4개 미만이고 'weak'가 1개 미만일 경우 'moderate'로 분류하였으며 2개 이상의 'weak'가 있을 경우

‘weak’로 분류하였다(Thomas et al., 2004).

4. 데이터 코딩

4.1 연구 수준 변수의 코딩

연구 수준 변수의 코딩에는 연구 디자인과 표본의 특성이 들어갈 수 있도록 저자, 출간 연도, 연구 유형, 중재의 특성(중재 기간, 중재 횟수), 대상자 특성, 국가, 시작기간 BMI, 국가 소득 수준, 신체활동 포함 여부, 연구결과 내용을 각 연구에서 추출하였다.

4.2 효과 크기(d) 코딩

본 연구에서 메타분석 중재효과 크기는 두 집단의 사전-사후 BMI 평균 차이, 사전-사후 차이의 통합 표준편차, 각 집단의 n수를 이용하여 효과크기 d값을 코딩하였다. 그러나 두 집단의 사전-사후 차이점수를 알 수 없고 두 집단의 사전점수, 사후점수, 사전 표준편차, 사후 표준편차가 제시되는 경우에는 아래와 같이 효과 크기의 조정 및 계산을 실시하여 효과 크기를 코딩하였다. 두 집단의 사전-사후 차이는 아래 식을 참고하여 구하였다.

1) 평균차이 방정식

2) 표준편차 차이 방정식

$$\overline{X}_{d1} = M1_{diff} = M1_{post} - M1_{pre}$$

$$S1_{diff} = \sqrt{S1_{pre}^2 + S1_{post}^2 - (2 \times Corr \times S1_{pre} \times S1_{post}}$$

$$S2_{diff} = \sqrt{S2_{pre}^2 + S2_{post}^2 - (2 \times Corr \times S2_{pre} \times S2_{post}}$$

3) 통합표준편차 방정식

$$S_{diff-p} = \sqrt{\frac{(n_1-1)S1_{diff}^2+(n_2-1)S2_{diff}^2}{(n_1+n_2-2)}}$$

4) 효과크기(d) 방정식

$$d = \frac{\overline{X}_{d1}-\overline{X}_{d2}}{S_{diff-p}}$$

4.3 효과크기의 변환

메타 분석을 위한 효과 크기 코딩은 각 집단의 사전-사후 변화를 비교해야 하므로 효과의 변화 값이 필요하다. 효과의 변화 값이 있는 경우 혹은 사전점수, 사후점수, 사전 표준편차, 사후 표준편차 값이 있는 경우는 값을 그대로 사용하였거나 4.3에서 제시한 공식을 사용하였다. 그러나 표준편차 값이 제시되지 않고 t, F, Z, r 값이 제시된 경우에는 상관계수 r을 사용하여 효과크기를 결정하였다. 개별 연구에서 가설검정에 사용된 t, F, Z, r은 Rosenthal(1991)의 r 변환공식을 사용하여 r로 변환한 후 효과크기를 산출하였다. 변환공식은 아래에 제시하였다. 이 외의 제시된 통계 추정치로 효과크기를 추정할 수 없는 논문은 대상에서 제외하였다.

1) t값이 제시된 경우 효과 크기 유추 방정식

$$r = \frac{t}{\sqrt{t^2+n_1+n_2-2}}$$

2) F값이 제시된 경우 효과 크기 유추 방정식

$$r = \frac{\sqrt{F}}{\sqrt{F + n_1 + n_2 - 2}}$$

3) Z값이 제시된 경우 효과 크기 유추 방정식

$$r = \frac{e^{2z} - 1}{e^{2z} + 1}$$

4) r값이 제시된 경우 효과 크기 유추 방정식

$$Z = 0.5 \times \ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right)$$

5. 데이터 분석 방법

5.1 두 집단 간 사전-사후 차이 검증

두 집단(사전-사후검사)을 비교하는 것이므로 t검증을 이용하여 검증을 실시한다.

5.2 무선효과모형

대상자, 중재 방법, 기간 등이 서로 다르기 때문에 모든 연구의 모집단 효과 크기는 서로 다르다고 가정한다. 각 연구의 효과 크기 차이는 표집 오차와 연구 간 분산으로 구성된다.

5.3 이질성

메타분석을 하면 각 개별 연구로부터 도출된 효과 크기는 서로 다르게 나타나는데, 이러한 효과 크기 간의 차이를 효과 크기의 이

질성이라고 부르며 I^2라고 표시한다. 즉, 각 연구에서 나타난 효과 크기 분포의 정도를 의미하는 것이며, 연구 간 효과 크기가 일관되지 않은 정도를 의미한다.

5.4 조절효과분석

조절효과분석은 하위 집단 간의 효과 크기 차이를 보다 직접적으로 검증하며 평균 효과 크기에 영향을 주는 변수인 조절변수의 영향력을 검증할 수 있도록 한다. 조절변수는 일반적으로 독립변수와 종속변수의 관계에 영향을 주는 변수로서 메타 분석에서는 연구 수준의 변수(예: 참가자의 특성, 프로그램의 특성, 환경)를 말한다.

5.5 민감성 분석

민감성 분석은 분석의 기준이나 내용에 따라 결과가 어떻게 변화하는지를 검토하는 분석 방법이다. 즉, 서로 다른 조건 아래에서 도출된 분석 결과가 일관성을 보이는지 검증하는 방법이다. 체계적 연구결과분석 과정에서 이루어진 여러 가지 결정의 영향력을 검증하고자 사용되며 누락된 데이터의 영향을 탐색하기 위해 사용된다.

1) Trim-and-Fill

Trim-and-Fill의 목적은 민감성 분석의 한 가지 방법으로 사용되며 출간 오류에 대해 원래 분석 결과가 얼마나 적합한가(robust)를 해석의 기준으로 삼는 것이다.

■ Trim: 효과크기가 먼저 대칭이 되도록 대칭이 되지 않는 연구들을 제외

■ and: Trim 이후 효과크기 평균을 다시 구함

■ Fill: 새로운 평균을 중심으로 제외한 연구들을 복원시켜 놓고 이에 대칭이 되도록 누락 연구를 포함

5.6 데이터 오류 검증

1) 출간오류의 의미

출간오류(publication bias)의 일반적인 의미는 연구결과의 속성이나 방향에 따라 연구결과가 출간되거나 출간되지 못하는 오류를 의미한다. 즉, 출간된 연구의 결과가 모든 연구의 결과를 대표하지 못할 때 출간 오류가 발생한다(Rothstein et al., 2006). 메타분석에서 출간오류는 'small-study effects'의 여러 원인 중 한 가지로 보는 것이 타당하다. 왜냐하면 'small-study effects'의 원인으로 출간오류 외에 연구 디자인의 문제 또는 연구 실행상의 문제가 있기 때문이다(Duval & Tweedie, 2000; Rothstein et al., 2006).

2) 출간오류의 분석 과정

Funnel plot을 통해 메타분석에서 표본의 크기와 효과 크기의 관계를 보여주는 방법으로 출간오류의 분석을 실시할 수 있다(Sterne & Egger, 2001). 일반적으로 표본이 큰 연구들은 그래프의 상단에 위치하며 가운데 직선에 분포되어 있다. 표본 크기가 작은 연구들은 그래프의 하단에 위치하며 상대적으로 폭넓게 분포되어 있다. 따라서 Funnel plot에서 데이터의 오류가 없다면 좌우대칭(symmetry)의 모습을 보일 것이다(Sterne & Harbord, 2004). 본 연구에서는 Funnel plot을 이용한 대칭 확인을 통해 오류의 가능성을 확인하였다.

3) Egger's test

Egger's test란 funnel plot의 효과 크기 분포가 비대칭일 때 사용되는 통계적 분석이다. Egger's regression test는 각 연구의 효과크기와 표준오차와의 관계를 회귀식으로 설명하고 있다. p-value가 통계적으로 유의한 결과가 나오면, 효과크기와 표준오차와의 관계가 없다는 영가설을 기각하게 되어 효과 크기와 표준오차의 관계는 통계적으로 유의미한 관계가 존재한다고 할 수 있다.

5.7 통계 프로그램

본 연구는 R version 4.0.3 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020)을 사용하였다.

Ⅳ. 연구 결과

1. 검색결과

동일한 키워드 검색을 바탕으로 데이터베이스에서 추출된 데이터는 다음과 같다. PubMed 402개, Embase 80개, Scopus 2,152개, SPORTDiscus 128개, Registers 6개 총 2,762개가 추출되었다. 연구 선택 과정은 Figure 1에 제시하였다.

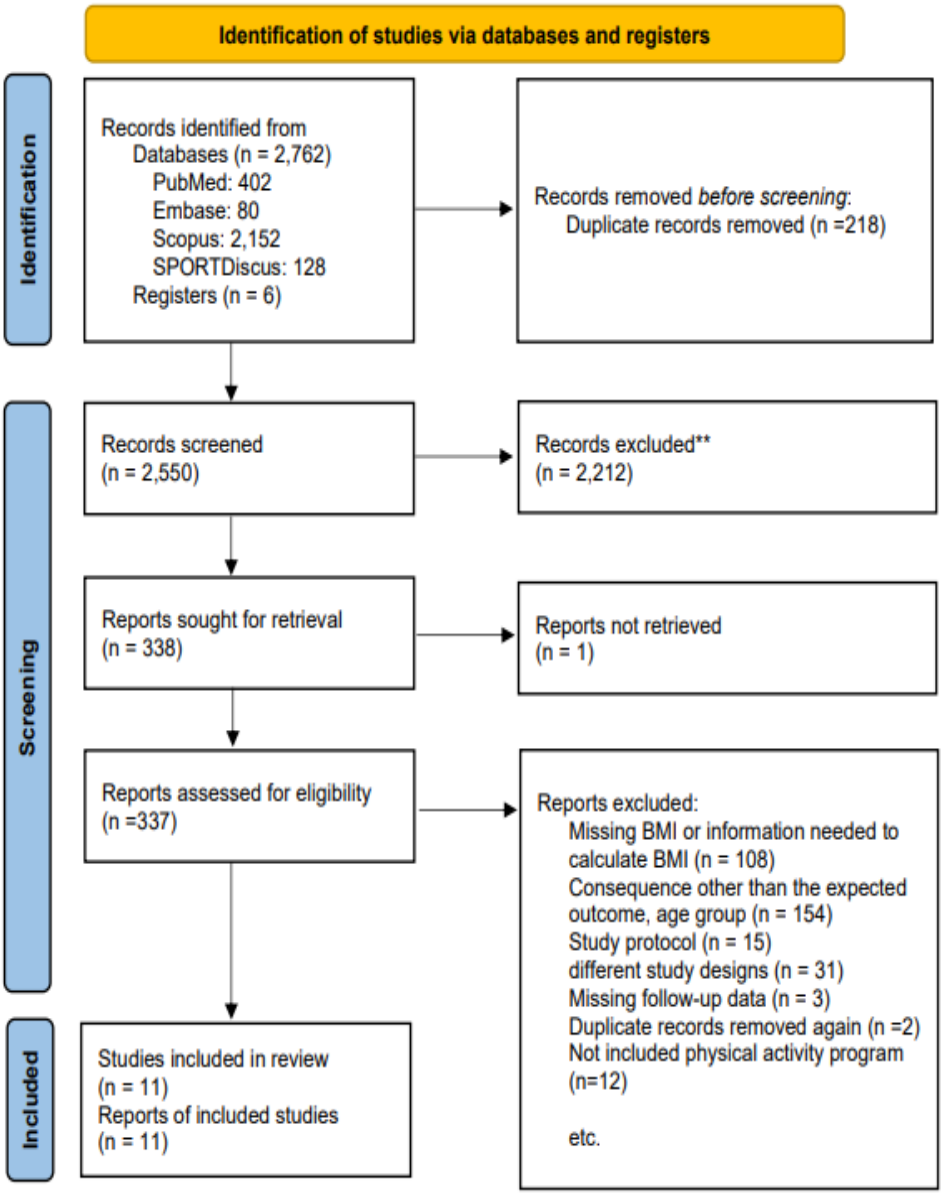


Figure 1. PRISMA Flow chart

2. 선정된 연구 특성

연구 참여자의 나이는 평균 또는 범위로 제시하였으며 참여자의 특성은 연구에 제시된 내용을 그대로 명시하였다. 중재기간은 한 달을 4주로 환산하여 중재기간 계산에 반영하였다. 또한 총 운동량(volume of intervention)은 주당 세션(session) 횟수, 세션 별 시간, 중재 기간을 곱하여 분으로 환산하였다.

Table 7. 선정된 연구 특성 정리

Author	Study Design	Sample size	Participants	Baseline BMI	Country	Country Income Level	School-based	Main Finding (BMI)
Arlinghaus et al. (2019) (Arlinghaus et al., 2019)	RCT	243	Mean age: 12.02 overweight & obesity Mexican-American	overall group: 27.03±4.95	United States	High	O	-
Bagherniya, M. et al. (2018) (Bagherniya et al., 2018)	RCT	172	Age range: 12-16 years overweight & obesity Only girls	TG: 29.2±3.9 CG: 27.2±2.9	Iran	High	O	△
Chen, J. L., (2019) (Chen et al., 2019)	RCT	36	Age range: 13-18 overweight & obesity	TG: 27.37±3.26 CG: 28.35±4.36	United States	High	X	-
Johnston	RCT	58	Mean age: 12.54	ILI: 27.7±5.0	United States	High	O	-

(2013) (Johnston et al., 2013)			overweight & obesity Mexican-American	SH: 25.6±3.4				
Killen, J. D. (1989) (Killen et al., 1989)	A Cluster RCT	1,130	Age range: 14-16	TG_B: 21.6±3.5 TG_G: 22.1±3.9 CG_B: 20.9±2.7 CG_G: 21.4±3.0	United States	High	O	-
Leme, A. C. B. (2016) (Leme et al., 2016)	A Cluster RCT	253	Mean age: 16.05 Only girls	TG: 22.81±0.34 CG: 21.48±0.36	Brazil	Upper-Middle	O	△
Leme, A. C. B. (2018) (Leme et al., 2018)	A Cluster RCT	253	Mean age: 15.6 Only girls	TG: 22.43±3.78 CG: 22.21±3.47	Brazil	Upper-Middle	O	△
Ponnambalam, S. (2022) (Ponnambalam et al., 2022)	RCT	140	Age range: 11-14	TG: 23.57±1.32 CG: 24.14±4.38	India	Lower-Middle	O	-
Roh, H. T (2020) (Roh et al., 2020)	RCT	20	Mean age: 12.55	TG: 24.91±1.90 CG: 23.74±1.43	Republic of Korea	High	X	-
Sung, K. D. (2019) (Sung et al., 2019)	RCT	40	Age range: 14-16	TG: 26±3 CG: 25±2	Republic of Korea	High	X	-

Kim, Eun Sung, et al. (2007) (Kim et al., 2007)	RCT	26	Mean age: 17±0.11 overweight & obesity Only boys	29.50±0.4	Republic of Korea	High	O	–

Table 8. 선정된 연구의 신체활동 프로그램 특성 정리

Author	Duration	PA frequency	Volume of intervention	PA type	Intervention Components	Tailored program	SEM (socio ecological methods)	Main Finding (BMI)
Arlinghaus et al. (2019)	24 weeks	A: 1 day/wk B: 3 day/wk C: 5 day/wk	A: 960 min B: 2,880 min C: 4,800 min	Combined	PA + Nutrition	O (Individual)	Interpersonal	–
Bagherniya, M. et al. (2018)	30 weeks	2 day/wk	5,400 min	Aerobic	Multiple	X	Community	△
Chen, J. L., (2019)	12 weeks	– (측정불가, Life)	– (측정불가, Life)	Not described	Multiple	O (Individual)	Individual	–
Johnston (2013)	12 weeks	4 day/wk	2,400 min	Aerobic	PA + Nutrition	O (Cultural)	Interpersonal	–
Killen, J. D.	7 weeks	–	7,000 min	Aerobic	Multiple	X	Interpersonal	–

(1989)		(측정불가, 학교)						
Leme, A. C. B. (2016)	24 weeks	4 day/wk	– (측정불가, 학교)	Combined	PA + Nutrition	O (Cultural)	Interpersonal	△
Leme, A. C. B. (2018)	24 weeks	– (측정불가, 학교)	– (측정불가, 학교)	Combined	PA + Nutrition	O (Cultural)	Interpersonal	△
Ponnambalam, S. (2022)	54 weeks	5 day/wk	16,200 min	Combined	PA	X	Community	–
Roh, H. T (2020)	16 weeks	5 day/wk	4,800 min	Aerobic	PA	X	Individual	–
Sung, K. D. (2019)	12 weeks	5 day/wk	3,000 min	Aerobic	PA	X	Individual	–
Kim, Eun Sung, et al. (2007)	6 weeks	5 day/wk	1,200 min	Aerobic	PA	X	Individual	–

2.1 참여자 특성

본 체계적 문헌고찰에 포함된 논문에서 알 수 있는 참여자의 특성은 성별, 체중에 따라 분류할 수 있다. 참여자의 성별을 기준으로 여학생들을 대상으로 한 연구는 4개(Bagherniya et al., 2018; Leme et al., 2018; Leme et al., 2016; Sung et al., 2019), 남학생들을 대상으로 한 연구 1개(Kim et al., 2007), 그리고 혼성으로 진행한 연구는 5개 (Arlinghaus et al., 2019; Chen et al., 2019; Johnston et al., 2013; Killen et al., 1989; Roh et al., 2020)로 나뉜다. 비만 혹은 과체중 여부를 기준으로 참여자를 모집한 연구 6개(Arlinghaus et al., 2019; Chen et al., 2019; Johnston et al., 2013; Kim et al., 2007; Roh et al., 2020; Sung et al., 2019)와 체중을 참여자의 기준으로 모집하지 않은 연구 4개(Killen et al., 1989; Leme et al., 2018; Leme et al., 2016; Ponnambalam et al., 2022)로 나뉜다.

2.2 신체활동 프로그램의 특성

본 체계적 문헌 고찰에 포함된 논문의 신체활동 프로그램의 특성은 첫째, 형태로 분류할 수 있다. 유산소 신체활동 프로그램으로 이루어진 연구는 6개(Bagherniya et al., 2018; Johnston et al., 2013; Killen et al., 1989; Kim et al., 2007; Roh et al., 2020; Sung et al., 2019)이며 유산소와 근력운동을 결합한 프로그램은 4개(Arlinghaus et al., 2019; Leme et al., 2018; Leme et al., 2016; Ponnambalam et al., 2022)이고 1개의 연구(Chen et al., 2019)는 어떤 신체활동 형태로 진행했는지 논문에 언급되지 않았다. 둘째, 빈도로 분류할 수 있

다. 주 1회 진행한 연구는 1개(Arlinghaus et al., 2019), 주 2회 진행한 연구도 1개(Bagherniya et al., 2018), 주 3회 진행한 연구도 1개(Arlinghaus et al., 2019)이다. 주 4회 진행한 연구는 2개(Johnston et al., 2013; Leme et al., 2018)이며 주 5회 진행한 연구는 5개(Arlinghaus et al., 2019; Kim et al., 2007; Ponnambalam et al., 2022; Roh et al., 2020; Sung et al., 2019)이다. 셋째, 기간으로 분류할 수 있다. 16주 이하로 진행한 연구는 5개(Chen et al., 2019; Killen et al., 1989; Kim et al., 2007; Roh et al., 2020; Sung et al., 2019)이며 17주에서 24주(약 한학기)동안 진행한 연구는 4개(Arlinghaus et al., 2019; Johnston et al., 2013; Leme et al., 2018; Leme et al., 2016)이고 25주 이상 진행한 연구는 2개(Bagherniya et al., 2018; Ponnambalam et al., 2022)이다. 넷째, 구성요소로 분류할 수 있다. 신체활동 프로그램의 구성요소를 사회생태학적 요소로 구분하여 나누었을 때 개인적 요소로만 구성된 연구는 4개(Chen et al., 2019; Kim et al., 2007; Roh et al., 2020; Sung et al., 2019), 개인적인 요소와 대인적인 요소로 구성된 연구는 5개(Arlinghaus et al., 2019; Johnston et al., 2013; Killen et al., 1989; Leme et al., 2018; Leme et al., 2016), 개인·대인·환경·정책적인 요소로 구성된 연구는 2개(Bagherniya et al., 2018; Ponnambalam et al., 2022)이다.

2.3 BMI 감소 효과

본 체계적 문헌 고찰에 포함된 대부분의 연구에서 신체활동

이 포함된 비만 예방 프로그램에 참여한 청소년들의 BMI가 감소하는 결과를 나타냈다(Arlinghaus et al., 2019; Chen et al., 2019; Johnston et al., 2013; Killen et al., 1989; Kim et al., 2007; Ponnambalam et al., 2022; Roh et al., 2020; Sung et al., 2019). 그러나 프로그램 중재 혹은 추적 기간이 길었던 3개의 연구에서는 BMI가 감소하지 않는 결과를 보였다 (Bagherniya et al., 2018; Leme et al., 2018; Leme et al., 2016).

3. 선정된 개별 연구의 질 검증

두명의 연구자(YJY, SHY)가 독립적으로 각 연구들에 대한 비뚤림 위험평가를 RoB2를 기준을 참고하여 실시하였다. 각 연구별 비뚤림 위험평가는 아래 Table에 제시하였다.

4. 종합효과 크기

메타분석 결과 통계적으로 유의한 BMI 감소 효과가 나타났다 (Figure 2, −1.90, 95% CI −3.73 to −0.08). 또한 연구간 이질성은 높은 것으로 나타났다(I^2=97%).

5. 조절효과 분석 (Moderator Analyses)

본 연구에서 조절 효과 분석 결과는 참가자들의 비만 혹은 과체중 여부, 프로그램의 빈도(주당 횟수), 프로그램의 구성 요소에 따라 BMI 감소 효과 결과를 보였다. Figure 3는 참여자의 기본 체중에 따른 효과차이를 비교한 것이다. 비교 결과 과체중 혹은 비만인 참여자들로 구성된 연구는 BMI가 1.47 (95% CI

−2.77 to −0.18) 감소되는 결과를 보였으며 체중에 상관없이 모집된 참가자의 경우 BMI가 2.68 (95% CI −7.82 to 2.46) 감소되지만 통계적으로 유의미하지 않은 결과를 보였다.

프로그램의 특성 중 프로그램의 빈도는 주 1회, 주 3회 각각 BMI가 0.39 (95% CI −0.75 to −0.03), 0.99 (95% CI −1.37 to −0.61) 감소되는 결과를 나타냈다(Figure 4).

프로그램의 구성요소를 사회 생태학적 이론을 기반으로 분류했을 때 프로그램 구성요소 중 개인적인(individual) 프로그램 구성이 BMI를 3.15 (95% CI −6.08 to −0.23) 감소되는 결과를 나타냈다(Figure 5).

조절효과 분석 결과 중 프로그램의 빈도는 각 빈도의 그룹별로 유의미한 차이가 나타났으므로 BMI 감소 효과를 조절하는 주요 요인임을 알 수 있다 (χ^2 =12.24, df=5, $p<0.05$).

6. 타당성 검증

1) 출판 편향 (Funnel plot)

Funnel plot의 분석 결과는 아래 Figure 6에 보이는 대로 각 연구의 결과들 한쪽으로 치우쳐져 있는 모습을 확인할 수 있다.

2) Egger's test

Funnel plot 분석결과 좌측 하단부에 비대칭성이 나타났다. 따라서 비대칭에 대한 통계적 분석으로 Egger's regression test를 진행하였다(Bowden et al., 2015). Egger 등 (1997)

은 각 연구의 효과크기와 표준오차의 관계를 회귀식으로 설명하고 있다. Egger's regression 결과에 의하면 bias의 p-value가 통계적으로 유의함(t=-3.61, df=13, p=0.003)을 알 수 있다. 따라서 효과크기와 표준오차와의 관계가 없다는 영가설(bias=0; funnel plot의 대칭)을 기각하게 되어 효과크기와 표준오차의 관계는 통계적으로 유의한 관계가 있다고 할 수 있다.

3) 민감성 분석

민감성 분석 결과 Trim-and-Fill을 사용하기 전(Q=493.60, df=14, p-value<0.0001)과 사용 후(Q=988.73, df=19, p-value<0.0001)의 차이가 나타나지 않는 것을 확인할 수 있다. Trim-and-Fill을 이용한 민감성 분석 결과는 아래 Figure 7에 나타냈다.

타당성 검증 결과 비대칭성이 존재함을 확인했으며 Trim-and-Fill을 통한 민감성 분석 결과 전체 효과 크기가 변하지 않는 것을 확인하였다. 분석 결과 오류의 영향력이 미미하지는 않지만 전체 결과의 영향을 줄 정도는 아닌 것으로 판단되었다.

Figure 2. Forest plot of Included studies

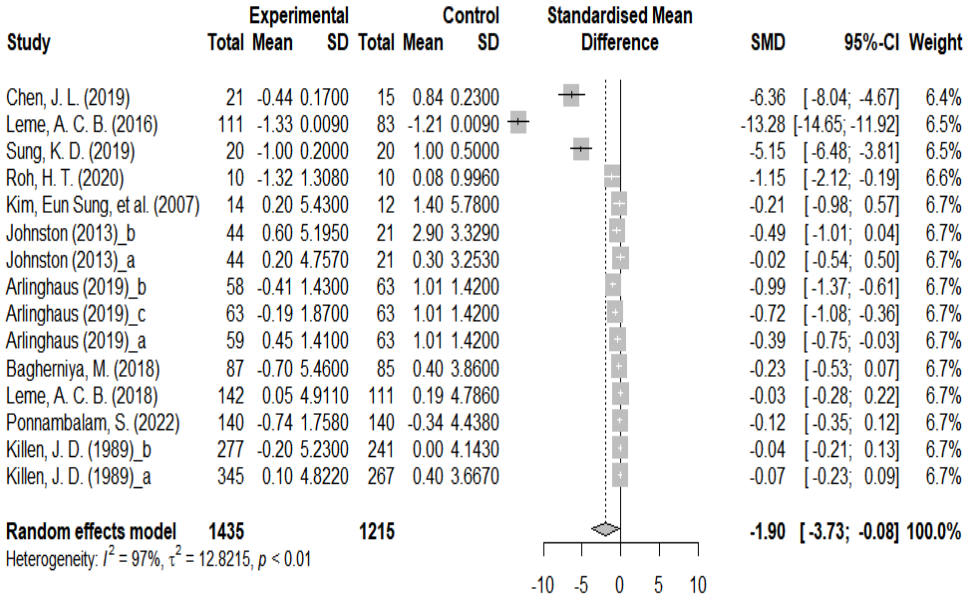


Figure 3. Results of moderator analysis (weight)

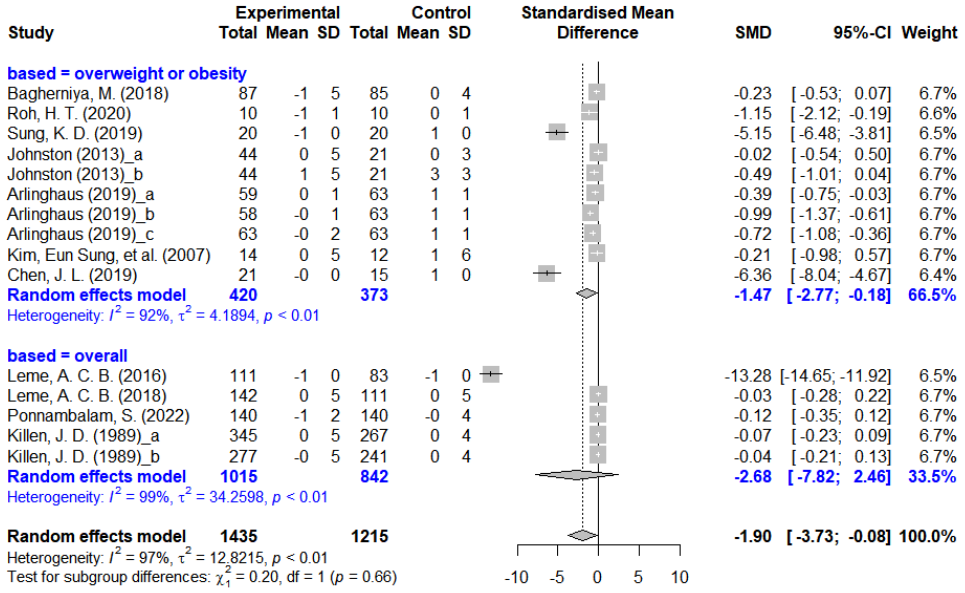


Figure 4. Results of moderator analysis (intervention frequency)

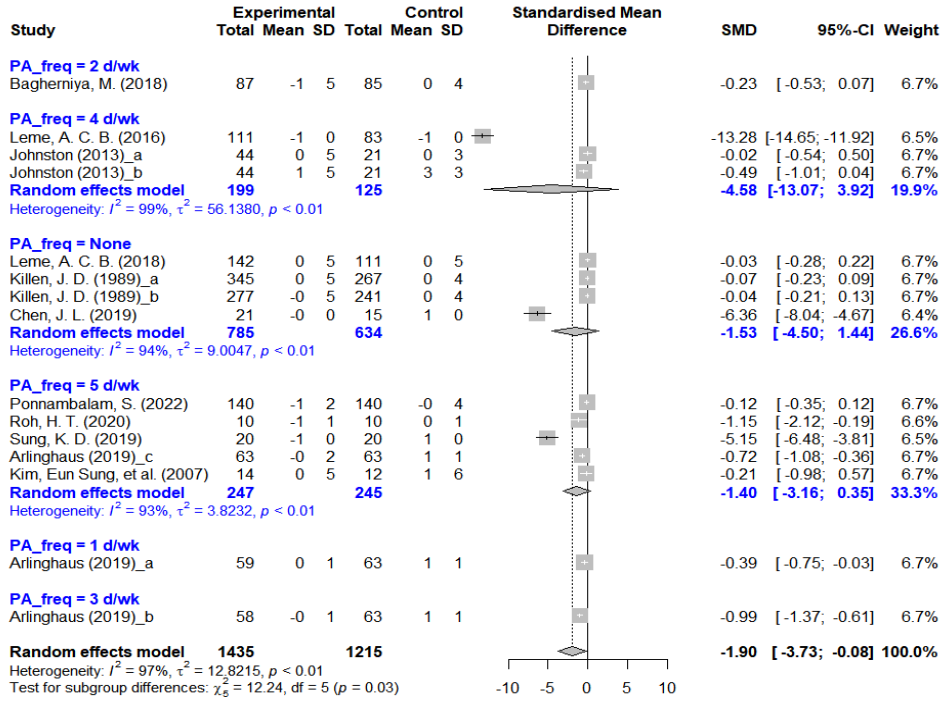


Figure 5. Results of moderator analysis (intervention components)

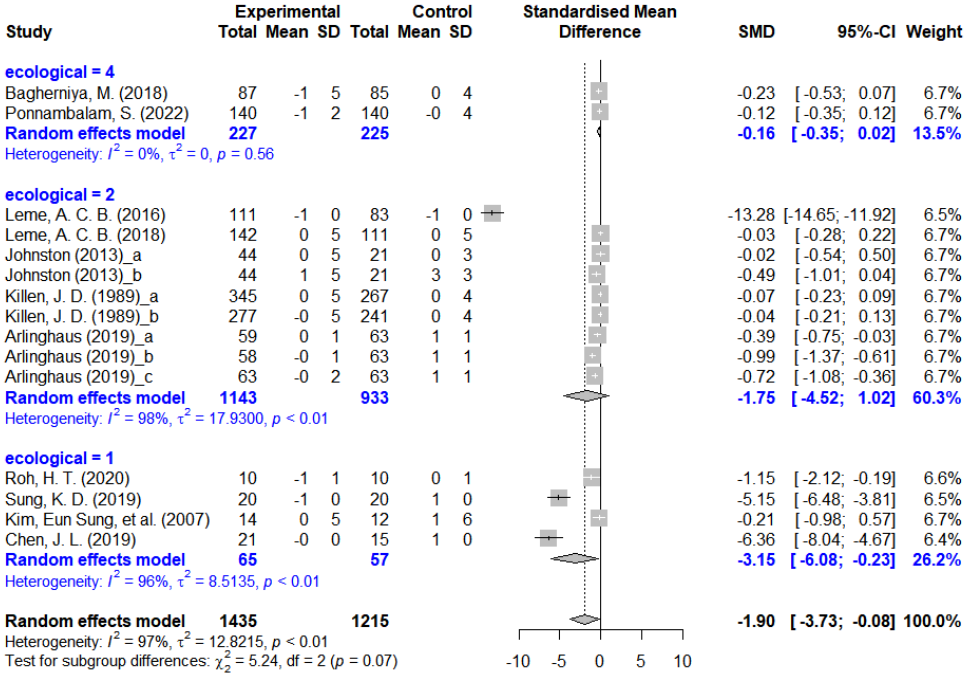


Figure 6. Funnel plot

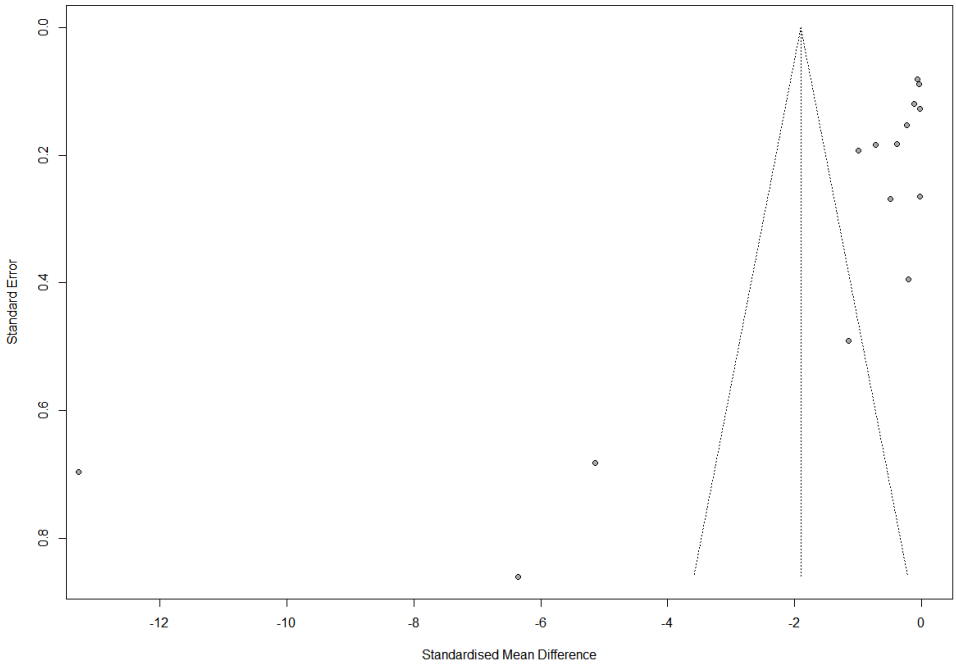
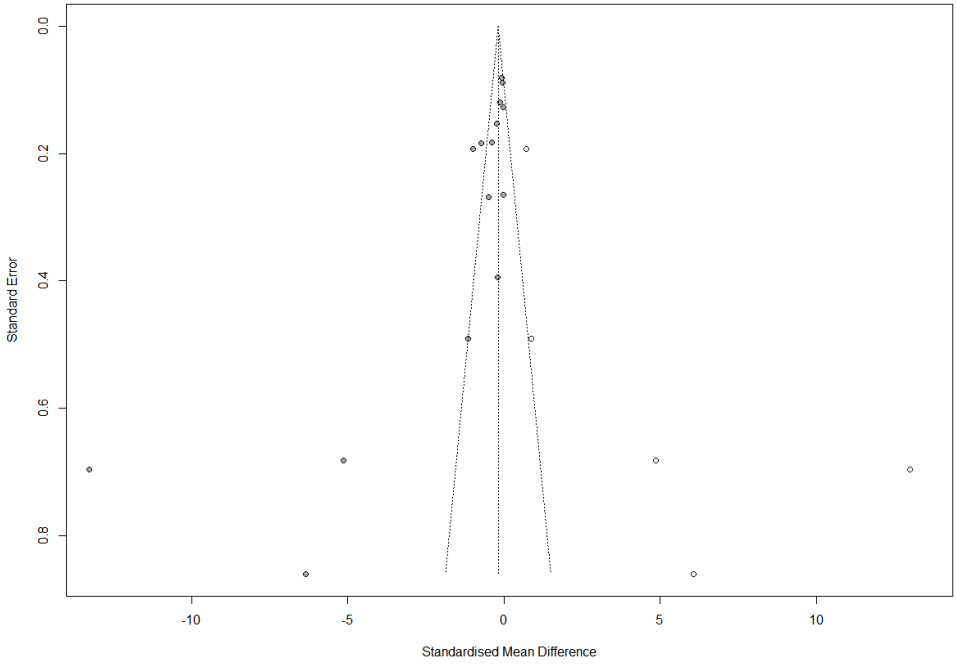


Figure 7. Sensitive Analysis (trim-and-fill)



Ⅴ. 논의

본 연구의 목적은 체계적 문헌고찰 및 메타분석을 통해 청소년에게 가장 효과적인 비만 예방 신체활동 프로그램의 요인들을 분석하는 것이었다. 체계적 문헌고찰을 통해 최종적으로 선정된 11개 연구(11개 연구에서 성별, 기간별로 결과를 나누어 15개로 메타 분석을 실시하였음.)의 메타분석 결과, 신체활동이 포함된 비만 예방 프로그램은 비만 지표인 BMI를 유의하게 1.90 (95 % CI −3.73 to −0.08) 감소시키는 결과를 보였다. 조절효과 분석 결과 대상자의 초기 과체중 혹은 비만 여부에 따라 그룹별 효과를 비교했을 때, 체중에 상관없이 진행한 연구보다 과체중 혹은 비만인 학생들을 대상으로 진행한 연구가 BMI를 1.47 (95% CI −2.77 to −0.18) 감소시키는 결과를 보였다. 또한 프로그램의 특성 중 프로그램의 진행 기간(주 1회, 주 3회)과 구성요소(개인적 요인)에 따라 BMI가 각각 주 1회는 0.39 (95% CI −0.75 to −0.03), 주 3회는 0.99 (95% CI −1.37 to −0.61), 개인적 요인은 3.15 (95% CI −6.08 to −0.23) 감소하는 결과를 보였다. 하지만 참여자의 초기 체중과 프로그램의 구성요소에 따라 그룹간 효과를 비교했을 때 연구들 간 차이가 있다고 할 수 있는 유의한 결과는 없었다.

청소년은 정신적, 신체적으로 큰 변화가 나타나는 중요한 시기이다. 선행연구에 따르면 신체활동 프로그램 참여 후 비교한 청소년의 BMI는 감소효과가 나타나기도 하고, 나타나지 않기도 한다(Duval & Tweedie, 2000; He et al., 2021; Ho et al., 2013). 아동, 청소년이 모두 포함된 선행 연구와 다르게 본 연구는 청소년을 대상으로 한 연구만 모아 분석하였기 때문에 유의미한 효과가 나타났을 수 있다. 중재 연구의 대상자

가 청소년으로 한정되어 있을 때 청소년을 위한 프로그램이 제공되었을 가능성이 높기 때문에 본 연구에서도 종합적인 BMI 감소 효과가 나타난 것이다.

선행 연구에 따르면 청소년은 신체활동 참여 시간이 증가할수록 체지방률이 감소하는 결과를 보였다 (Park et al., 2013; 제갈윤석 et al., 2008). 또한 주당 신체활동에 참여하는 빈도에 따라 BMI 감소 효과를 비교했을 때 주 3일 혹은 주 5일일 때 비교 집단에 비해 BMI가 감소하는 결과가 나타났다 (Arlinghaus et al., 2019). 선행 연구와 유사하게 본 연구에서도 프로그램의 참여 빈도가 증가하면 BMI가 유의미하게 감소했다. 따라서 청소년의 신체활동 참여 빈도가 증가할수록 신체활동 참여 시간 및 에너지 소모가 증가하여 BMI가 감소하는 결과가 나타나는 것으로 보인다.

선행 연구에 따르면 과체중 혹은 비만인 청소년의 BMI가 감소하는 결과를 보였으며 BMI 외에도 체중, 체지방률, 허리둘레 모두 감소하는 결과를 나타냈다(Stoner et al., 2016). 선행 연구와 유사하게 본 연구에서도 과체중 혹은 비만인 청소년을 대상으로 한 연구들의 BMI가 유의미하게 감소했다. 과체중 혹은 비만일 경우 기초대사량이 정상체중에 비해 높다 (Molnár et al., 1995). 또한 운동을 시행할 경우 운동 전보다 총 에너지 소비가 증가하므로 정상 체중에 비해 과체중 혹은 비만일 경우 BMI 감소 효과 결과가 유의미하게 나타나는 것으로 보인다 (Alberga et al., 2017).

청소년의 비만을 예방하는데 가족과 학교에 역할이 중요하다는 연구 결과가 있다(Dietz & Gortmaker, 2001). 또한 선행 연구에 따르면 사회 생태학적 모델이 개인의 행동과 건강에 영향을 미칠 수 있는 여러 범

주를 제시함으로서 청소년 비만에 대한 유의미한 접근법임을 시사하고 있다 (Dietz & Baur, 2022; Kim et al., 2014; World Health Organization, 2016). 선행 체계적 문헌 연구에 따르면 개인적, 대인적, 환경적, 사회 정책적 수준에서 진행된 신체활동 프로그램이 각각 신체활동을 증진하고 BMI를 감소하는 결과를 보였다 (World Health Organization, 2016). 그러나 본 연구에서는 대인적 수준에서 진행된 프로그램에서만 BMI 감소 효과가 나타났다. 각 수준별로 유의미한 결과가 나타나기엔 각 분류별 연구의 수가 부족한 것으로 보인다.

Strength

본 연구의 장점은 다음과 같다. 첫째, 청소년에게 효과적인 비만 예방 신체활동 프로그램을 사회 생태학적 모델을 기반으로 분석한 첫 연구이다. 아동을 제외하고 청소년에게도 독립적으로 비만 예방 프로그램 구성요소가 BMI 감소에 중요한 역할이라는 것을 확인함으로서 추후 청소년을 대상으로 한 프로그램의 요소를 분석하는 연구들을 촉진하는 연구가 될 것이다. 둘째, 프로그램의 특성을 분석한 연구이다. 청소년 비만 예방에 효과적인 요인인 빈도를 확인함으로서 추후 개발될 비만 예방 프로그램에 고려해야 할 요인으로 이론적 근거를 제공할 수 있다.

Limitation

본 체계적 문헌고찰 및 메타분석 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 본 연구는 실험연구만 추출하여 비교한 연구이므로 청소년을 대상으로 한 연구를 모두 포함하지 못하였을 가능성이 있다. 따라서 추후 관찰연구와 질적연구 등 더 다양한 연구 설계 방법을 포함한 연구가 필요하다.

둘째, 본 연구에 포함된 논문은 대부분 혼성 연구이므로 성별에 의한 결과 차이를 확인하기 어려웠다.

셋째, 본 연구에 포함된 논문은 대부분 비만 혹은 과체중에 속하는 BMI를 갖고 있는 참여자가 속한 것이므로 비만 예방 신체활동 프로그램이 정상 체중에게도 BMI 감소 결과를 줄 수 있는지 확인하기 어려웠다.

넷째, 본 연구에서 선택된 연구 중 4개를 제외한 연구는 신체활동 외에 영양, 동기부여, 정책적 변화 등이 포함된 프로그램이므로 신체활동이 직접적인 BMI 감소 결과를 나타내는지 확인하기 어려웠다.

Ⅵ. 결론 및 제언

본 연구는 청소년을 대상으로 실시한 신체활동이 포함된 비만 예방 프로그램 연구를 종합하여 전체적인 효과와 조절 효과별 비만지표 감소 효과의 차이점을 분석하였다. 아동이 포함되어 있는 사전 연구와 다르게 참여자의 나이대를 청소년으로 한정하였으며 조절효과 분석은 실제 학교 현장을 떠올리며 가장 와닿을 수 있는 조건을 고민하며 조절 효과 요인을 선택하였다. 따라서 본 연구의 분석내용은 학교 현장에서 비만 예방 프로그램을 운영하고 구성할 때 중요한 기초자료로 활용될 것이다.

본 연구에서 신체활동이 포함된 연구는 BMI를 유의미하게 감소시켰으며 신체활동 프로그램의 빈도가 주요한 요인으로 작용하는 것을 확인하였다. 후속 연구에서는 본 연구에서 조절 효과 분석을 실시한 프로그램의 양적 형태 외에도 질적 형태를 고민하며 연구를 진행해야 한다. 또한 후속 실험 연구에서 청소년을 위한 비만 예방 프로그램은 참여 대상자들의 BMI 기준, 경제적 수준을 고려하여야 하며 프로그램의 구성 내용을 다양화 하여 청소년들에게 더 효과적으로 적용되는 요인이 무엇인지 연구해야 한다. 연구 외에도 청소년들이 실제 삶에서 손쉽게 비만 예방 신체활동 프로그램에 접근하고 사용할 수 있도록 비만 예방 프로그램 개발이 더욱 활발하게 이루어져야하며 연구 결과는 누구든 이해하기 쉽도록 알려야 한다.

본 연구는 이론적인 연구이지만 추후 연구에서는 다양한 프로그램 개발, 프로그램 제작 사례 공유, 실험 연구 진행과 같이 이론적인 연구와 현장 실천을 동시에 진행하며 이론과 현장의 간극을 줄여야 한다. 따라

서 현재 학교에서 운영되고 있는 ‘건강체력교실’의 사례들을 모아 실제 효과가 있는지 분석해 볼 필요가 있다. 본 연구가 후속 연구자와 교사들에게 중요한 기초자료로 활용되기를 제언한다.

References

Agency, K. D. C. a. P. (2021). *The Korea Youth Risk Behavior Web-based Survey*. https://www.kdca.go.kr/yhs/

Alberga, A. S., Prud'homme, D., Sigal, R. J., Goldfield, G. S., Hadjiyannakis, S., Gougeon, R., Phillips, P., Malcolm, J., Wells, G. A., & Doucette, S. (2017). Does exercise training affect resting metabolic rate in adolescents with obesity? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *42*(1), 15-22. https://doi.org/https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0244

Arlinghaus, K. R., O'Connor, D. P., & Johnston, C. A. (2019). Frequency of school-based intervention needed to improve weight outcomes of Mexican-American adolescents with overweight or obesity: a randomized controlled trial. *Pediatric Obesity*, *14*(12), e12568. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ijpo.12568

Armijo-Olivo, S., Stiles, C. R., Hagen, N. A., Biondo, P. D., & Cummings, G. G. (2012). Assessment of study quality for systematic reviews: a comparison of the Cochrane Collaboration Risk of Bias Tool and the Effective Public Health Practice Project Quality Assessment Tool: methodological research. *Journal of evaluation in clinical practice*, *18*(1), 12-18. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2010.01516.x

Bagherniya, M., Darani, F. M., Sharma, M., Maracy, M. R., Birgani, R. A., Ranjbar, G., Taghipour, A., Safarian, M., & Keshavarz, S. A. (2018). Assessment of the efficacy of physical activity level and lifestyle behavior interventions applying social cognitive theory for overweight and obese girl adolescents. *Journal of Research in Health Sciences*, *18*(2), 409. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7204423/

Barlow, S. E., & Committee, E. (2007). Expert committee recommendations regarding the prevention, assessment, and treatment of child and adolescent overweight and obesity: summary report. *Pediatrics*, *120*(Supplement_4), S164-S192. https://doi.org/https://doi.org/10.1542/peds.2007-2329C

Bazzocchi, A., Ponti, F., Albisinni, U., Battista, G., & Guglielmi, G. (2016). DXA: technical aspects and application. *European journal of radiology*, *85*(8), 1481-1492. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.04.004

Biddle, S. J., & Asare, M. (2011). Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *British journal of sports medicine*, *45*(11), 886-895. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2011-090185

Bowden, J., Davey Smith, G., & Burgess, S. (2015). Mendelian randomization with invalid instruments: effect estimation and bias detection through Egger regression. *International journal of epidemiology*, *44*(2), 512-525. https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ije/dyv080

Chen, J.-L., Guedes, C. M., & Lung, A. E. (2019). Smartphone-based healthy weight management intervention for Chinese American adolescents: short-term efficacy and factors associated with decreased weight. *Journal of Adolescent Health*, *64*(4), 443-449. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2018.08.022

Choe, S., Sa, J., Chaput, J.-P., & Kim, D. (2022). Effectiveness of obesity interventions among South Korean children and adolescents and importance of the type of intervention component: a meta-analysis. *Clinical and Experimental Pediatrics*, *65*(2), 98. https://doi.org/10.3345%2Fcep.2021.00409

De Onis, M., Garza, C., Onyango, A., & Rolland-Cachera, M. (2008). WHO growth standards for infants and young children. *Archives de pediatrie: organe officiel de la Societe francaise de pediatrie*, *16*(1), 47-53. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.arcped.2008.10.010

Dietz, W. H., & Baur, L. A. (2022). The Prevention of Childhood Obesity. *Clinical Obesity in Adults and Children*, 323-338.

Dietz, W. H., & Gortmaker, S. L. (2001). Preventing obesity in children and adolescents. *Annual review of public health*, *22*, 337. https://www.proquest.com/docview/235214880?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true

Doak, C., Visscher, T., Renders, C., & Seidell, J. (2006). The prevention of overweight and obesity in children and adolescents: a review of interventions and programmes. *Obesity reviews*, *7*(1), 111-136. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2006.00234.x

Due, P., Damsgaard, M. T., Rasmussen, M., Holstein, B. E., Wardle, J., Merlo, J., Currie, C., Ahluwalia, N., Sørensen, T. I., & Lynch, J. (2009). Socioeconomic position, macroeconomic environment and overweight among adolescents in 35 countries. *International journal of obesity*, *33*(10), 1084-1093. https://www.nature.com/articles/ijo2009128

Duval, S., & Tweedie, R. (2000). A nonparametric "trim and fill" method of accounting for publication bias in meta-analysis. *Journal of the american statistical association*, *95*(449), 89-98. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/01621459.2000.10473905

Erermis, S., Cetin, N., Tamar, M., Bukusoglu, N., Akdeniz, F., & Goksen, D. (2004). Is obesity a risk factor for psychopathology among adolescents? *Pediatrics International*, *46*(3), 296-301. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1442-200x.2004.01882.x

Field, A. E., Cook, N. R., & Gillman, M. W. (2005). Weight status in childhood as a predictor of becoming overweight or hypertensive in early adulthood. *Obesity research*, *13*(1), 163-169. https://doi.org/https://doi.org/10.1038/oby.2005.21

Hallal, P. C., Victora, C. G., Azevedo, M. R., & Wells, J. C. (2006). Adolescent physical activity and health. *Sports medicine*, *36*(12), 1019-1030. https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200636120-00003

He, Z., Wu, H., Yu, F., Fu, J., Sun, S., Huang, T., Wang, R., Chen, D., Zhao, G., & Quan, M. (2021). Effects of smartphone-based interventions on

physical activity in children and adolescents: systematic review and meta-analysis. *JMIR mHealth and uHealth*, *9*(2), e22601. https://doi.org/https://doi.org/10.2196/22601

Higgins, J. P., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. A. (2019). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. John Wiley & Sons. https://books.google.co.kr/books?hl=ko&lr=&id=cTqyDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=Cochrane+handbook+for+systematic+reviews+of+interventions&ots=tvkFtdBFjg&sig=7u_tnax6iwEseb941Zhq9_RpPMI&redir_esc=y#v=onepage&q=Cochrane%20handbook%20for%20systematic%20reviews%20of%20interventions&f=false

Ho, M., Garnett, S. P., Baur, L. A., Burrows, T., Stewart, L., Neve, M., & Collins, C. (2013). Impact of dietary and exercise interventions on weight change and metabolic outcomes in obese children and adolescents: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *JAMA pediatrics*, *167*(8), 759-768. https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2013.1453

Hollis, J. L., Sutherland, R., Campbell, L., Morgan, P., Lubans, D., Nathan, N., Wolfenden, L., Okely, A., Davies, L., & Williams, A. (2016). Effects of a 'school-based'physical activity intervention on adiposity in adolescents from economically disadvantaged communities: secondary outcomes of the 'Physical Activity 4 Everyone'RCT. *International journal of obesity*, *40*(10), 1486-1493. https://www.nature.com/articles/ijo2016107

Jacob, C. M., Hardy-Johnson, P. L., Inskip, H. M., Morris, T., Parsons, C. M., Barrett, M., Hanson, M., Woods-Townsend, K., & Baird, J. (2021). A systematic review and meta-analysis of school-based interventions with health education to reduce body mass index in adolescents aged 10 to 19 years. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *18*(1), 1-22. https://doi.org/https://doi.org/10.1093/pubmed/fdr116

Jadad, A. R., Moore, R. A., Carroll, D., Jenkinson, C., Reynolds, D. J. M., Gavaghan, D. J., & McQuay, H. J. (1996). Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? *Controlled clinical trials*, *17*(1), 1-12. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-2456(95)00134-4

Johnston, C. A., Moreno, J. P., Gallagher, M. R., Wang, J., Papaioannou, M. A., Tyler, C., & Foreyt, J. P. (2013). Achieving long-term weight maintenance in Mexican-American adolescents with a school-based intervention. *Journal of Adolescent Health*, *53*(3), 335-341.

Kessler, C. (2021). Pathophysiology of obesity. *Nursing Clinics*, *56*(4), 465-478. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cnur.2021.08.001

Killen, J. D., Robinson, T. N., Telch, M. J., Saylor, K. E., Maron, D. J., Rich, T., & Bryson, S. (1989). The Stanford adolescent heart health program. *Health education quarterly*, *16*(2), 263-283. https://doi.org/https://doi.org/10.1177/109019818901600210

Kim, E. S., Im, J. A., Kim, K. C., Park, J. H., Suh, S. H., Kang, E. S., Kim, S. H., Jekal, Y., Lee, C. W., & Yoon, Y. J. (2007). Improved insulin

sensitivity and adiponectin level after exercise training in obese Korean youth. *Obesity*, *15*(12), 3023-3030. https://doi.org/https://doi.org/10.1038/oby.2007.360

Kim, H. S., Park, Y. H., Park, H. B., & Kim, S. H. (2014). Estimation of effects of factors related to preschooler body mass index using quantile regression model. *Asian Nursing Research*, *8*(4), 293-299. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anr.2014.07.005

Kim, J. H., Yun, S., Hwang, S.-s., Shim, J. O., Chae, H. W., Lee, Y. J., Lee, J. H., Kim, S. C., Lim, D., & Yang, S. W. (2018). The 2017 Korean National Growth Charts for children and adolescents: development, improvement, and prospects. *Korean journal of pediatrics*, *61*(5), 135. https://doi.org/https://dx.doi.org/10.3345%2Fkjp.2018.61.5.135

Kim, M. S., Kim, S. Y., & Kim, J. H. (2019). Secular change in waist circumference and waist-height ratio and optimal cutoff of waist-height ratio for abdominal obesity among Korean children and adolescents over 10 years. *Korean journal of pediatrics*, *62*(7), 261. https://doi.org/https://dx.doi.org/10.3345%2Fkjp.2018.07038

Kumar, S., & Kelly, A. S. (2017). Review of childhood obesity: from epidemiology, etiology, and comorbidities to clinical assessment and treatment. Mayo Clinic Proceedings,

Larson, N., Wall, M., Story, M., & Neumark-Sztainer, D. (2013). Home/family, peer, school, and neighborhood correlates of obesity in adolescents. *Obesity*, *21*(9), 1858-1869. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/oby.20360

Lee, E. Y., & Yoon, K.-H. (2018). Epidemic obesity in children and adolescents: risk factors and prevention. *Frontiers of medicine*, *12*(6), 658-666. https://link.springer.com/article/10.1007/s11684-018-0640-1

Leme, A. C. B., Baranowski, T., Thompson, D., Nicklas, T., & Philippi, S. T. (2018). Sustained impact of the "Healthy Habits, Healthy Girls-Brazil" school-based randomized controlled trial for adolescents living in low-income communities. *Preventive medicine reports*, *10*, 346-352. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2018.04.013

Leme, A. C. B., Lubans, D. R., Guerra, P. H., Dewar, D., Toassa, E. C., & Philippi, S. T. (2016). Preventing obesity among Brazilian adolescent girls: six-month outcomes of the Healthy Habits, Healthy Girls-Brazil school-based randomized controlled trial. *Preventive medicine*, *86*, 77-83. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2016.01.020

Lim, H. J., Xue, H., & Wang, Y. (2020). Global trends in obesity. *Handbook of Eating and Drinking: Interdisciplinary Perspectives*, 1217-1235. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-030-14504-0_157?noAccess=true

Lobstein, T., Jackson-Leach, R., Moodie, M. L., Hall, K. D., Gortmaker, S. L., Swinburn, B. A., James, W. P. T., Wang, Y., & McPherson, K. (2015). Child and adolescent obesity: part of a bigger picture. *The Lancet*, *385*(9986), 2510-2520.

https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61746-3
McCarthy, H. D., & Ashwell, M. (2006). A study of central fatness using waist-to-height ratios in UK children and adolescents over two decades supports the simple message-'keep your waist circumference to less than half your height'. *International journal of obesity*, *30*(6), 988-992. https://www.nature.com/articles/0803226
Minatto, G., Barbosa Filho, V. C., Berria, J., & Petroski, E. L. (2016). School-based interventions to improve cardiorespiratory fitness in adolescents: systematic review with meta-analysis. *Sports medicine*, *46*(9), 1273-1292. https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-016-0480-6
Molnár, D., Jeges, S., Erhardt, E., & Schutz, Y. (1995). Measured and predicted resting metabolic rate in obese and nonobese adolescents. *The Journal of pediatrics*, *127*(4), 571-577. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-3476(95)70114-1
Moon, J. S., Lee, S. Y., Nam, C. M., Choi, J.-M., Choe, B.-K., Seo, J.-W., Oh, K., Jang, M.-J., Hwang, S.-S., & Yoo, M. H. (2008). 2007 Korean National Growth Charts: review of developmental process and an outlook. *Clinical and Experimental Pediatrics*, *51*(1), 1-25. https://doi.org/https://doi.org/10.3345/kjp.2008.51.1.1
Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., & Brennan, S. E. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic reviews*, *10*(1), 1-11. https://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13643-021-01626-4
Park, T.-H., Jung, M.-H., Jeong, S.-M., Park, H.-S., Han, C.-Y., Hong, S.-A., You, S.-Y., & Moon, K.-R. (2013). Association between obesity and physical activity about middle and high school students in Korea. *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, *8*(3), 505-515. https://doi.org/https://doi.org/10.13067/JKIECS.2013.8.3.505
Ponnambalam, S., Palanisamy, S., Singaravelu, R., & Janardhanan, H. A. (2022). Effectiveness of after-school physical activity intervention on body mass index and waist circumference/height ratio among overweight adolescents in selected Schools at Puducherry, India: A randomized controlled trial. *Indian Journal of Community Medicine: Official Publication of Indian Association of Preventive & Social Medicine*, *47*(1), 72. https://doi.org/https://doi.org/10.4103%2Fijcm.ijcm_1031_21
Raghuveer, G., Hartz, J., Lubans, D. R., Takken, T., Wiltz, J. L., Mietus-Snyder, M., Perak, A. M., Baker-Smith, C., Pietris, N., & Edwards, N. M. (2020). Cardiorespiratory fitness in youth: an important marker of health: a scientific statement from the American heart association. *Circulation*, *142*(7), e101-e118. https://doi.org/https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000866
Roh, H.-T., Cho, S.-Y., & So, W.-Y. (2020). Effects of regular taekwondo intervention on oxidative stress biomarkers and myokines in

overweight and obese adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(7), 2505. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph17072505

Rothstein, H. R., Sutton, A. J., & Borenstein, M. (2006). *Publication bias in meta-analysis: Prevention, assessment and adjustments*. John Wiley & Sons. https://books.google.co.kr/books?hl=ko&lr=&id=Vd4VpxiJp5QC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Publication+ bias+ in+ meta-analysis:+ Prevention,+ assessment+ and+ adjustments&ots=WMUh-xnSbZ&sig=gd5zVuTk9HvdHuDqA9YQxEBiwcc&redir_esc=y#v=onepage&q=Publication%20bias%20in%20meta-analysis%3A%20Prevention%2C%20assessment%20and%20adjustments&f=false

Scapaticci, S., D'Adamo, E., Mohn, A., Chiarelli, F., & Giannini, C. (2021). Non-alcoholic fatty liver disease in obese youth with insulin resistance and type 2 diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, *12*. https://doi.org/https://dx.doi.org/10.3389%2Ffendo.2021.639548

Singh, A. S., Paw, M. J. M. C. A., Brug, J., & van Mechelen, W. (2007). Short-term effects of school-based weight gain prevention among adolescents. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, *161*(6), 565-571. https://doi.org/10.1001/archpedi.161.6.565

Sothern, M., Loftin, M., Suskind, R., Udall, J., & Blecker, U. (1999). The health benefits of physical activity in children and adolescents: implications for chronic disease prevention. *European journal of pediatrics*, *158*(4), 271-274. https://link.springer.com/article/10.1007/s004310051070

Sterne, J. A., & Egger, M. (2001). Funnel plots for detecting bias in meta-analysis: guidelines on choice of axis. *Journal of clinical epidemiology*, *54*(10), 1046-1055. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0895-4356(01)00377-8

Sterne, J. A., & Harbord, R. M. (2004). Funnel plots in meta-analysis. *The stata journal*, *4*(2), 127-141. https://doi.org/https://doi.org/10.1177%2F1536867X0400400204

Stoner, L., Rowlands, D., Morrison, A., Credeur, D., Hamlin, M., Gaffney, K., Lambrick, D., & Matheson, A. (2016). Efficacy of exercise intervention for weight loss in overweight and obese adolescents: meta-analysis and implications. *Sports medicine*, *46*(11), 1737-1751. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s40279-016-0537-6.pdf?pdf=button

Suchindran, C., North, K. E., Popkin, B. M., & Gordon-Larsen, P. (2010). Association of adolescent obesity with risk of severe obesity in adulthood. *Jama*, *304*(18), 2042-2047. https://doi.org/https://doi.ors/10.1001/jama.2010.1635

Sung, K.-D., Pekas, E. J., Scott, S. D., Son, W.-M., & Park, S.-Y. (2019). The effects of a 12-week jump rope exercise program on abdominal adiposity, vasoactive substances, inflammation, and vascular function in adolescent girls with prehypertension. *European Journal of Applied Physiology*, *119*(2), 577-585.

https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-018-4051-4
Thomas, B., Ciliska, D., Dobbins, M., & Micucci, S. (2004). A process for systematically reviewing the literature: providing the research evidence for public health nursing interventions. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, *1*(3), 176-184. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1524-475X.2004.04006.x
Van Tulder, M., Furlan, A., Bombardier, C., Bouter, L., & Group, E. B. o. t. C. C. B. R. (2003). Updated method guidelines for systematic reviews in the cochrane collaboration back review group. *Spine*, *28*(12), 1290-1299. https://doi.org/https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000065484.95996.AF
Ward, L. C. (2019). Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardisation. *European journal of clinical nutrition*, *73*(2), 194-199. https://www.nature.com/articles/s41430-018-0335-3
World Health Organization. (2016). *Report of the commission on ending childhood obesity*. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204176/?sequence=1
World Health Organization. (2020). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128
World Health Organization. (2022). World Health Organization. Obesity. https://www.who.int/health-topics/obesity#tab=tab_1
김재현. (2021). 소아청소년 비만의 개요: 진단, 역학 및 중요성. *Journal of the Korean Medical Association/Taehan Uisa Hyophoe Chi*, *64*(6). https://eds.p.ebscohost.com/abstract?site=eds&scope=site&jrnl=19758456&AN=150942403&h=V%2b7w%2ffxKywSqTmnUhv4NQTTm8cWwN7Ra7pZavpf%2bZnmShhrjUfQYWyU3wMNaFDhgz8lpsO5OA%2boHyzfdmUw13Q%3d%3d&crl=c&resultLocal=ErrCrlNoResults&resultNs=Ehost&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d19758456%26AN%3d150942403
이승욱. (2015). 메타분석에 있어서 무작위대조연구의 질 분석. *Hanyang Medical Reviews*, *35*(1). https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7599/hmr.2015.35.1.33
제갈윤석, 김은성, 이미경, & 전용관. (2008). 자연과학편: 남자 고등학생들의 여가시간 신체활동 참여와 체지방률, 체력과의 관계. *한국체육학회지*, *47*(4), 409-416. https://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=3710197

부 록

Appendix A: Electronic search strategies by Database

Inclusion criteria (PICO-SD)

- Participant: Adolescents
- Intervention: Prevention obesity program
- Comparison: None or other intervention
- Outcome: BMI
- Study Design: RCT

데이터베이스	키워드
PubMed	(("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR ("physical"[All Fields] AND "activity"[All Fields]) OR "physical activity"[All Fields] OR ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR ("physical"[All Fields] AND "activities"[All Fields]) OR "physical activities"[All Fields]) OR ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR "exercises"[All Fields] OR "exercise therapy"[MeSH Terms] OR ("exercise"[All Fields] AND "therapy"[All Fields]) OR "exercise therapy"[All Fields] OR "exercise s"[All Fields] OR "exercised"[All Fields] OR "exerciser"[All Fields] OR "exercisers"[All Fields] OR

	"exercising"[All Fields]) OR ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR "exercises"[All Fields] OR "exercise therapy"[MeSH Terms] OR ("exercise"[All Fields] AND "therapy"[All Fields]) OR "exercise therapy"[All Fields] OR "exercise s"[All Fields] OR "exercised"[All Fields] OR "exerciser"[All Fields] OR "exercisers"[All Fields] OR "exercising"[All Fields]) OR ("activable"[All Fields] OR "activate"[All Fields] OR "activated"[All Fields] OR "activates"[All Fields] OR "activating"[All Fields] OR "activation"[All Fields] OR "activations"[All Fields] OR "activator"[All Fields] OR "activator s"[All Fields] OR "activators"[All Fields] OR "active"[All Fields] OR "actived"[All Fields] OR "actively"[All Fields] OR "actives"[All Fields] OR "activities"[All Fields] OR "activity s"[All Fields] OR "activitys"[All Fields] OR "motor activity"[MeSH Terms] OR ("motor"[All Fields] AND "activity"[All Fields]) OR "motor activity"[All Fields] OR "activity"[All Fields]) OR ("activable"[All Fields] OR "activate"[All Fields] OR "activated"[All Fields] OR "activates"[All Fields] OR "activating"[All Fields] OR

	"activation"[All Fields] OR "activations"[All Fields] OR "activator"[All Fields] OR "activator s"[All Fields] OR "activators"[All Fields] OR "active"[All Fields] OR "actived"[All Fields] OR "actively"[All Fields] OR "actives"[All Fields] OR "activities"[All Fields] OR "activity s"[All Fields] OR "activitys"[All Fields] OR "motor activity"[MeSH Terms] OR ("motor"[All Fields] AND "activity"[All Fields]) OR "motor activity"[All Fields] OR "activity"[All Fields]) OR ("physical education and training"[MeSH Terms] OR ("physical"[All Fields] AND "education"[All Fields] AND "training"[All Fields]) OR "physical education and training"[All Fields] OR ("physical"[All Fields] AND "education"[All Fields]) OR "physical education"[All Fields]) OR ("movement"[MeSH Terms] OR "movement"[All Fields] OR "movements"[All Fields] OR "movement s"[All Fields]) OR ("movement"[MeSH Terms] OR "movement"[All Fields] OR "movements"[All Fields] OR "movement s"[All Fields]) OR (("fitness"[All Fields] OR "fitnesses"[All Fields]) AND ("activable"[All Fields] OR "activate"[All Fields] OR "activated"[All Fields] OR "activates"[All

	Fields] OR "activating"[All Fields] OR "activation"[All Fields] OR "activations"[All Fields] OR "activator"[All Fields] OR "activator s"[All Fields] OR "activators"[All Fields] OR "active"[All Fields] OR "actived"[All Fields] OR "actively"[All Fields] OR "actives"[All Fields] OR "activities"[All Fields] OR "activity s"[All Fields] OR "activitys"[All Fields] OR "motor activity"[MeSH Terms] OR ("motor"[All Fields] AND "activity"[All Fields]) OR "motor activity"[All Fields] OR "activity"[All Fields])) OR (("fitness"[All Fields] OR "fitnesses"[All Fields]) AND ("activable"[All Fields] OR "activate"[All Fields] OR "activated"[All Fields] OR "activates"[All Fields] OR "activating"[All Fields] OR "activation"[All Fields] OR "activations"[All Fields] OR "activator"[All Fields] OR "activator s"[All Fields] OR "activators"[All Fields] OR "active"[All Fields] OR "actived"[All Fields] OR "actively"[All Fields] OR "actives"[All Fields] OR "activities"[All Fields] OR "activity s"[All Fields] OR "activitys"[All Fields] OR "motor activity"[MeSH Terms] OR ("motor"[All Fields] AND "activity"[All Fields]) OR "motor activity"[All

	Fields] OR "activity"[All Fields])) OR ("sport s"[All Fields] OR "sports"[MeSH Terms] OR "sports"[All Fields] OR "sport"[All Fields] OR "sporting"[All Fields]) OR ("sport s"[All Fields] OR "sports"[MeSH Terms] OR "sports"[All Fields] OR "sport"[All Fields] OR "sporting"[All Fields])) AND 2015/01/01:2022/12/31[Date - Publication] AND ((("educational status"[MeSH Terms] OR ("educational"[All Fields] AND "status"[All Fields]) OR "educational status"[All Fields] OR "schooling"[All Fields] OR "education"[MeSH Terms] OR "education"[All Fields] OR "school s"[All Fields] OR "schooled"[All Fields] OR "schools"[MeSH Terms] OR "schools"[All Fields] OR "school"[All Fields]) AND ("based"[All Fields] OR "basing"[All Fields])) OR "school-based"[All Fields] OR "online-based"[All Fields] OR "internet-based"[All Fields] OR "web-based"[All Fields] OR ("telemedicine"[MeSH Terms] OR "telemedicine"[All Fields] OR "ehealth"[All Fields]) OR ("mhealth s"[All Fields] OR "telemedicine"[MeSH Terms] OR "telemedicine"[All Fields] OR "mhealth"[All Fields]) OR ("telemedicine"[MeSH Terms] OR

	"telemedicine"[All Fields] OR ("mobile"[All Fields] AND "health"[All Fields]) OR "mobile health"[All Fields])) AND 2015/01/01:2022/12/31[Date – Publication]) AND (("RCT"[All Fields] OR (("random allocation"[MeSH Terms] OR ("random"[All Fields] AND "allocation"[All Fields]) OR "random allocation"[All Fields] OR "random"[All Fields] OR "randomization"[All Fields] OR "randomized"[All Fields] OR "randomisation"[All Fields] OR "randomisations"[All Fields] OR "randomise"[All Fields] OR "randomised"[All Fields] OR "randomising"[All Fields] OR "randomizations"[All Fields] OR "randomize"[All Fields] OR "randomizes"[All Fields] OR "randomizing"[All Fields] OR "randomness"[All Fields] OR "randoms"[All Fields]) AND ("controling"[All Fields] OR "controllability"[All Fields] OR "controllable"[All Fields] OR "controllably"[All Fields] OR "controller"[All Fields] OR "controller s"[All Fields] OR "controllers"[All Fields] OR "controlling"[All Fields] OR "controls"[All Fields] OR "prevention and control"[MeSH Subheading] OR ("prevention"[All Fields] AND "control"[All

	Fields]) OR "prevention and control"[All Fields] OR "control"[All Fields] OR "control groups"[MeSH Terms] OR ("control"[All Fields] AND "groups"[All Fields]) OR "control groups"[All Fields]) AND ("clinical trials as topic"[MeSH Terms] OR ("clinical"[All Fields] AND "trials"[All Fields] AND "topic"[All Fields]) OR "clinical trials as topic"[All Fields] OR "trial"[All Fields] OR "trial s"[All Fields] OR "trialed"[All Fields] OR "trialing"[All Fields] OR "trials"[All Fields])) OR ("allocate"[All Fields] OR "allocated"[All Fields] OR "allocates"[All Fields] OR "allocating"[All Fields] OR "allocation"[All Fields] OR "allocational"[All Fields] OR "allocations"[All Fields] OR "allocative"[All Fields] OR "allocator"[All Fields] OR "allocators"[All Fields]) OR "RCT"[All Fields]) AND 2015/01/01:2022/12/31[Date - Publication]) AND (("adolescences"[All Fields] OR "adolescency"[All Fields] OR "adolescent"[MeSH Terms] OR "adolescent"[All Fields] OR "adolescence"[All Fields] OR "adolescents"[All Fields] OR "adolescent s"[All Fields] OR ("adolescences"[All Fields] OR "adolescency"[All Fields] OR "adolescent"[MeSH

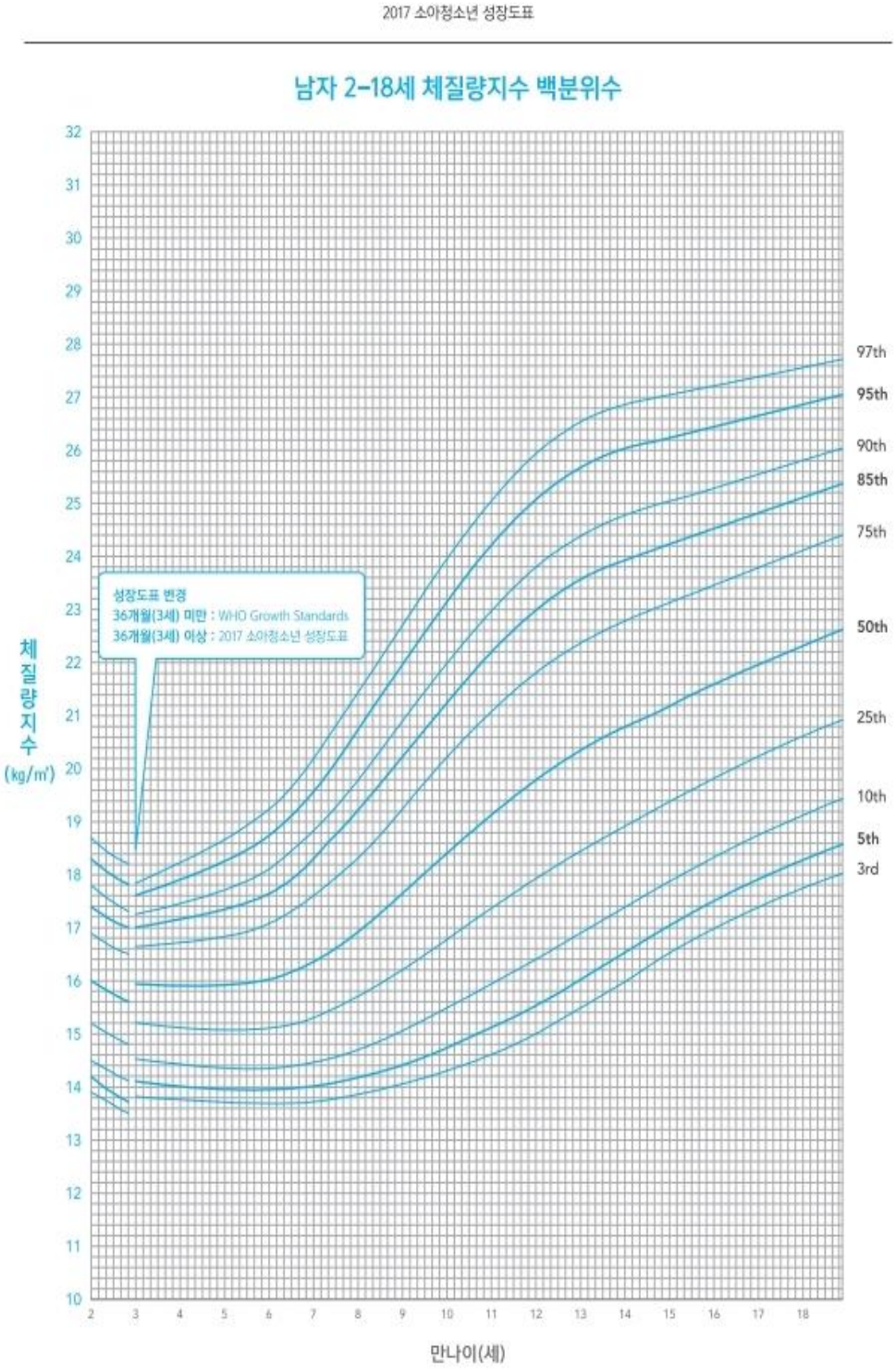
	Terms] OR "adolescent"[All Fields] OR "adolescence"[All Fields] OR "adolescents"[All Fields] OR "adolescent s"[All Fields]) OR ("adolescent"[MeSH Terms] OR "adolescent"[All Fields] OR "youth"[All Fields] OR "youths"[All Fields] OR "youth s"[All Fields]) OR ("adolescent"[MeSH Terms] OR "adolescent"[All Fields] OR "teenage"[All Fields] OR "teenager"[All Fields] OR "teenagers"[All Fields] OR "teenaged"[All Fields] OR "teenager s"[All Fields] OR "teenages"[All Fields]) OR ("adolescent"[MeSH Terms] OR "adolescent"[All Fields] OR "teen"[All Fields]) OR ("juvenile"[All Fields] OR "juvenile s"[All Fields] OR "juveniles"[All Fields] OR "juvenility"[All Fields])) AND 1984/01/01:2022/12/31[Date - Publication])) AND (1984:2022[pdat])
Embase	SourcesEmbase, MEDLINE, Preprints Query('adolescent'/exp OR adolescent OR 'juvenile'/exp OR juvenile OR 'adolescence'/exp OR adolescence) AND ('school based' OR 'web based' OR 'online based' OR 'mobile based' OR 'internet based') AND ('physical activity'/exp OR 'physical activity' OR 'exercise'/exp OR exercise OR 'physical education'/exp OR 'physical

	education' OR 'fitness'/exp OR fitness OR 'daily life activity'/exp OR 'daily life activity' OR 'sport'/exp OR sport OR 'training'/exp OR training) AND ('randomized controlled trial'/exp OR [randomized controlled trial]/lim OR 'controlled clinical trial'/de OR 'multicenter study'/exp OR 'randomization'/exp OR 'random allocat*':ab,ti,kw OR randomized:ab,ti,kw OR randomised:ab,ti,kw OR 'controlled clinical trial*':ab,ti,kw OR 'controlled trial*':ab,ti,kw OR placebo*:ab,ti,kw OR randomly*:ab,ti,kw OR (((double* OR single* OR treb* OR tripl*) NEAR/3 (blind* OR mask*)):ab,ti,kw)) NOT ([conference abstract]/lim OR [conference paper]/lim OR [conference review]/lim OR [data papers]/lim OR [editorial]/lim OR [erratum]/lim OR [letter]/lim OR [note]/lim OR [review]/lim) AND [2015-2022]/py AND (('randomized controlled trial'/exp OR [randomized controlled trial]/lim OR 'controlled clinical trial'/de OR 'multicenter study'/exp OR 'randomization'/exp OR (Random-Allocat* OR randomized OR randomised OR controlled-clinical-trial* OR controlled-trial* OR placebo* OR randomly*):ab,ti,kw OR ((Double* OR single* OR

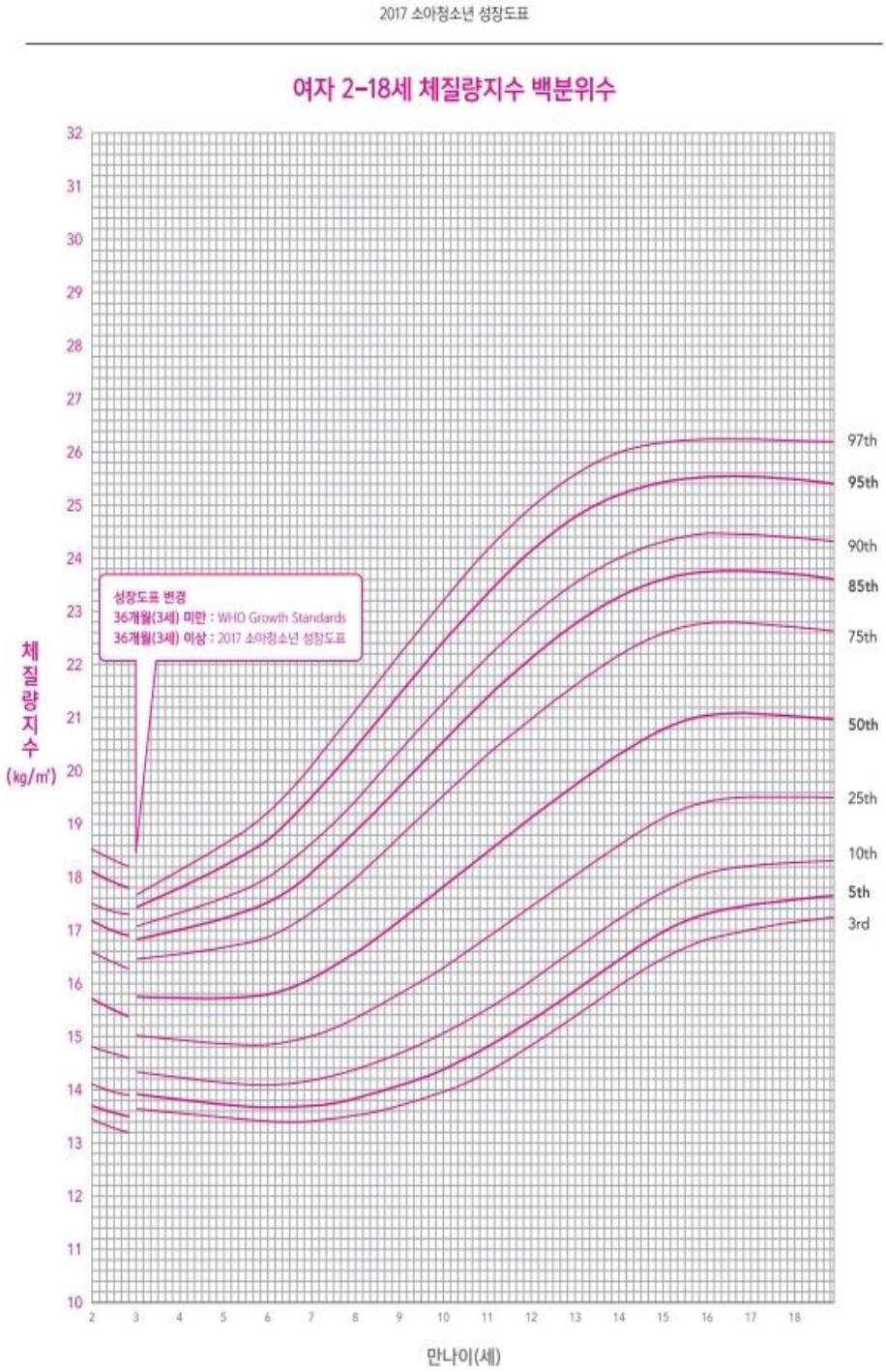
	treb* OR tripl*) NEAR/3 (Blind* OR mask*)):ab,ti,kw) NOT ([conference abstract]/lim OR [conference paper]/lim OR [conference review]/lim OR [data papers]/lim OR [editorial]/lim OR [erratum]/lim OR [letter]/lim OR [note]/lim OR [review]/lim))
Scopus	(ALL ("physical-activity" OR "exercise" OR "activity" OR "physical-education" OR "fitness" OR "sport") AND ALL ("adolescent" OR "youth" OR "juvenile" OR "teen") AND ALL ("school-based" OR "online-based" OR "web-based" OR "online-based" OR "mobile-based") AND ALL ("RCT" OR "allocation" OR "randomized control trial")) AND PUBYEAR > 1984 AND PUBYEAR < 2023
SPORTDiscus	TX (physical activity or physical activities or exercise or exercises or activity or activities or physical education or movements or fitness activity or sports) AND TX (adolescents or youth or teenagers or teens or juvenile) AND AB (school-based or school based or online-based or internet-based or web-based or eHealth or mHealth or mobile health) AND TX (rct or randomized control trial or randomized controlled trial)

Appendix B: 성별, 연령별 체질량지수

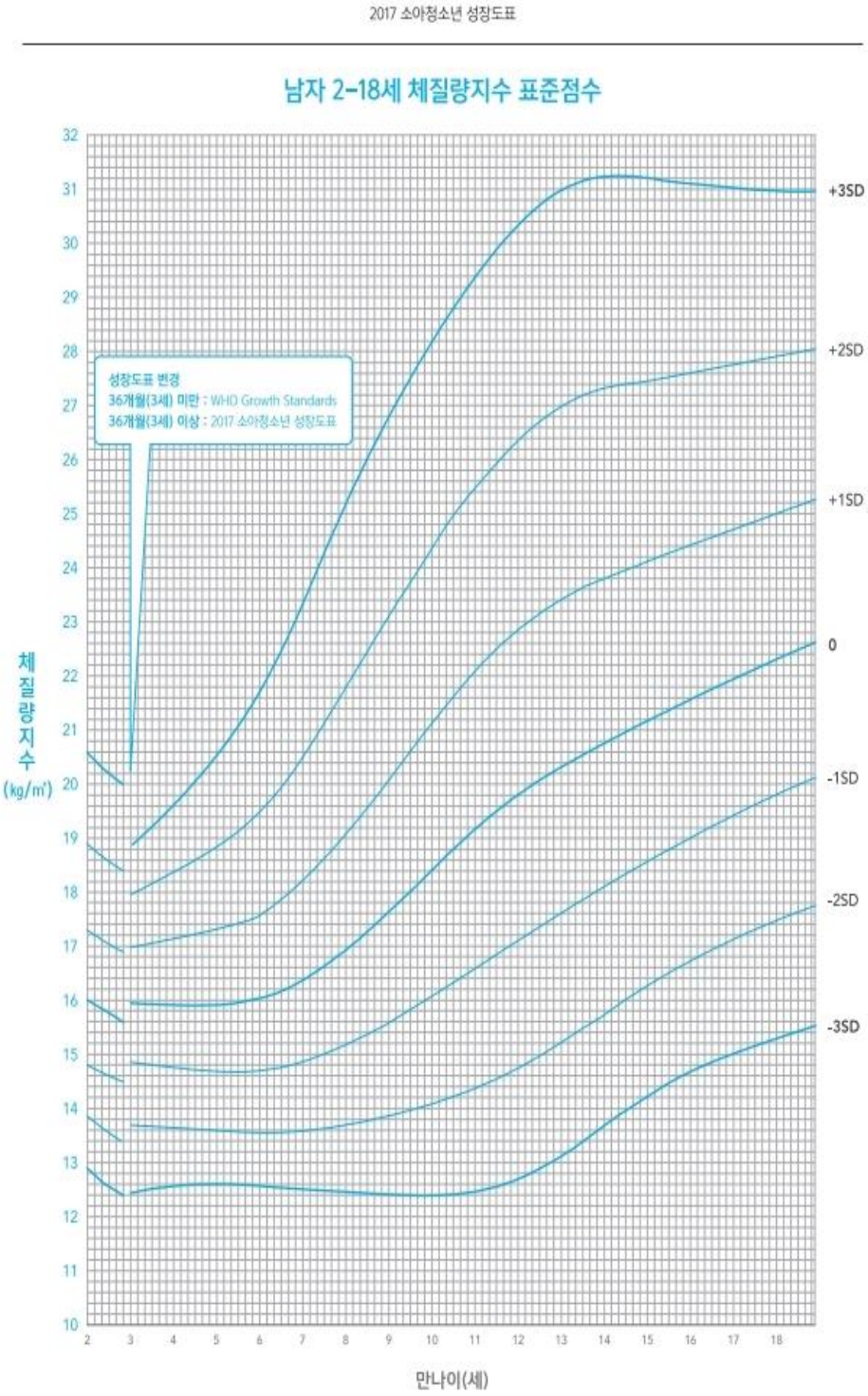
B1. 남자 2-18세 체질량지수 백분위수



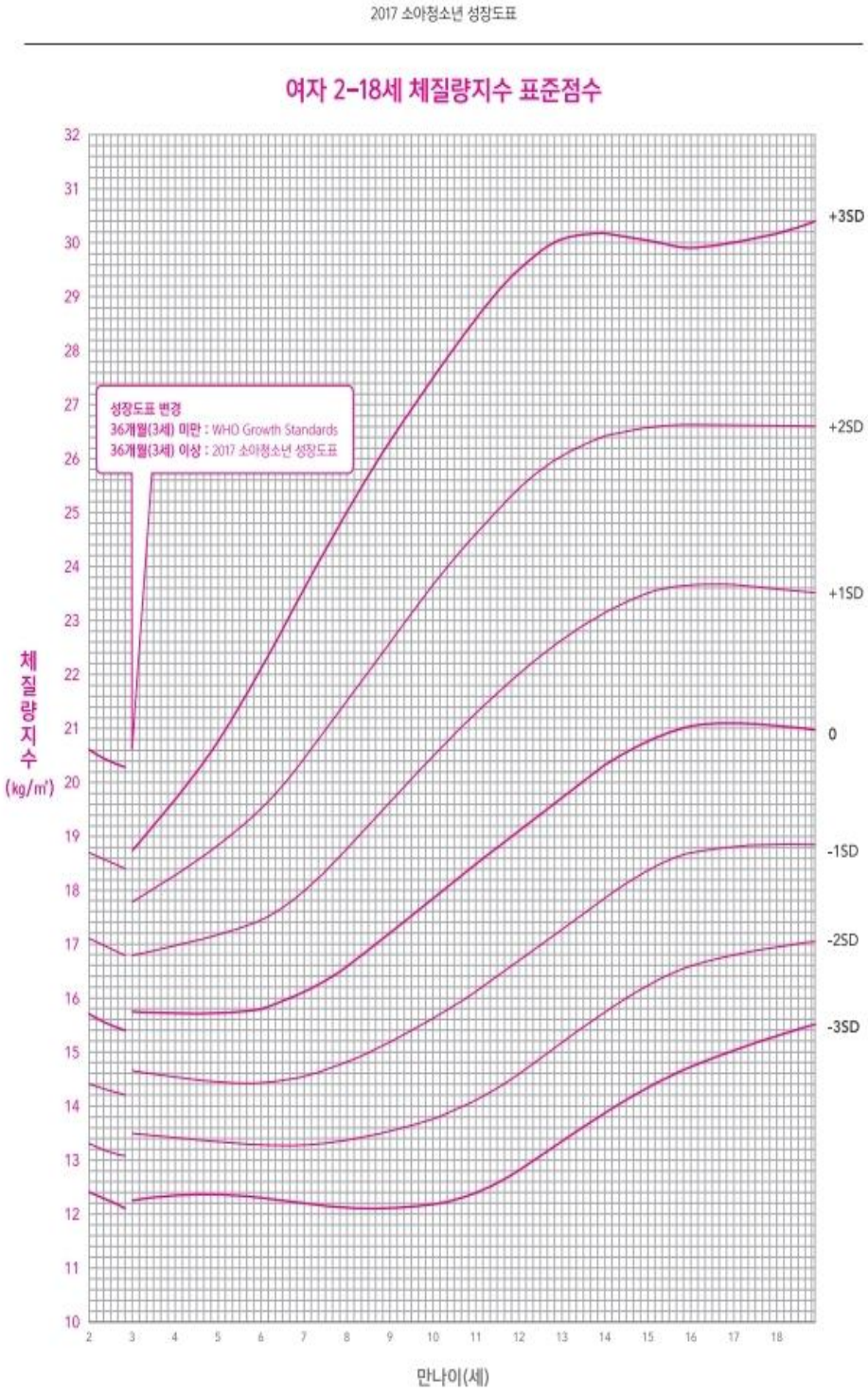
B2. 여자 2-18세 체질량지수 백분위수



B3. 남자 2-18세 체질량지수 표준점수



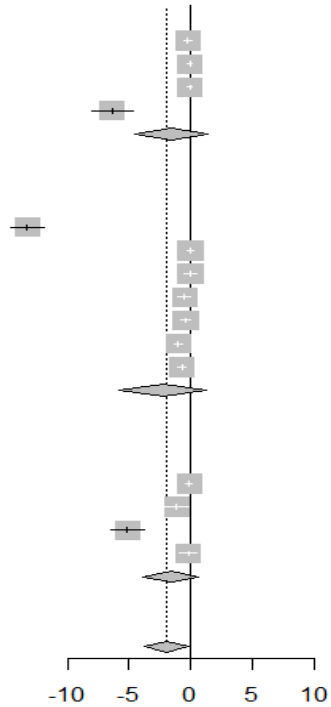
B4. 여자 2-18세 체질량지수 표준점수



Appendix C: Moderate analysis (other results)

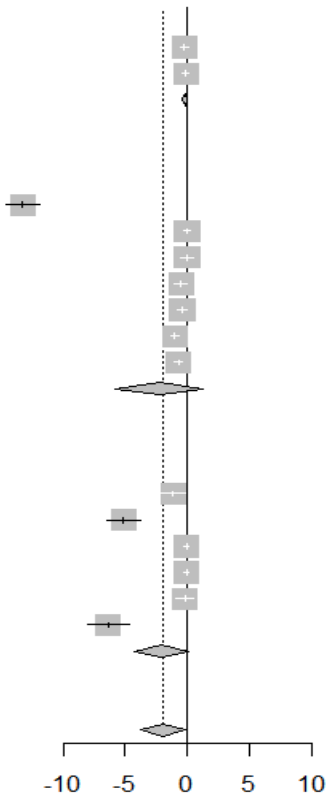
C1. Physical activity components

Study	Experimental Total	Experimental Mean	Experimental SD	Control Total	Control Mean	Control SD	SMD	95%-CI	Weight
components = multiple									
Bagherniya, M. (2018)	87	-1	5	85	0	4	-0.23	[-0.53; 0.07]	6.7%
Killen, J. D. (1989)_a	345	0	5	267	0	4	-0.07	[-0.23; 0.09]	6.7%
Killen, J. D. (1989)_b	277	-0	5	241	0	4	-0.04	[-0.21; 0.13]	6.7%
Chen, J. L. (2019)	21	-0	0	15	1	0	-6.36	[-8.04; -4.67]	6.4%
Random effects model	**730**			**608**			**-1.58**	**[-4.52; 1.35]**	**26.6%**
Heterogeneity: I^2 = 94%, τ^2 = 8.8014, p < 0.01									
components = pa+nu									
Leme, A. C. B. (2016)	111	-1	0	83	-1	0	-13.28	[-14.65; -11.92]	6.5%
Leme, A. C. B. (2018)	142	0	5	111	0	5	-0.03	[-0.28; 0.22]	6.7%
Johnston (2013)_a	44	0	5	21	0	3	-0.02	[-0.54; 0.50]	6.7%
Johnston (2013)_b	44	1	5	21	3	3	-0.49	[-1.01; 0.04]	6.7%
Arlinghaus (2019)_a	59	0	1	63	1	1	-0.39	[-0.75; -0.03]	6.7%
Arlinghaus (2019)_b	58	-0	1	63	1	1	-0.99	[-1.37; -0.61]	6.7%
Arlinghaus (2019)_c	63	-0	2	63	1	1	-0.72	[-1.08; -0.36]	6.7%
Random effects model	**521**			**425**			**-2.24**	**[-5.80; 1.31]**	**46.9%**
Heterogeneity: I^2 = 98%, τ^2 = 22.9408, p < 0.01									
components = only pa									
Ponnambalam, S. (2022)	140	-1	2	140	-0	4	-0.12	[-0.35; 0.12]	6.7%
Roh, H. T. (2020)	10	-1	1	10	0	1	-1.15	[-2.12; -0.19]	6.6%
Sung, K. D. (2019)	20	-1	0	20	1	0	-5.15	[-6.48; -3.81]	6.5%
Kim, Eun Sung, et al. (2007)	14	0	5	12	1	6	-0.21	[-0.98; 0.57]	6.7%
Random effects model	**184**			**182**			**-1.60**	**[-3.86; 0.67]**	**26.5%**
Heterogeneity: I^2 = 95%, τ^2 = 5.1302, p < 0.01									
Random effects model	**1435**			**1215**			**-1.90**	**[-3.73; -0.08]**	**100.0%**
Heterogeneity: I^2 = 97%, τ^2 = 12.8215, p < 0.01									
Test for subgroup differences: χ^2_2 = 0.10, df = 2 (p = 0.95)									



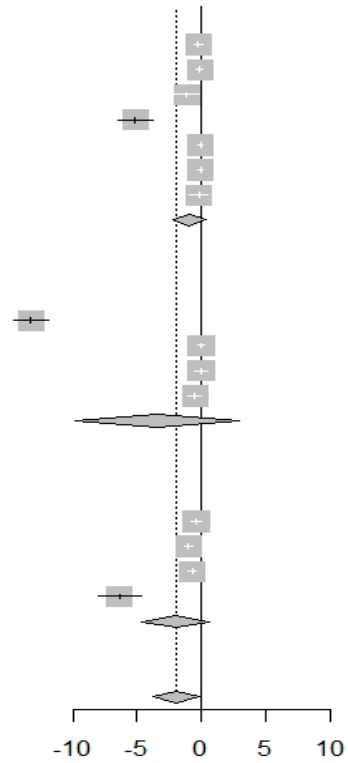
C2. Duration

Study	Experimental Total	Experimental Mean	Experimental SD	Control Total	Control Mean	Control SD	SMD	95%-CI	Weight
duration2 = 25-36wk									
Bagherniya, M. (2018)	87	-1	5	85	0	4	-0.23	[-0.53; 0.07]	6.7%
Ponnambalam, S. (2022)	140	-1	2	140	-0	4	-0.12	[-0.35; 0.12]	6.7%
Random effects model	**227**			**225**			**-0.16**	**[-0.35; 0.02]**	**13.5%**
Heterogeneity: $I^2 = 0\%$, $\tau^2 = 0$, $p = 0.56$									
duration2 = 17-24wk									
Leme, A. C. B. (2016)	111	-1	0	83	-1	0	-13.28	[-14.65; -11.92]	6.5%
Leme, A. C. B. (2018)	142	0	5	111	0	5	-0.03	[-0.28; 0.22]	6.7%
Johnston (2013)_a	44	0	5	21	0	3	-0.02	[-0.54; 0.50]	6.7%
Johnston (2013)_b	44	1	5	21	3	3	-0.49	[-1.01; 0.04]	6.7%
Arlinghaus (2019)_a	59	0	1	63	1	1	-0.39	[-0.75; -0.03]	6.7%
Arlinghaus (2019)_b	58	-0	1	63	1	1	-0.99	[-1.37; -0.61]	6.7%
Arlinghaus (2019)_c	63	-0	2	63	1	1	-0.72	[-1.08; -0.36]	6.7%
Random effects model	**521**			**425**			**-2.24**	**[-5.80; 1.31]**	**46.9%**
Heterogeneity: $I^2 = 98\%$, $\tau^2 = 22.9408$, $p < 0.01$									
duration2 = under 16wk									
Roh, H. T. (2020)	10	-1	1	10	0	1	-1.15	[-2.12; -0.19]	6.6%
Sung, K. D. (2019)	20	-1	0	20	1	0	-5.15	[-6.48; -3.81]	6.5%
Killen, J. D. (1989)_a	345	0	5	267	0	4	-0.07	[-0.23; 0.09]	6.7%
Killen, J. D. (1989)_b	277	-0	5	241	0	4	-0.04	[-0.21; 0.13]	6.7%
Kim, Eun Sung, et al. (2007)	14	0	5	12	1	6	-0.21	[-0.98; 0.57]	6.7%
Chen, J. L. (2019)	21	-0	0	15	1	0	-6.36	[-8.04; -4.67]	6.4%
Random effects model	**687**			**565**			**-2.08**	**[-4.30; 0.14]**	**39.7%**
Heterogeneity: $I^2 = 96\%$, $\tau^2 = 7.4113$, $p < 0.01$									
Random effects model	**1435**			**1215**			**-1.90**	**[-3.73; -0.08]**	**100.0%**
Heterogeneity: $I^2 = 97\%$, $\tau^2 = 12.8215$, $p < 0.01$									
Test for subgroup differences: $\chi^2_2 = 4.16$, df = 2 ($p = 0.13$)									



C3. Tailored Program

Study	Experimental Total	Experimental Mean	Experimental SD	Control Total	Control Mean	Control SD	SMD	95%-CI	Weight
tailored = no									
Bagherniya, M. (2018)	87	-1	5	85	0	4	-0.23	[-0.53; 0.07]	6.7%
Ponnambalam, S. (2022)	140	-1	2	140	-0	4	-0.12	[-0.35; 0.12]	6.7%
Roh, H. T. (2020)	10	-1	1	10	0	1	-1.15	[-2.12; -0.19]	6.6%
Sung, K. D. (2019)	20	-1	0	20	1	0	-5.15	[-6.48; -3.81]	6.5%
Killen, J. D. (1989)_a	345	0	5	267	0	4	-0.07	[-0.23; 0.09]	6.7%
Killen, J. D. (1989)_b	277	-0	5	241	0	4	-0.04	[-0.21; 0.13]	6.7%
Kim, Eun Sung, et al. (2007)	14	0	5	12	1	6	-0.21	[-0.98; 0.57]	6.7%
Random effects model	**893**			**775**			**-0.91**	**[-2.19; 0.36]**	**46.8%**
Heterogeneity: $I^2 = 90\%$, $\tau^2 = 2.8299$, $p < 0.01$									
tailored = cultural									
Leme, A. C. B. (2016)	111	-1	0	83	-1	0	-13.28	[-14.65; -11.92]	6.5%
Leme, A. C. B. (2018)	142	0	5	111	0	5	-0.03	[-0.28; 0.22]	6.7%
Johnston (2013)_a	44	0	5	21	0	3	-0.02	[-0.54; 0.50]	6.7%
Johnston (2013)_b	44	1	5	21	3	3	-0.49	[-1.01; 0.04]	6.7%
Random effects model	**341**			**236**			**-3.43**	**[-9.82; 2.96]**	**26.7%**
Heterogeneity: $I^2 = 99\%$, $\tau^2 = 42.3717$, $p < 0.01$									
tailored = individual									
Arlinghaus (2019)_a	59	0	1	63	1	1	-0.39	[-0.75; -0.03]	6.7%
Arlinghaus (2019)_b	58	-0	1	63	1	1	-0.99	[-1.37; -0.61]	6.7%
Arlinghaus (2019)_c	63	-0	2	63	1	1	-0.72	[-1.08; -0.36]	6.7%
Chen, J. L. (2019)	21	-0	0	15	1	0	-6.36	[-8.04; -4.67]	6.4%
Random effects model	**201**			**204**			**-2.02**	**[-4.67; 0.63]**	**26.6%**
Heterogeneity: $I^2 = 94\%$, $\tau^2 = 7.1194$, $p < 0.01$									
Random effects model	**1435**			**1215**			**-1.90**	**[-3.73; -0.08]**	**100.0%**
Heterogeneity: $I^2 = 97\%$, $\tau^2 = 12.8215$, $p < 0.01$									
Test for subgroup differences: $\chi^2_2 = 1.02$, df = 2 ($p = 0.60$)									



Abstract

외국어 제목

성 명 Jiyeon Yoon
학과 및 전공
The Graduate School of Physical Education
Seoul National University
Sport Science

Objectives: The purpose of this study is to determine whether obesity prevention programs for adolescents affect obesity indicators and to find out which mediating factors of obesity prevention programs affect obesity indicators.

Method: Two researchers selected five search terms (execution, youth, school-based, online or web-based, or Internet-based, RCT) and used four search engines (Pubed, Embase, Scopus, SPC) to examine the effects of physical activity programs on adolescent obesity and related systematic literature. The systematic literature review followed the guidelines of the Preferred Reporting Items (PRISMA) guidelines for systematic review and meta-analysis. The paper review protocol for this study was registered in the National Institute of Health's Systematic Review International Prospects Register (PROSPERO, CRD42022322930). In this study, meta-analysis was performed after coding the effect size using the pre-post BMI average difference between the two groups, the integrated standard deviation of the pre-post difference, and the number of participants in each group. In this study, R version 4.0.3

(R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020) was used for meta-analysis.

Results: A total of 2,762 studies were extracted from the database based on the exact keyword search, and 11 studies were included in the systematic literature review and meta-analysis according to PRISMA Flow chart. When classifying the studies according to the characteristics of the participants, there are four studies on female students according to the gender of the participants, one study on male students, and five studies conducted in a hybrid manner. It is divided into six studies that recruited participants based on obesity or overweight and four studies that did not recruit weight based on participants. The characteristics of the physical activity program can be divided into form (6 aerobic physical activities, 4 aerobic and muscular exercise combinations, 1 unknown), frequency (1/wk: 1, 2/wk: 1, 3/wk: 1, 4/wk: 2, 5/wk: 5), duration (under 16 weeks: 5 , over 17-24 weeks: 4, and over 25 weeks: 2). Most of the studies included in this systematic literature review showed a decrease in BMI among adolescents who participated in obesity prevention programs that included physical activity. However, three studies with long program intervention or tracking periods did not show a decrease in BMI. As a result of the meta-analysis, it was found that the effect of reducing BMI was statistically significant (-1.90, 95% CI-3.73~-0.08) and the heterogeneity between studies was high (I2=97%). As a result of the validity verification, it was confirmed that asymmetry existed, and because of the analysis, the influence of the error was not insignificant, but it was judged that it did not affect the overall result.

Conclusion: This study analyzed the difference between the overall effect and the effect of reducing obesity indicators by synthesizing the study of obesity prevention programs involving physical activities conducted on adolescents. In this study, it was confirmed that the physical activity program significantly reduced the BMI of adolescents, and the frequency of the physical activity program played a major factor. Therefore, the analysis contents of this study will be used as important basic data when operating and organizing obesity prevention programs at school sites.

Keywords : adolescents, exercise, obesity, systematic review, meta-analysis
Student Number : 2021-25372