

연구논문

청소년의 비동력 통학이 비만도 및 정신적 스트레스에 미치는 영향 분석: 내생성을 고려한 도구변수 이용을 중심으로*

옥재훈** · 이동성***

비동력 통학은 청소년의 신체활동을 수반하는 가장 대표적인 통학 수단으로 그 긍정적인 사회적 효과에 대해서는 널리 알려져 있다. 그러나 학업 및 생활 습관과 같은 개인적 요인 및 안전 문제와 같은 환경적 요인으로 인해 통학 수단으로서의 비중은 최근 점차 줄어드는 추세이다. 이 연구에서는 이러한 문제의식에 따라 걷기나 자전거 등 비동력 통학수단이 청소년의 건강에 미치는 신체적·정신적 효과에 주목하였다. 비동력 통학수단의 효과에 대한 기존 연구에서는 자전거 이용 효과를 중심으로 전체 연령층 가구 구성원들을 대상으로 하거나, 특정 학교나 특정 학년·학생 등의 한정된 표본을 대상으로 운동프로그램을 통한 비교측정 방식을 기반으로 진행된 연구들이 대부분이었다. 그러나 청소년기는 학령기와 성인기를 연결하는 과도기로서 신체적·정신적으로 큰 폭의 변화를 경험하는 특별한 시기인 만큼, 이러한 선행연구의 결과를 청소년 전체에 적용되는 결과로 일반화하기에는 무리가 있다. 따라서 본 연구는 전국 17개 시도에 걸쳐 고르게 선정된 800개 중·고등학교 재학생 약 6만 명을 대상으로 진행된 온라인 설문조사 결과를 활용하여, 청소년의 비동력 통학여부가 비만도와 스트레스 정도에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 일반화된 결과를 얻고자 하였다. 특히, 청소년기에 겪는 신체적·정신적인 변화가 비동력 통학 수단의 선택에도 영향을 주기 쉽다는 특성이 있는 만큼, 인과관계를 추론하는 과정에서 발생할 수 있는 내생성의 개연성은 시도별 자전거 도로 비율을 도구변수로 활용하여 통제하고자 하였다. 분석 결과, 1주일 동안 비동력 통학을 하루 더 실行了 경우, 청소년의 체지방과 정신적 스트레스 정도는 각각 1과 0.4 표준편차만큼 감소하는 효과를 보았다.

주제어: 청소년, 비동력 통학, 체지방, 정신적 스트레스, 도구변수

* 본 논문은 교육부 및 한국연구재단의 BK21FOUR 「공감과 혁신을 위한 플랫폼 거버넌스 교육 연구단」에서 지원을 받아 수행된 연구임(관리번호 4120240114838).

** 성균관대학교 국정전문대학원 석박사통합과정(oakga@naver.com), 제1저자.

*** 성균관대학교 국정전문대학원 부교수(don.lee@skku.edu), 교신저자.

I. 연구목적과 배경

걷기와 자전거 타기는 신체활동을 수반하는 가장 대표적인 통학 수단이다(Roy 2008). 특히 자전거는 미비한 도로망으로 통학 여건이 열악했던 한국을 비롯해 여러 개발도상국가에서 장거리 통학의 유일한 수단으로 자리매김해 왔다. 또한 최근 연구보고서에 따르면, 자전거 통학의 긍정적인 사회적 효과에 대해서도 알려진 바 있다. 자전거 통학이 여성 청소년에 대한 범죄를 차단하는 데에 기여할 뿐만 아니라, 여성의 가사에 대한 시간적 부담을 덜어주어 결과적으로 학교 교육기회를 제공하여 여성 인권을 신장시킨다는 연구결과가 보고된 것이다(Brookings 2022).

그러나 한편으로 많은 선진국가에서는 청소년들이 교통안전과 편의성 등의 이유로 승용차나 대중교통을 이용해 통학하는 비중이 점차 늘어나는 추세이다. 예를 들어, 미국은 전통적으로 주거지역 밀집도가 낮아 통학 거리가 긴 편이고 청소년들도 자동차 통학을 더욱 선호하는 분위기이다(Killingsworth et al. 2001; Noreen 2008). 전미 가구 여행 설문조사에서도 알 수 있듯이, 도보 또는 자전거와 같은 비동력 통학수단을 사용하는 5~15세 학생의 비중이 1970년대 48%에 비해 2001년 16% 미만으로 대폭 줄어드는 추세이다(Tudor-Locke et al. 2001). 한국의 경우 도시화의 급속한 진행으로 주거지역이 밀집해 있어 통학 거리가 짧고 비동력 통학이 용이한 환경임에도 불구하고, 승용차를 이용한 통학 비율이 2000년 4.3%에서 2010년 7.2%로 급증하고 있다(김찬성 등 2012). 아울러 테슬라(Tesla) 등 자율주행 기능을 갖춘 전기차 보급이 확산 중인 현재의 분위기를 감안한다면, 앞으로도 통학 수단 중 승용차가 차지하는 분담률은 꾸준히 상승할 것으로 예상된다(박지영 2019).

승용차 통학 선호 현상은 단순히 편의성이란 이유 외에도, 학부모들의 자녀에 대한 통제 및 보호 심리와도 연관이 있다. 가령, ‘맛벌이 가정’의 사교육 집중 등 교육열이 날이 심화되면서, 부모들이 자녀들의 학교나 학원 통학 시 승용차를 동원한 ‘라이딩’을 통해 통학시간을 조금이나마 단축하고 공부 외 관심을 차단하고 싶어 한다. 또한 최근 아동 청소년을 대상으로 한 범죄를 가중처벌하고 있음에도 불구하

고 그 발생 건수는 지속적으로 증가하는 데다, 청소년 간 학교폭력도 심각한 사회 문제로 부각되면서 등하굣길에 대한 사회적 불안과 경각심이 고조되고 있는 것 역시, 통학 시 비동력 교통수단의 선택을 꺼리게 만드는 요인으로 작용하고 있다.

문제는 이렇게 비동력 통학의 비중이 줄어들면서 자연스레 청소년들의 신체활동 기회 또한 줄어든다는 점이다. 이미 학업으로 인한 한국 청소년들의 하루 평균 좌업 시간이 다른 나라 청소년들과 비교하면 매우 높은 수준인데(Lee et al. 2016) 대학 입시에서 학생부 전형에 필요한 내신 비중이 높아진 이후 고등학생들의 학업 부담이 심해지고 있고, 중학생들의 학군지 내 경쟁 및 특목고 진학 경쟁도 과중한 수준이다. 얼마 되지 않는 여가 시간마저 놀이터나 운동장과 같은 과거의 야외활동 장소가 아닌, 집에서 휴대폰이나 게임기를 사용하고, 기껏해야 친구들과 피시방에서 모여 컴퓨터 게임을 하는 요즘의 세태는 운동량을 더욱 현저하게 줄어들게 만드는 요인들로 작용한다. 별도의 고강도 신체운동이나 체육활동을 위한 시간 확보가 쉽지 않은 상황이 지속되면 청소년 비만으로까지 발전될 수도 있는데, 실제 질병관리본부가 조사한 2018년 국민건강영양조사 통계에 따르면 ‘2010-2012년(5기)’에는 10.2%였던 소아청소년 비만율이 ‘2016-2018년(7기)’에는 11.5%로 증가했다. 소아청소년 비만은 지방세포의 개수가 늘어나는 증식성 비만인 경우가 많아 지방세포의 크기만 커지는 성인과 달리 치료가 어렵고, 체중을 감소시켜도 일시적으로 지방세포의 크기가 감소할 뿐 다시 성인 비만으로 쉽게 재발하는 등 만성 비만으로 자리를 잡는 경우가 많기 때문에(노한내 등 2009; 김은영 등 2001), 이는 만성 비만 인구의 절대적 증가라는 사회적 비용의 문제로 이어질 수밖에 없다.

나아가 청소년들이 자전거 타기로 대표되는 비동력 통학수단을 외면하는 추세가 계속된다면, 이는 육체적 효과의 손실뿐만 아니라 정신적·정서적 측면의 효과에 대한 손실로도 연결된다. 걷기와 자전거 타기와 같은 비동력 통학 수단들은 대표적인 유산소 운동이라고 할 수 있는데, 유산소 운동은 스트레스와 우울감을 감소시키는 효과가 있다고 밝혀져 있다. 특히 청소년기에 일상의 지속적인 운동 참여는 긍정적 운동정서를 발생시키는 효과가 있어서(Watson & Clark 1994; 성창훈 1996; 전태준 2005; 김영옥 2007; 김성옥 등 2008) 통학이 별도의 시간 투자 없이도 꾸준히 운동 시간을 확보할 수 있는 좋은 기회인 만큼, 비동력 통학을 통한 꾸준한 유산소 운동은 상당한 정신적·정서적 효과가 있을 것으로 예상되기 때문이다.

이러한 문제의식에 따라 본 연구에서는 걷기와 자전거 등 비동력 통학수단이 청소년들의 건강에 미치는 신체적·정신적 효과에 주목하였다. 한국 사회 전반적으로 볼 때, 2010년대 ‘저탄소 녹색성장’이라는 구호 아래 ‘제1차 비동력·무탄소 교통수단 활성화 종합계획(2012-2016년)’을 수립·추진하는 등 주로 자전거의 친환경·사회적 역할에 주목해 왔지만, 더 이상의 대중화에는 한계점에 이르렀다고 판단되는 만큼, 청소년 개인 차원에서 어떠한 효과가 있는지 면밀한 분석이 필요한 시점이기도 하다. 비동력 통학수단의 효과에 대한 기존 연구에서는, 자전거 이용 효과를 중심으로 일부 청소년을 포함한 전체 연령층 가구 구성원들을 대상으로 진행했거나(강서윤·전희정 2021), 청소년을 대상으로 하더라도 특정 학교나 특정 학년·학생 등 한정된 표본을 대상으로 설문조사 또는 운동프로그램을 통한 비교측정 방식을 기반으로 진행된 연구들이 대부분이었다(김태섭 1993; 박찬규 1997; 고성경 2002; 윤성 2003; 감기동 2007; 강효영 2017; 임영란 2018; 한선임 2018; 성창수 2019). 그러나 청소년기는 학령기와 성인기를 연결하는 과도기로서 신체적·정신적으로 큰 폭의 변화를 경험하는 만큼(Sullivan 1953), 일부 제한된 지역, 연령, 성별을 대상으로 한 선행연구의 결과를 일반화하여 적용하기는 어렵다는 한계점은 분명하다.

따라서 본 연구는 다음과 같은 목적에서 수행되었다. 먼저 비동력 통학수단이 청소년들의 신체 건강은 물론 정신적·정서적 건강에 끼치는 연관성까지 살펴보고자 한다. 감수성이 예민한 청소년기에 신체 건강과 정신적·정서적 건강은 서로 밀접한 연관성을 가지고 있는 만큼, 비동력 통학과의 연관성 또한 함께 고찰하는 것이 중요하기 때문이다. 특히 본 연구는 질병관리청이 매년 발표하는 청소년 건강행태조사 데이터를 활용하여 청소년의 비동력 통학 여부가 비만도와 스트레스 정도에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 일반화된 결과를 얻고자 하였다. 청소년의 비동력 통학이란 변수는 신체적·정신적인 변화에 영향을 주지만, 역으로 청소년기에 겪는 신체적·정신적인 변화가 비동력 통학 수단의 선택에도 영향을 주기 쉽다는 특성이 있는 만큼, 인과관계를 추론하는 과정에서 발생할 수 있는 내생성의 개연성은 시·도별 자전거 도로 비율이라는 도구변수를 활용하여 통제하고자 하였다. 또한 본 연구는 전국 단위 표본인 질병관리청의 청소년 건강행태조사 데이터를 활용하였기 때문에 제시되는 결과의 외적 타당성 제고 측면에서도 의의를 갖는다고 할 수 있다.

II. 이론적 논의와 선행연구 검토

1. 비동력 통학이 청소년의 신체적 측면에 미치는 영향

자전거 이용과 같은 비동력 통학은 신체적 측면에서 키, 비만도 등 신체조성에 영향을 주는 체격적인 효과와 민첩성, 근력 등에 영향을 미치는 체력적인 효과를 가져온다. 국내 연구 중 비동력 통학이 청소년의 체격적 측면에 미친 영향을 분석한 연구로는 등·하교 시 빠르게 걸은 초등학생들에게서 체중, 체지방률이 감소하고 성장호르몬이 분비되었다는 연구(강효영 2017)와 자전거 통학이 특히 남학생들의 골격근량, 팔·다리·몸통 근육량, 기초대사량을 증가시켰다는 연구(임영란 2018; 성창수 2019)가 있다. 다만 자전거로 통학한 실험집단 청소년들의 신장·체중(김태섭 1993), 체질량지수(감기동 2007), 내장·피하 지방 등 체지방량(성창수 2019) 비교 집단의 그것과 비교해 유의미한 차이가 없었다는 연구들도 보고된 바 있어¹⁾ 체격적 효과 유무는 다소 불분명해 보인다.

반면, 체력적인 측면을 살펴본 선행연구에서는 비동력 통학의 보다 많은 효과들이 보고된 바 있다. 청소년의 자전거 통학은 유연성, 순발력, 근지구력 향상을 통해 건강 체력을 증진시키는데(박찬규 1997; 감기동 2007; 강효영 2017; 한선임 2018), 특히 남학생의 경우 근력·유연성을, 여학생의 경우 순발력을 향상시킨다고 밝혀졌다(성창수 2019). 또한 비동력 통학이 유산소 운동의 일종인 만큼, 심폐·호흡기능이 크게 향상되었고(고성경 2002; 윤성 2003), 협심증 등 질환 예방에도 효과가 있었다(고성경 2004).

해외에서는 비동력 통학에 대해 주로 자전거 사고부상의 심각성, 헬멧 의무 착용과 안전교육 등 교통안전 측면의 연구가 많았지만, 녹색성장·탄소중립이 화두로 떠오르게 된 2000년대 들어 비동력 통학의 효과와 관련된 연구결과들이 다수 보고되기 시작했다. 특히, 일부 연구에서 청소년들의 체격, 체력에 미치는 긍정적 효과를 보고하였다. 걸거나 자전거로 통학한 그룹 중, 남학생은 방과 후 저녁 시간에도 신

1) 이는 실험집단 학생들의 평균 거리나 운동강도가 충분치 않았을 개연성도 감안해 볼 수 있다.

체활동이 활발했고(Cooper 2003), 비동력 통학 그룹에서 심혈관 건강도 크게 개선되었다(Cooper 2006). 또한 포르투갈에서는 걸어서 통학한 여학생의 허리둘레, 체중, 콜레스테롤 수치가 낮아 대사증후군 위험도가 낮았고(Pizarro 2014), 노르웨이에서는 자전거로 통학한 남학생의 피부주름이 적고, 심폐 건강이 좋았으며(Lars 2013), 스페인에서는 비동력 통학이 남학생의 민첩성과 여학생의 하체 근력을 발달시켰다고(Emilio 2015) 보고되는 등 다양한 국가에서 비동력 통학의 체력적 효과를 실증한 바 있다.

반면 직접적인 효과는 없다는 결과도 보고되었는데, 도보로 통학한 초등학생에게서 그렇지 않은 학생과 비교해 심혈관 건강 측면에서 유의미한 차이점이 없었다거나(Sleap 1993), 비동력 통학이 청소년의 신체 활동시간을 늘려주지만, 그 자체로 체지방량 또는 체질량지수에 획기적인 영향을 미치지 않는다는 등 직접적인 효과를 부정한 연구결과(Lands berg 2008)도 있다. 일부 연구에서는 비동력 통학이 심폐 체력에 미치는 유의미한 효과가 나타나지 않았는데(Emilio 2015), 이는 걷기와 자전거의 분명한 건강효과에도 불구하고, 일반적인 비동력 통학 거리가 신체적 효과를 나타내기에는 다소 부족했기 때문이었던 것으로 보인다(Sleap 1993). 이와 비슷한 맥락에서, Rosenberg(2006)도 비동력 통학에 대한 2년간의 실험 후, 비동력 통학의 유무가 비만도에 유의미한 차이를 가져오지는 않았다고 밝히고 있다.

2. 비동력 통학이 청소년의 정신적 측면에 미치는 영향

비동력 통학은 청소년의 신체적 측면뿐 아니라, 정신적 측면에도 중요한 영향을 미친다. 도보, 자전거 타기와 같은 유산소 운동은 비만도 조절에 영향을 줄 뿐만 아니라, 청소년들이 느끼는 주관적 체력이나 운동정서에도 긍정적인 영향을 미치기 때문이다(도광희 2015). 반면에 운동 부족으로 인한 소아청소년들의 육체적 비만은 스트레스·우울감 등 정신건강의 문제로 이어질 수 있고, 심할 경우 학교 내 ‘집단 따돌림’을 당하는 원인으로 작용하기도 한다(김혜신 외 2015; 강나리 외 2016; 김진희 2012). 비동력 통학과 같은 활동의 운동 효과가 정신적·정서적 측면에 미치는 영향은 의학적으로도 설명이 가능하다. 운동은 우울증이나 조울증 등 기분장애 증상을 직접적으로 경감시키는데, 그 과정은 생물학적 기전과 정신학적 기전으로 설명된다. 생물학적 기전에 따르면, 운동은 부신피질 자극호르몬, 코티솔, 엔도르핀, 카테콜라민, 사이토카인과 같이 농도가 부족해질 경우 기분장애를 일으키는 요소들

의 분비를 촉진시킨다는 것이다. 한편, 정신학적 기전으로는 성취감으로 인해 기분 상승을 일으킨다는 성취감 가설, 일상 스트레스를 일시적인 기분 전환으로 감소시킨다는 주의전환 가설, 운동하는 과정에서 사회적인 관계로 인해 행복감을 느낄 수 있다는 사회적 상호작용 가설 등으로 설명할 수 있다(이현건 2008).

청소년의 운동 참여가 실제 스트레스 수준을 감소시킨다는 점은 설문 및 실험 연구 결과를 통해서도 상당수 보고되고 있다. 김명희(2005)는 중학생의 과외 자율 체육활동 참여(참여 유무 및 빈도 등)가 스트레스 항목 중 우울증을 감소시킨다는 점을 밝혔고, 추건이 외(2005) 또한 여고생의 과외 자율 체육활동 참여가 우울증·적대감, 공포·불안을 줄인다고 보고하였다. 정하영(2014)은 학교 스포츠 클럽에 등록해 체육활동에 참여한 여중생은 그렇지 않은 학생에 비해 학업 스트레스가 낮았다는 점을 보고했다. 특히 이현건(2008)은 저강도 운동인 걷기 운동 및 보행교육만으로도 중학생의 우울 정도가 감소하였음을 밝혔다.

자전거 운동의 스트레스 감소에 대한 일반적 효과에 관해서도 다양한 선행연구를 통해 알 수 있다. 강현식(2008)은 자전거 타기가 단조로운 코스를 반복하여 걷거나 뛰는 것보다 지루함, 우울증, 심리적 스트레스 수준을 낮추고, 나아가 기분 전환 및 자아감 고취의 효과가 있다고 밝혔다. 김이남(2008)은 직장인들의 MTB(Mountain Bike) 동호회 참여 활동이 여가만족도와 직무만족도를 향상시켰다고 보고했다. 한편, 안균섭(2015)은 자전거 활동의 정신적 효과에 대해 다음과 같은 흥미로운 두 가지 결과를 소개했다: 첫째, 활동의 기간과 횟수가 주행거리보다 여가만족도에 유의미한 영향을 주었고, 둘째, 활동 참여경험은 긍정적 생활만족도·자신의 일생을 가치 있고 성공적 인생이었다고 인정하는 것으로서 심리적 안정감이나 주관적 복지감을 얻는 감정 상태(최윤정 2011)-에 유의미한 효과는 없지만, 부정적 생활만족도(본인의 삶을 실패한 인생이라고 평가하는 감정상태)를 감소시키는 효과가 있음을 확인했다.

특히 청소년의 자전거 통학에 대한 구체적 효과에 대해서는, 최근 연구에서도 다음과 같이 분명히 밝히고 있다. 한태경 외(2016)는 고등학생의 경우 도보 통학 그룹의 학업스트레스와 공격성이 자가용·대중교통 이용 그룹보다 낮다는 것을 발견했는데, 비동력 통학이 어려울 수 있는 5km 이상의 등·하교 거리, 20분 이상의 등·하교시간 조건에 해당되는 그룹에서 스트레스와 공격성이 가장 높다는 점을 확인하였다. 한편, 이재정(2016)은 고등학생 대상 설문조사 결과, 자전거 통학 그룹이 도보나 대중교통 통학 그룹에 비해 체형의 차이는 없어도, 수업·공부에 대한 스트

레스가 낮고 학업성취도가 높았다는 점을 발견하였다.

III. 연구가설 및 주장

지금까지의 선행연구를 정리하면, 비동력 통학은 전반적으로 청소년의 신체적, 정신적 측면에 다양하게 영향을 미칠 수 있는 잠재성이 크다고 요약할 수 있다. 물론, 성별에 따라 그 효과의 차이가 다소 존재할 수 있고, 활동의 빈도, 기간, 강도에 따라서 영향력의 편차가 있을 수 있지만 종합적으로 다음과 같은 논리적 전개가 가능하다.

우선 신체적인 측면에서 볼 때, 비동력 통학과 같이 규칙적이고 반복적인 신체 활동은 근육량과 기초대사량을 증가시킬 뿐만 아니라(임영란 2018; 성창수 2019), 복부비만의 감소 효과와 같은(성창수 2019) 신체적 변화를 가져오기도 한다. 또한 유연성, 순발력, 근지구력 향상을 통해 건강체력을 증진시키는 효과(박찬규 1997; 감기동 2007; 강효영 2017; 한선임 2018), 근력, 유연성 및 순발력을 향상시키는 효과(성창수 2019), 그리고 유산소 운동 효과와 유사한 심폐·호흡기능 향상(고성경 2002; 윤성 2003) 및 협심증 예방 효과가 선행연구를 통해 밝혀진 바 있다(고성경 2004).

이는 국내로 그 연구대상을 한정짓지 않고 해외 사례를 참고하더라도, 비동력 통학의 신체적, 체력적 측면의 효과를 충분히 근거로 제시할 수 있다. 가령 비동력 통학은 학생들의 허리둘레 및 체중을 감소시킴으로써 콜레스테롤 수치를 낮추고 대사 증후군의 위험도를 감소시킬 뿐만 아니라(Pizarro 2014), 심폐 건강에 긍정적 영향을 미쳤으며(Lars 2013), 학생들의 민첩성과 하체 근력을 발달시키는 데에(Emilio 2015) 효과가 있음을 실증한 바 있다. 아울러 비동력 통학을 한 학생들은 그렇지 않은 학생그룹에 비해 방과 후에도 신체활동을 활발히 했다는 근거를 통해(Cooper 2003), 비동력 통학의 추가적인 신체활동 유발효과까지 확인할 수 있는 것이다.

신체적 측면에 대한 비동력 통학의 효과를 종합하면, 학업 부담으로 중·고등학교생들이 운동시간을 확보하기 쉽지 않은 세대에서, 도보나 자전거 같은 비동력 통학 수단을 이용하는 것은 상당한 운동량을 유지할 수 있는 기회가 될 것이다. 단순히 키나 몸무게 같은 체격적인 변수에는 유전적 요인이 크게 작용하게 되나, 운동을

통한 칼로리 소모는 비만도를 낮추는 효과가 있고, 특히 비동력 통학의 유무가 분명한 중·고등학교 학생들을 대상으로 분석할 경우, 이러한 효과의 차이는 두드러질 것으로 예상된다. 이러한 논의를 토대로 이 연구에서는 다음과 같은 비동력 통학의 신체적 측면의 효과를 첫 번째 가설로 제시하고자 한다.

가설 1: 중·고등학생의 도보·자전거를 활용한 비동력 통학은 비만도를 감소시킬 것이다.

정신적 측면에서 볼 때, 비동력 통학에 대한 선행연구 결과는 신체적 측면에 대한 영향보다 더 일관적이고 확실한 효과가 있음을 보여준다고 정리할 수 있다. 청소년의 육체적 비만이 그들의 정신건강에 직접적 또는 간접적으로 큰 영향을 줄 수 있다는 점(김혜신 외 2015; 강나리 외 2016; 김진희 2012)을 감안하면, 비동력 통학의 운동 효과로 인한 비만도의 감소는 청소년의 정신건강에도 긍정적 영향이 있을 것이라고 유추해 볼 수 있고, 실제 그들의 주관적 체력, 운동정서와 같은 인식적 측면에도 긍정적인 영향을 준다고 밝혀졌다(도광희 2015). 정신적 측면에서 좀 더 구체적인 효과를 살펴보다라도, 비동력 통학은 우울증 감소에 효과가 있을 뿐만 아니라(김명희 2005; 이현건 2008; 추건이 외 2005), 적대감, 공격성, 공포불안과 같은 부정적 성향을 완화시키는 데에도 영향을 미친다는 것(추건이 외 2005; 한태경 외 2016)을 알 수 있었다. 아울러 주목할 점은, 청소년기에 있는 중·고등학생들이 많이 겪는 학업 관련 스트레스에도 비동력 통학이 직접적인 효과가 있다는 것인데, 실제 이를 감소시키는 한편(정하영 2014; 한태경 외 2016), 학업성취도에도 긍정적 영향력을 행사한다는 것 또한 밝혀졌다.

정리하면, 청소년기는 학업과 진로 고민으로 정신적 스트레스가 많은 시기인 반면, 취미나 여가 활동 등 스트레스를 해소할 창구가 마땅치 않아 PC나 모바일 게임에 빠져드는 사례가 적지 않다. 하지만, 운동은 의학적으로는 우울증, 조울증 등 기분장애 증상을 직접적으로 경감시킬 뿐 아니라, 정신적으로도 성취감으로 인한 기분 상승, 일시적인 기분 전환, 사회적 상호작용으로 인한 행복감 고취 등의 운동 효과가 있다. 특히 외모에 관심이 많은 청소년들에게 운동을 통한 균형 잡힌 몸매 만들기는 자기만족과 보람감 등 긍정적 운동정서를 고취시킬 수 있다. 따라서 중·고등학생의 도보·자전거 통학은 정신적 스트레스를 낮추는 효과가 있을 것이다.

가설 2: 중·고등학생의 도보·자전거를 활용한 비동력 통학은 정신적 스트레스를 감소시킬 것이다.

IV. 조사설계

1. 분석대상

본 연구는 질병관리청이 매년 국민건강영양조사와 함께 발표하는 청소년건강행태조사 데이터를 활용했다. 청소년건강행태조사는 전국 17개 시·도에 걸쳐 고르게 선정된 800개(모집단인 전체 중·고등학교 수의 15%) 중·고등학교 재학생 약 6만 명이 참여한 가운데, 익명성 자기기입식 온라인 조사방식으로 진행된다. 이 조사의 목적은 흡연, 음주, 신체활동, 식생활, 비만, 정신건강 등 15개 영역에 걸친 105개 설문문항을 통해 청소년들의 건강행태를 파악하고, 학교 차원에서 건강증진 대책 및 프로그램 개발 등 청소년 건강정책을 수립하는 데에 있다. 청소년건강행태조사에 대한 개요는 <표 1>과 같다.

<표 1> 청소년건강행태조사 조사개요

내용	
조사대상	중1-고3 학생 약 6만 명(17개 시·도, 모집단 학교 수의 15%인 800개 교)
조사방법	익명성 자기기입식 온라인 조사(표본학교 전산실 내 일괄참여 조사)
조사기간	매년 6-7월
조사항목	15개 영역 105개 문항(흡연, 신체활동, 식생활, 비만, 정신건강 등)

본 데이터는 조사대상 학교를 선정하기 위해 시·도 및 대·중소 도시 등 세부 유형별로 우선 할당한 후 학교 개수를 비례배분하여 선정하였고, 조사학생 수 또한 6만 명에 달하는 방대한 규모여서 신뢰성 있는 비교분석이 가능케 하였다. 다만, 본 데이터는 동일한 조사대상을 매년 추적 설문하는 구조가 아닌 만큼 2019년 데이터를 활용하였는데, 이후 발표된 2020, 2021년 데이터는 코로나19 유행 이후의 데이터들이라 잦은 휴교 및 온라인 수업 등으로 통학횟수가 줄어들었고, 줄어든 정도

또한 시·도 및 도시유형별로 편차가 커서 비동력 통학이 청소년들의 신체 및 정신 건강에 미치는 영향을 제대로 파악하기 어렵기 때문이다.

2. 종속변수 및 설명변수

본 연구의 목적은 청소년의 비동력 통학 여부가 비만도와 정신적 스트레스 정도에 어떠한 영향을 미치는지 일반화된 결과를 얻는 것이다. 이에 종속변수는 비만도와 정신적 스트레스에 대한 각각의 측정치를 활용하였다. 신체건강 수준을 파악하기 위한 변수로 선정한 비만도는 체질량지수인 BMI 지수를 활용했고, 정신건강 수준을 이해하기 위한 변수로 선정한 정신적 스트레스 정도는 중·고등학생들이 평상시 느끼는 스트레스 정도를 리커트 5점 척도를 활용해 수치화했다. 즉, ‘대단히 많이 느끼는 경우’를 5점으로, ‘전혀 느끼지 않는 경우’는 1점으로 산정하였다.

설명변수는 청소년건강행태조사 설문문항 중 ‘비동력 통학의 횟수’를 활용하였는데, ‘최근 7일 동안 통학을 포함해 장소를 이동할 때 걷거나 자전거를 이용한 일수’를 리커트 8점 척도를 활용해 수치화했다. 즉, ‘주 7일’을 8점으로, ‘전혀 하지 않았다’는 1점으로 산정하였다. 비록 비동력 수단을 이용한 통학 기간이나 통학 거리까지 반영할 수는 없었지만, 조사대상인 학교 개수가 모수인 전체 학교의 15%에 달하고 전체 조사의 응답자가 약 6만 명일 정도로 규모가 큰 데다, 지역별·학년별 대표성을 고려해 선정된 만큼 비동력 통학을 대표할 수 있는 자료라 할 수 있다.

3. 통제변수 및 도구변수

청소년들의 비만도나 정신적 스트레스 정도는 비동력 통학 여부 외에도 수많은 생활습관과 건강행태 관련 요소들로부터 영향받을 가능성이 상당한 만큼, 예상 가능한 변수들에 대한 통제가 필요하고, 나아가 상정하기 어려운 수많은 외생변수들 까지도 제어하는 것이 분석모형 수립에 가장 중요한 과제라고 할 수 있다. 우선 비동력 통학 외에 비만도와 정신적 스트레스 정도에 영향을 미칠 수 있는 주요 변수들을 통제변수로 삼고자 하였는데, 성별, 연령, 학업 성적, 사회경제적 수준과 주거 조건을 비롯해 생활습관 항목(인터넷 사용, 음주 여부, 흡연 여부, 패스트푸드 섭취 등)들을 설정하였다. 각 통제변수는 다음 <표 2>에 정리된 내용과 같이 변수값들을 설정하였다.

<표 2> 통제변수 세부내용

변수 구분		설명
성별		남자0/여자1
연령(고등학생 여부)		중학생0/고등학생1
학업 성적		최근1년간 학업성적(상5/중상4/중3/중하2/하1)
사회경제적 수준		가정의 경제적 상태(상5/중상4/중3/중하2/하1)
주거 조건		거주형태(가족·친척집1/ 하숙 자취, 기숙사, 보육시설0)
생활습관	인터넷 사용	주중 학습 외 목적으로 인터넷 사용 여부(미사용0/사용1)
	음주 여부	제사 및 종교 목적 외 음주 여부(없음0/있음1)
	흡연 여부	흡연 여부(없음0/있음1)
	패스트푸드 섭취	최근 7일 동안 패스트푸드를 섭취한 날의 수

이밖에도 회귀모형을 통해 설명변수와 종속변수 간 상관관계를 발견하더라도 인과관계를 설명하려면 이들 변수 간에 존재할 수 있는 내생성을 처리해야 한다는 문제가 남는다. 내생성은 회귀모형의 설명변수와 오차항 사이에도 상관관계가 존재하는 경우로, Gauss-Markov theorem의 가정 중 하나인 변수의 외생성을 위배하기 때문에 실제 설명변수의 효과보다 작거나 크다는 결론을 내리게 된다(권남호 2018). 특히 본 연구는 종속변수와 설명변수 모두 활동 요소를 반영하는 특성상 내생성이 존재할 가능성이 큰데, 비동력 통학을 통해 비만도를 낮추는 경우가 있는가 하면 비만도가 높거나 과도한 스트레스 때문에 비동력 통학을 선택하지 않는 등, 이른바 설명변수가 종속변수와 동시에 결정되는 동시성이 존재할 가능성이 있다.

이에 본 연구에서는 설명변수와 종속변수 간 인과관계를 추정하는 과정에서 상호적 관계성 등 내생성이 발생할 개연성을 제거하기 위해 도구변수를 활용했다. 도구변수란 설명변수 중 도구변수로만 설명될 수 있는 부분만을 떼어내어 오차항이 0으로 추정될 수 있는 상태에서 이를 종속변수와의 상관관계를 분석하는 것이다. 주로 경제학 등 사회과학 분야에서 자주 활용되는 분석방법으로 실증연구에서 내생성 문제를 해결할 수 있는 주요 분석방법 중 하나이다. 이를 위해 대표적인 도구변수 분석방법인 2단계 최소제곱법(2SLS)을 사용했는데, 2SLS은 2개의 회귀모형을 순차 적용하는 방식으로 1단계에서는 도구변수와 설명변수를 활용한 일반 회귀분석

을 통해 설명변수의 추정치를 도출해 외생변수로 삼고, 2단계에서 이를 종속변수와 의 일반 회귀분석으로 모수를 추정한다.

도구변수가 성립하기 위해서는 외생성, 연관성, 배제가능성의 조건들이 충족되어야 한다. 첫 번째 조건인 외생성은 도구변수가 누락된 변수들과 상관관계가 없고 종속변수와도 역의 인과관계가 없어야 한다는 개념이다. 이는 통계적으로 검정할 수는 없고, 이론, 제도 등의 논리를 사용하여 외생성 충족 여부를 판단하는 것이 바람직하다(우석진 2013). 두 번째 조건인 연관성은 도구변수가 설명변수와 연관성이 있어야 함을 의미한다. 이는 통계적으로 검정이 가능한데, ‘도구변수의 회귀계수가 0이 아니다’라는 귀무가설이 기각되는 경우 연관성이 충족되는 것으로 본다. 세 번째 조건은 배제가능성으로 도구변수가 오직 설명변수만을 통해서 종속변수에 영향을 미쳐야지, 다른 외생적 요인을 통해 종속변수에 영향을 미쳐서는 안 된다는 개념이다.

이 연구의 도구변수로는 비동력 통학 일수에 영향을 미칠 수 있는 요인 중 하나인 시·도별 자전거 도로 비율을 활용했다. 자전거 도로 비율이 전술한 도구변수가 성립하기 위한 조건에 부합하는지 검토해보면, 첫째, 자전거 도로 비율은 <표 2>에 제시된 일련의 통제변수들과 상관관계가 없고, 종속변수인 비만도, 정신적 스트레스 정도와의 역의 인과관계도 성립한다고 보기 어려워 외생성을 충족시킨다. 다만, 시·도별 자전거 정책이 청소년 건강정책 등과 상관관계를 가질 가능성을 감안해, 시·도별 자전거 도로 비율이 시·도 차원의 청소년 정책과 갖는 상관관계를 확인하였다. 이를 위해 2019년 시·도별 교육청 예산 중, 학생 1인당 체육교육 내실화 예산²⁾과의 관계를 분석한 결과, 통계적으로 유의하지 않다는 결과(-0.259 , $p\text{-value}=0.315$)가 도출되었다. 이는 지방교육재정이 ‘교육특별회계’라는 이름으로 지방자치단체의 일반회계로부터 분리되어 시·도 교육감이 독립적으로 편성과 운용을 관장(지방교육재정알리미 홈페이지)하다 보니, 자전거 도로를 확충하는 시도청의 재정 운용방향과는 연관성이 크지 않기 때문으로 보인다. 둘째, 자전거 도로 비율은 시·도별로 자전거 친화적인 환경이 어떻게 조성되어 있는지 나타낼 수 있는 지표라는 점에서 설명변수와의 연관성도 만족시킨다고 볼 수 있다. 특히 자전거 도로 비율은 시·도별 자전거 활성화 정책 추진의지를 나타내는 지표인 만큼, 이 비율이 높은 곳

2) 체육교육내실화 사업은 학교체육활성화지원, 체육육성종목지원, 학교체육시설여건개선 등의 세부 사업들로 구성.

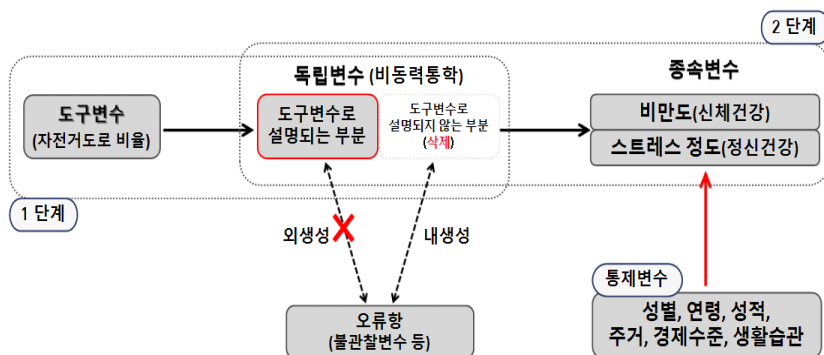
은 단순히 자전거 통학의 용이성을 넘어 자전거 주차장, 헬멧 보급 등 자전거 이용에 영향을 미치는 부대 시설들도 보다 원활하게 갖췄을 것으로 예상해 볼 수 있다. 아래 소개할 연구결과에서도 살펴볼 수 있듯이, 시·도별 자전거 도로 비율은 비동력 통학과 양의 상관관계를 가진 것으로 나타났다. 세 번째 조건인 배제가능성 또한, 자전거 도로 비율이 다른 외생변수를 통해 청소년의 비만도나 정신적 스트레스 정도에 영향을 미친다고 보기 어려워 본 연구에서 도구변수로 활용하기 적합하다는 사실을 알 수 있다.

구체적인 자전거 도로 비율 통계는 통계청 국가통계포털(KOSIS) 자료를 바탕으로, 청소년건강행태조사 조사와 동일하게 2019년 자료를 활용하였다. 전국 시·도별로 전체 도로(고속·일반국도를 제외한 특별·광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도를 합산)에서 자전거 도로가 차지하는 비율을 계산했고, 자전거 도로에 포함시킬 수 있는 자전거 전용도로, 자전거 보행자 겸용도로, 자전거 전용차로, 자전거 우선도로의 길이를 모두 더해 비율을 환산·적용하였다. 그 결과 한국은 미국 등 기타 선진국에 비해 자전거 도로 보급이 활성화되지 않은 편으로 나타났는데, 국내에서도 시·도별 편차가 커서 작게는 서울시의 10%대에서 크게는 신도시에 해당하는 세종시의 50%로 나타났다.

<표 3> 시·도별 자전거 도로 비율(통계청 2019)

전국 시·도별	자전거도로 비율(%)	전국 시·도별	자전거도로 비율(%)
전국	21.43	경기도	40.18
서울특별시	11.31	강원도	16.74
부산광역시	13.62	충청북도	18.08
대구광역시	36.03	충청남도	17.96
인천광역시	27.73	전라북도	16.60
광주광역시	35.44	전라남도	12.98
대전광역시	35.96	경상북도	16.34
울산광역시	34.75	경상남도	14.63
세종특별자치시	50.80	제주특별자치도	41.83

이상의 변수에 대한 설명들을 종합한 이 연구의 설명변수, 종속변수, 통제변수, 도구변수 등을 활용한 분석모형은 <그림 2>와 같다. 추가로 부록 <표 1>에는 분석 모형에 활용된 모든 변수의 기초통계값을 제시하였다.



<그림 2> 연구의 분석모형

자료의 분석은 R프로그램(R-4.2.1)상에서 2단계 최소제곱추정법(2SLS)을 통하여 회귀분석을 실시하였다. 통계프로그램으로 R프로그램을 활용한 이유는 본 연구의 표본 수가 큰 편일 뿐 아니라 도구변수까지 활용한 2SLS 회귀분석을 원활하게 진행하는 데에는 해당 프로그램이 적합했기 때문이다.

V. 분석결과

분석결과에 대한 제시는 위에서 논의한 두 개의 가설을 순서대로 검정하는 방식으로 진행하였다. 각각의 가설에 대한 검증결과는 개별적인 표로 내용을 담았다. 우선 <표 4>의 모델 2를 통해, 본 연구의 첫 번째 가설인 ‘중·고등학생의 도보·자전거를 통한 비동력 통학은 비만도를 감소시킨다’를 검정해 보았다. 그리고 <표 4>의 모델 3을 통해, 본 연구의 두 번째 가설인 ‘중·고등학생의 도보·자전거를 활용한 비동력 통학은 정신적 스트레스를 감소시킨다’를 검정하였다. 검정결과에 대한 구체적인 내용 소개와 논의는 다음과 같다.

1. 중·고등학생의 도보·자전거 통학이 비만도에 미치는 영향

<표 4> 중·고등학생의 도보·자전거 통학이 비만도에 미치는 영향

	모델 1	모델 2	모델 3
	First-stage Model 중속: 비동력 통학	Second-stage Model I 중속: 체지방	Second-stage Model II 중속: 정신적 스트레스
(도구) 자전거 도로비율	0.194** (0.097)		
(독립) 비동력 통학		-3.259*** (0.612)	-0.385** (0.170)
여성	0.137*** (0.024)	-0.742*** (0.089)	-0.366*** (0.025)
학업 성적	0.157*** (0.011)	0.379*** (0.097)	0.093*** (0.027)
사회경제적 수준	-0.067*** (0.014)	-0.312*** (0.045)	0.071*** (0.012)
주거 조건	0.762*** (0.055)	2.640*** (0.474)	0.392*** (0.131)
고등학생	-0.294*** (0.025)	0.274 (0.183)	-0.178*** (0.051)
인터넷사용 습관	0.434*** (0.028)	1.480*** (0.268)	0.134* (0.074)
흡연 여부	-0.115*** (0.041)	-0.260*** (0.085)	-0.172*** (0.024)
음주 여부	0.032 (0.027)	0.428*** (0.038)	-0.142*** (0.011)
패스트푸드 섭취	-0.062*** (0.014)	0.380*** (0.041)	-0.085*** (0.012)
Intercept	4.271*** (0.089)	36.163*** (2.643)	4.331*** (0.733)
N	57,303	55,748	57,303

Note: Robust standard errors in parentheses. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

먼저 본 연구에 활용된 2단계 최소제곱 추정법을 통해, 1단계에서 도구변수와 독립변수 간의 회귀분석을 통해 내생성을 제거하는 것이 핵심요소인데, <표 4>의 모델 1에서 도구변수인 자전거 도로비율이 독립변수인 비동력 통학 비율에 통계적으로 유의미한 영향을 준 것을 확인할 수 있다. 이는 자전거 도로비율이 도구변수로서 적합함을 보여준다. 또한 최소제곱 추정법의 2단계에서는 독립변수인 비동력 통학 비율과 종속변수인 체지방률의 관계를 확인하게 되는데, <표 4>의 모델 2에서 독립변수가 종속변수에 부정적이고 통계적으로 유의미한 영향을 띤 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 이 연구의 첫 번째 가설대로 자전거와 도보를 이용한 비동력 통학은 비만도에 강한 음의 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

아울러 <표 4>의 모델 2에 나타난 비동력 통학의 실질적인 양적 효과도 상당하다고 볼 수 있는데, 1주일 동안 비동력 통학을 하루 더 실행한 학생의 경우 체지방이 학생 전체 평균의 16.4%에 해당하는 만큼 감소하는 효과를 겪었다.

모델 2에서 통제변수로 활용된 사회경제적 요인들과 생활습관 관련 변수들의 경우, 여성일수록, 사회경제적 수준이 높을수록 비만도에 음의 영향을 나타냈고, 반면에 성적이 높을수록, 가족과 같이 거주할수록 비만도에는 양의 영향을 미쳤다. 또한, 흡연 경험의 경우, 체지방률에 부정적 영향을 준 반면, 음주경험이 있거나 패스트푸드 섭취 빈도가 높을수록 체지방률을 증가시키는 효과가 있었다.

2. 중·고등학생의 도보·자전거 통학이 정신적 스트레스 정도에 미치는 영향

본 연구의 두 번째 가설을 검정하기 위해서, 첫 번째 가설 검정 과정과 마찬가지로 2단계 최소제곱 추정법을 거쳤다. <표 4>의 모델 1에서 확인할 수 있듯이, 1단계에서 도구변수와 독립변수 간의 회귀분석을 통해 내생성을 제거한 후에는 모델 3의 2단계를 거쳐 독립변수인 비동력 통학이 종속변수인 정신적 스트레스 정도에 미치는 영향을 확인하였다. 모델 3에서 독립변수가 종속변수에 부정적이고 통계적으로 유의미한 영향을 띤 것을 통해, 이 연구의 두 번째 가설인 자전거와 도보를 활용한 비동력 통학이 정신적 스트레스 수준을 감소시킨다는 것이 실제 밝혀졌음을 알 수 있다.

<표 4>의 모델 3에 나타난 비동력 통학의 실질적인 양적 효과를 살펴보면, 1주일 동안 비동력 통학을 하루 더 실행한 학생의 경우 정신적 스트레스 정도가 학생 전체 평균의 14%에 해당하는 만큼 감소하는 효과를 보았다.

통제변수의 경우, 사회경제적 요인들 중에서는 여성일수록 음의 상관관계를 보인 가운데, 학업 성적이 높을수록, 사회경제적 수준이 높을수록, 가족들과 거주할수록 종속변수와 양의 상관관계를 보였다. 또한, 별다른 상관관계를 보이지 않았던 비만도의 경우와는 달리, 정신적 스트레스 수준의 경우 고등학생인 경우 음의 상관관계를 보였다. 생활습관의 경우, 흡연경험이 있거나, 음주경험이 있을수록, 또 패스트푸드 섭취 빈도가 늘수록 정신적 스트레스 정도와는 음의 상관관계를 보였고, 인터넷 사용 습관은 정신적 스트레스 정도와 약한 양의 상관관계를 보였다.

3. 분석결과와 강건성 검증

본 연구에서는 <표 4>에서 제시한 바와 같이 도구변수를 활용한 2단계 최소제곱 추정법을 통해 비동력 통학이 체지방과 정신적 스트레스를 감소시키는 효과가 있다는 것을 보여주었다. 여기서는 몇 가지 추가 분석결과를 제시함으로써, <표 4>의 결과가 갖는 강건성을 검증하고자 한다.

첫째, 이 연구에서는 비동력 통학의 횟수에 초점을 맞춰 독립변수를 선택하였는데, 비동력 통학의 강도 역시 체지방이나 정신적 스트레스에 영향을 줄 수 있는 바, 비동력 통학 1회에 소요되는 평균 시간을 추가로 분석모형에 포함시켰다. 그 결과는 부록의 <표 2>에 제시하였다. 분석결과, 비동력 통학 변수의 계수값이 통계적으로 유의할 뿐만 아니라 본문 <표 4>의 그것과 비교할 때 체지방과 정신적 스트레스 감소 효과가 더 큰 것으로 나타났다. 이는 비동력 통학의 빈도 자체도 중요하지만, 그만큼 활동의 강도 역시 중요한 의미를 갖는다는 것을 보여주는 결과라 하겠다.

둘째, 2단계 최소제곱 추정법을 통한 분석결과는 일반적으로 OLS 회귀분석 결과와 비교된다는 측면에서 부록의 <표 3>에 그 결과를 제시하였다. 시·도 고정효과를 포함하거나 포함하지 않은 OLS 회귀분석 결과, 비동력 통학의 계수는 2단계 최소제곱 추정법의 그것과 동일하게 음(-)으로 나타났지만 체지방 감소에 대한 영향은 통계적으로 유의하지 않았고, 정신적 스트레스 감소에 대한 영향은 통계적으로 유의하였으나 상대적으로 훨씬 미미한 양적 효과를 보였다.

마지막으로, 도구변수가 오직 설명변수만을 통해서 종속변수에 영향을 미쳐야 한다는 배제가능성 조건을 충족시키는지 확인하기 위해, 부록의 <표 5>에서 이에 대한 검증을 시도하였다. 먼저, 모델 1과 모델 3에서는 다른 모든 통제변수를 포함한 상태에서 도구변수인 자전거 도로비율이 종속변수인 체지방과 정신적 스트레스

미치는 영향을 각각 확인하였고, 모델 2와 모델 4에서는 도구변수인 자전거 도로 비율과 함께 독립변수인 비동력 통학을 함께 포함시켜 체지방과 정신적 스트레스에 미치는 영향을 살펴보았다. 분석결과, 모델 1, 3에서 도구변수는 종속변수에 음의 영향을 주면서 유의한 효과를 나타냈으나, 모델 2, 4에서 독립변수가 함께 포함된 경우에는 도구변수가 통계적으로 더 이상 유의하지 않다는 것을 확인할 수 있었다.

VI. 연구의 의의 및 정책적 함의

1. 연구의 의의

본 연구에서는 국내 중·고등학생들을 대상으로 도보나 자전거를 활용한 비동력 통학이 비만도 및 정신적 스트레스 수준에 미치는 영향을 분석했다. 기존 선행연구들을 살펴보면, 특정 지역 내에서 한정된 모수를 상대로 설문조사를 진행하거나 몇 주라는 단기간 동안의 실험을 통해 신체적·정신적 건강에 미치는 효과를 발견한 연구는 있지만, 종속·독립변수 사이에 나타난 효과가 일관적이지 않아 그 결과를 일반화하기에는 다소 어렵다는 지적이 있어 왔다. 선행연구에서 나타난 이러한 한계점을 극복하기 위해 본 연구에서는 모수가 6만 명에 이르는 청소년 건강행태조사 데이터를 활용하여 비동력 통학이 비만도 및 정신적 스트레스 수준에 미치는 효과의 인과성을 입증하고자 하였다. 특히 비동력 통학과 비만도 및 정신적 스트레스 수준 사이에 존재할 수 있는 내생성을 제어하기 위해, 시·도별 자전거 도로비율이라는 도구변수를 도입한 2단계 최소제곱법이라는 분석방법을 활용함으로써 비동력 통학으로 인한 청소년 건강 효과를 보다 선명하게 입증하였다.

다만 본 연구는 비동력 통학 정도를 독립변수로 삼기 위해 시·도별 자전거도로 비율을 도구변수로 활용했을 뿐, 지역의 특성에 대해서 언급하고 있지 않다는 한계가 있다. 청소년기는 신체적으로나 정신적으로 변화의 폭이 큰 시기이다 보니 지역 내 범죄율과 같은 치안상황 등 다양한 사회적 변수에 따라 특히 정신적 스트레스 등에 영향을 미칠 가능성도 배제할 수 없다는 한계점은, 부록 <표 3>의 시도 고정효과 OLS 모형을 통해 일부 보완하고자 하였다. 후속 연구를 통해 도시·농촌 지역에 미치는 영향의 크기가 얼마나 차이나는지, 또 청소년 대상 범죄율을 보정한 상

태에서의 영향 등을 분석할 필요가 있어 보인다.

추가로 향후 패널자료 구축이 가능해진다면, 동일한 개체들을 대상으로 신체적, 정신적 건강 상태의 변화를 시간 흐름에 따라 살펴볼 수 있고, 이러한 변화에 비동력 통학이 얼마나 효과적인지 확인할 기회가 있을 것으로 보인다. 청소년 건강행태 조사 데이터는 수 만명에 달하는 청소년으로부터 그들의 건강행태에 대한 응답을 확보하고 있다는 점에서 분명한 장점이 있지만, 청소년기가 신체적이나 정신적으로 변화가 상당한 시기라는 점을 감안한다면 횡단면적인 데이터 구조는 시간가변 현상을 이해하기에는 한계점으로 작용할 수밖에 없기 때문이다.

2. 정책적 함의

보다 많은 청소년들에게 도보 또는 자전거 등 비동력 교통수단을 이용한 통학을 장려하려면 학교 인근 지역의 보행 친화적 도로환경이 필수적 전제조건이다. 상당수 자치단체들은 ‘보행자 중심’, ‘보행친화’ 도시를 표방하며 도로공간 재편 사업을 추진 중인데, 차선을 줄이고 보행로를 넓히는 ‘도로 다이어트’, 차량 통행속도를 20km까지 제한하는 ‘보행자 우선도로’ 지정, 재건축 및 재개발 지구단위계획상 단지에 일반인이 보행할 수 있는 ‘공공 보행통로’ 유도 등 보행자 친화적인 도로환경을 확충하기 위한 정책을 앞다퉈 추진하고 있다. 특히 2020년 3월 ‘민식이 법’ 시행은 전국의 유·초등학교 앞 스쿨존 도로의 제한속도를 30km로 하향 조정하여 어린이 교통안전을 확보·강화하는 중요한 계기가 되었다.

그러나 ‘민식이 법’의 적용대상에는 중·고등학교 통학로가 포함되어 있지 않아 청소년 교통안전 대책으로는 한계가 명확한데, 일부 자치단체가 지방경찰청과 협조하여 제한속도를 조정한 사례가 있을 뿐이다.³⁾ 일선 교육현장의 중·고등학교들도 도보 통학은 어쩔 수 없지만, 사고의 위험이 상대적으로 큰 자전거 통학을 일률적으로 금지하거나 안전사고의 책임이 학부모에 있다는 각서를 받은 후에야 자전거 통학을 허용하는 ‘원칙적 금지’ 방침 등 다소 부정적인 입장이어서 비동력 통학 문화를 확산시키기에도 쉽지 않은 상황이다.

이런 가운데, 최근 행정안전부가 중·고교생 연령대(13~20세)의 보행자 사고가 빈번하게 발생하고 있다는 문제의식 속에 전국 중·고등학교 앞에도 보행자 우선도

3) 2022년 1월, 제주경찰청이 도내 모든 중·고등학교 앞 통학로 제한속도를 50km 이하로, 좁은 도로는 30km 이하로 하향 조정한 바 있다(제주특별자치도경찰청 보도자료 2022.1.12).

로를 지정하거나, 안전시설물을 설치하는 등 다양한 방안을 검토 중이라고 밝히는 등⁴⁾ 청소년 통학안전을 확보하려는 정부의 움직임도 감지되는 점은 고무적이다. 비록 일각에서는 ‘민식이 법’에 대해 ‘과잉처벌’·‘인근단지 불편’ 등 이유로 반대·완화를 요구하고 있어 추진 과정에서 적지 않은 논란과 갈등도 예상되지만, 향후 입법과정에서 청소년들이 안심하고 도보나 자전거로 통학할 수 있는 환경이 조성될 수 있도록 획기적인 정책이 수립되기를 기대한다.

참고 문헌

- 감기동. 2007. “자전거통학이 신체형태 및 체력에 미치는 영향.” 석사학위논문. 경북대학교.
- 강나리·이지선·강기수·곽영숙. 2016. “비만에 이환된 아동청소년에서 보이는 정신건강 문제.” 《소아청소년정신의학》 27(2): 119-128.
- 강현식. 2008. “자전거타기와 건강.” 《대한토목학회지》 57(7): 59-60.
- 강효영. 2017. “등·하교 시 빠르게 걷기 운동이 비만 초등학생의 신체구성, 건강관련 체력, 성장호르몬(GH) 및 IGF-1에 미치는 영향.” 《한국체육교육학회지》 22(3): 133-142.
- 고성경. 2002. “청소년의 자전거운동이 혈액성분, 심폐기능 및 하지근력에 미치는 영향.” 《한국사회체육학회지》 17: 643-651.
- 고성경. 2004. “청소년의 자전거 운동이 운동성 심장 허혈 증세에 미치는 영향.” 《한국스포츠리서치》 15(1): 1193-1202.
- 국민건강영양조사. 2018.
- 김명희. 2005. “과외자율 체육활동이 중학생의 스트레스 해소에 미치는 영향.” 《한국스포츠리서치》16(3): 77-87.
- 김성옥·이서기·황진. 2008. “스포츠동아리 활동에 참여하는 청소년의 신체적 자기개념과 정서.” 《한국스포츠심리학회지》 19(1): 81-95.
- 김영옥. 2007. “스포츠참가 중학생의 운동정서 프로파일 분석.” 《한국스포츠심리학회지》 18(4): 123-134.
- 김은영·노영일·양은석·박상기·박영봉·문경래·이철갑. 2001. “소아 비만의 6년간의 추적 관찰.” 《Clinical and Experimental Pediatrics》 44(11): 1295-1300.
- 김이남. 2008. “직장인의 MTB 동호회 참여경험이 여가만족과 직무만족에 미치는 영향.” 석사학위논문. 동신대학교 대학원.

4) 행안부 “중·고교 앞 보행자우선도로 추진, 아직 확정된 바 없어”(대한민국 정책브리핑 2024. 4.30)

- 김진희. 2012. “아동의 과체중·비만과 정신건강문제의 관계.” 《한국아동복지학》 40: 201-227.
- 김태섭. 1993. “자전거 통학생과 버스 통학생의 체력 및 체격의 비교연구: 경상북도 김천시 금릉군 중·고교생을 중심으로.” 석사학위논문. 고려대학교.
- 김혜신·장준환·이근미·정승필·금신호. 2015. “한국 청소년에서 실제 비만도 및 주관적인 체형 인식과 정신건강 문제와의 관련성.” 《Korean Journal of Health Promotion》 15(3): 129-135.
- 노한내·김규리·김정태·진선미·서지영·한혜원·박화영·윤혜선·안영민·손근찬·엄지현. 2009. “한국 소아 청소년에서 비만 및 대사 이상의 유병률.” 《Pediatric Gastroenterology, Hepatology & Nutrition》 12(2): 207-214.
- 도광희. 2015. “자전거 통학에 따른 중학생의 주관적 체력이 운동정서에 미치는 영향.” 석사학위논문. 경기대학교 교육대학원.
- 박지영. 2019. “자율주행차 도입에 따라 신규 일자리 변화와 보유세, 운행세 등 세수축소에 대비해야.” 《2019 대국민 연구성과 보고회》.
- 박찬규. 1997. “자전거 운동이 체지방률과 기초체력요인에 미치는 영향.” 미간행 석사학위논문. 충북대학교.
- 성창수·김지석. 2019. “통학방법이 중학생의 신체조성 및 건강체력 요인에 미치는 효과.” 《한국체육교육학회지》 23(4): 211-219.
- 성창훈·김병준. 1996. “청소년 운동선수의 스포츠 참가동기 심층분석.” 《한국스포츠심리학회지》 7(1): 153-171.
- 안균섭. 2015. “자전거 타기가 여가만족, 직무만족 및 생활만족에 미치는 영향.” 석사학위논문. 목포대학교 교육대학원.
- 우석진. 2013. 《경제분석을 위한 STATA》. ㈜지필미디어.
- 윤성. 2003. “청소년들의 자전거 활동 수준이 호흡기능에 미치는 영향.” 《한국체육과학회지》 12(1): 467-478.
- 이재정. 2016. “고등학생의 등·하교시 자전거 운동과 신체구성, 학업스트레스 및 학업성취도와의 관계.” 박사학위논문. 대전대학교.
- 이현진. 2008. “청소년들에서 걷기 운동이 우울정도에 미치는 영향.” 석사학위논문. 계명대학교 대학원.
- 임영란. 2018. “코어운동이 비만 여자 청소년의 신체조성 및 체력에 미치는 영향.” 《한국체육교육학회지》 23(2): 115-125.
- 전태준. 2005. “스포츠사회학: 대학생의 교양체육만족과 자가건강관리수행의 관계.” 《한국체육학회지》 44(4): 219-228.
- 정하영. 2014. “여자중학교 학생의 학교스포츠클럽 참여가 학습태도와 학업스트레스에 미치는 영향.” 석사학위논문. 상명대학교 교육대학원.

- 추건이·장지영. 2005. “여고생의 과외자율 체육활동과 정신건강과의 관계 연구.” 《스포츠과학논문집》 17: 17-28.
- 한선임. 2018. “도시 청소년의 자전거 통학에 미치는 영향요인 탐색.” 석사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 한태경·권오규·우상구. 2016. “고등학생의 통학형태에 따른 학업스트레스와 공격성에 한 연구.” 《한국스포츠학회》 14(3): 383-396.

- Alberto Grao-Cruces¹, Alberto Nuviala¹, Antonio Fernández-Martínez¹, and Emilio-José Martínez-Ldpez. 2015. “Relationship of Physical Activity and Sedentarism with Tobacco and Alcohol Consumption, and Mediterranean Diet in Spanish Teenagers.” *Nutr Hosp.* 2(115; 31(4): 1693-1700.
- Clark, Lee Anna. and David Watson. 2014. “Temperament, Personality, and the Mood and Anxiety Disorders.” *Journal of Abnormal Psychology* 103(1): 103.
- Cooper, A.R., N.Wedderkopp, H. Wang, L.B. Andersen, K. Froberg, and A.S. Page. 2006. “Active Travel to School and Cardiovascular Fitness in Danish Children and Adolescents.” *Medicine and Science in Sports and Exercise* 38(10): 1724-1731.
- Marques E.A., A.I. Pizarro, J. Mota, and M.P. Santos. 2014. “Independent Mobility and Its Relationship with Moderate-to-vigorous Physical Activity in Middle-school Portuguese Boys and Girls.” *J. Phys. Activ. Health* 11(8): 1640-1643.
- Kamoko, D.S. and J. Kamoko. 2022. “Riding to School: How Bicycles Are Changing Education for Girls in Rural Africa.” *Brookings Education Plus Development*. <https://www.brookings.edu/blog/education-plus-development/2022/07/21/riding-to-school-how-bicycles-are-changing-education-for-girls-in-rural-africa/>
- Killingsworth, R.E. and J. Lamming. 2001. “Development and Public Health.” *Urban Land* 60(7): 12-16.
- Lee, E.-Y., V. Carson. J.Y. Jeon, and J.C. Spence. 2016. “Prevalence of Physical Activity and Sitting Time among South Korean Adolescents: Results from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey, 2013.” *Asia Pacific Journal of Public Health* 28(6): 498-506.
- McDonald, N.C. 2007. “Active Transportation to School: Trends among U.S. Schoolchildren, 1969–2001.” *American Journal of Preventive Medicine* 32(6): 509-516.
- Noreen C. McDonald. 2008, “Household Interactions and Children’s School Travel: The Effect of Parental Work Patterns on Walking and Biking to School” *Journal of Transport Geography* 16(5): 324-331.

- Rosenberg, D.E., J.F. Sallis, T.L. Conway, K.L. Cain, and T.L. McKenzie. 2006. "Active Transportation to School over 2Years in Relation to Weight Status and Physical Activity." *Obesity* 14(10): 1771-1776.
- Shephard, R.J. 2008. "Is Active Commuting the Answer to Population Health?" *Sports Medicine* 38(9): 751-758.
- Sleap, M, Warburton, P. 1993. "Are Primary-school Children Gaining Heart Health Benefits from Their Journeys to School." *CHILD CARE HEALTH AND DEVELOPMENT* 19(2): 99-108.
- Steene-Johannessen, J., E. Kolle, L.B. Andersen, and S.A. Anderssen. 2013. "Adiposity, Aerobic Fitness, Muscle Fitness, and Markers of Inflammation in Children." *Medicine & Science in Sports & Exercise* 45 (4): 714-721.
- Sullivan, Harry Stack. 1953. *The Interpersonal Theory of Psychiatry*. New York: The Norton Library.
- Tudor-Locke, C., B.E. Ainsworth, and B.M. Popkin. 2001. "Active Commuting to School: An Overlooked Source of Childrens' Physical Activity?" *Sports Medicine* 31 (5): 309-313.

<접수 2024.06.08; 수정 2024.07.15; 게재확정 2024.08.01>

How Adolescents' School Commuting through Walking and Biking Affects Their Physical and Mental Health: An Instrumental Variable Approach

Jae Hoon Oak

(Sung Kyun Kwan University)

Don S. Lee

(Sung Kyun Kwan University)

This study focuses on how non-motorized means of commuting to school, such as walking and biking, affect the physical and mental health of adolescents. Existing studies on this subject has clear limitations, as they do not distinguish age groups or only target a limited sample of specific schools or grades, thereby failing to generalize the effect of non-motorized school commuting on physical and mental health changes among adolescents. We employ the responses from an online survey with a large-scale sample of approximately 60,000 students from 800 middle and high schools selected across 17 provinces in South Korea, gathered as part of a representative survey. In examining the impact of the frequency of non-motorized school commuting on the levels of students' body fat and mental stress, we adopt an instrumental variable approach due to the possibility of reverse causality, using the percentage of bike lanes by city or province as our instrumental variable. The results of our analysis show that as students commute to school via walking and biking for one additional day per week, their body fat and mental stress levels are reduced by 16.4% and 14% of mean average, respectively.

Key words: adolescents, non-motorized school commuting, body fat, mental stress, instrumental variable

부록

<표 1> 종속, 독립, 도구 및 통제 변수에 대한 기초통계값

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
체지방	55,748	21.34	3.56	10.28	35.21
정신적 스트레스	57,303	2.72	0.99	1	5
비동력 통학	57,303	5.42	2.85	1	8
시도 자전거 도로 비율	57,303	0.25	0.12	0.11	0.51
성별(ref: 남성)					
여성	57,303	0.48	0.50	0	1
학업 성적	57,303	3.10	1.17	1	5
사회경제적 수준	57,303	3.35	0.89	1	5
주거 조건	57,303	0.95	0.22	0	1
학교(ref: 중학생)					
고등학생	57,303	0.49	0.50	0	1
학습 외 인터넷사용 여부	57,303	0.75	0.43	0	1
흡연 여부	57,303	0.12	0.33	0	1
음주 여부	57,303	0.39	0.49	0	1
패스트푸드 섭취	57,303	2.15	0.87	1	7

<표 2> 비동력 통학 시간을 포함한 2SLS 모형 분석 결과

	모델 1	모델 2	모델 3
	First-stage Model 종속: 비동력 통학	Second-stage Model I 종속: 체지방	Second-stage Model II 종속: 정신적 스트레스
(도구) 자전거 도로비율	0.186*** (0.071)		
(독립) 비동력 통학		-3.634** (1.475)	-0.410* (0.251)
여성	0.099*** (0.017)	-0.809*** (0.166)	-0.375*** (0.027)
학업 성적	0.066*** (0.008)	0.094 (0.106)	0.058*** (0.017)
사회경제적 수준	-0.031*** (0.010)	-0.223*** (0.067)	0.0850*** (0.010)
주거 조건	0.577*** (0.048)	2.276*** (0.857)	0.314** (0.149)
고등학생	-0.141*** (0.018)	0.725*** (0.222)	-0.125*** (0.037)
인터넷사용 습관	0.184*** (0.021)	0.649*** (0.267)	0.027 (0.048)
흡연 여부	0.055* (0.031)	0.371*** (0.166)	-0.108*** (0.024)
음주 여부	0.058*** (0.020)	0.509*** (0.110)	-0.130*** (0.019)
패스트푸드 섭취	-0.014 (0.010)	-0.219*** (0.044)	-0.054*** (0.007)
비동력 통학 시간	0.027*** (0.004)	0.143** (0.062)	0.003 (0.007)
Intercept	5.781*** (0.072)	43.37*** (8.605)	5.078*** (1.463)
N	44,922	43,782	44,922

Note: Robust standard errors in parentheses. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

<표 3> OLS 모형 분석결과: 시·도 고정효과 포함 및 미포함

	모델 1	모델 2	모델 3	모델 4
	종속: 체지방	종속: 체지방	종속: 정신적 스트레스	종속: 정신적 스트레스
(독립) 비동력 통학	-0.001 (0.005)	-0.003 (0.005)	-0.006*** (0.001)	-0.007*** (0.001)
여성	-1.184*** (0.029)	-1.187*** (0.029)	-0.417*** (0.008)	-0.420*** (0.008)
학업 성적	-0.130*** (0.013)	-0.131*** (0.013)	0.030*** (0.003)	0.031*** (0.003)
사회경제적 수준	-0.089*** (0.018)	-0.095*** (0.018)	0.097*** (0.005)	0.097*** (0.005)
주거 조건	0.186*** (0.065)	0.147** (0.065)	0.100*** (0.019)	0.092*** (0.019)
고등학생	1.236*** (0.030)	1.234*** (0.030)	-0.061*** (0.008)	-0.063*** (0.008)
인터넷사용 습관	0.074** (0.034)	0.066* (0.034)	-0.033*** (0.009)	-0.036*** (0.009)
흡연 여부	0.113** (0.050)	0.109** (0.050)	-0.128*** (0.013)	-0.128*** (0.013)
음주 여부	0.324*** (0.033)	0.324*** (0.033)	-0.154*** (0.009)	-0.154*** (0.009)
패스트푸드 섭취	-0.177*** (0.017)	-0.180*** (0.017)	-0.060*** (0.005)	-0.061*** (0.005)
Intercept	22.00*** (0.117)	22.12*** (0.108)	2.565*** (0.033)	2.640*** (0.031)
시도 고정효과	Yes	No	Yes	No
N	55,748	55,748	57,303	57,303

Note: Robust standard errors in parentheses. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

<표 4> 시·도별 1인당 체육교육내실화 예산, 자전거 도로비율 간 연관성 분석

2019	체육교육내실화 연간예산(원)	학교급별 학생 수(명)	학생 1인당 체육교육내실화 연간예산(원)	자전거도로 비율(%)	β	p-value
서울	26,981,428,000	948,850	28,435	11.31		
부산	14,124,032,000	352,683	40,047	13.62		
대구	22,744,311,000	296,014	76,835	36.03		
인천	13,065,449,000	354,417	36,864	27.73		
광주	18,354,935,000	205,347	89,384	35.44		
대전	18,574,836,000	193,119	96,183	35.96		
울산	22,627,948,000	151,742	149,121	34.75		
세종	3,891,246,000	55,254	70,424	50.80		
경기	45,201,990,000	1,672,720	27,023	40.18	-.259	.315
강원	51,299,174,000	172,460	297,455	16.74		
충북	25,573,807,000	187,779	136,190	18.08		
충남	30,058,016,000	266,044	112,981	17.96		
전북	50,414,469,000	226,890	222,197	16.60		
전남	85,764,372,000	213,493	401,719	12.98		
경북	28,746,609,000	303,218	94,805	16.34		
경남	62,138,756,000	426,746	145,610	14.63		
제주	21,116,205,000	84,791	249,038	41.83		

Note: 지방교육재정알리미, “교육청 재정 정기공시(예산) 중 세부사업별 세출(2019)”, “일반교육통계 중 학생 수(2019)”, <www.eduinfo.go.kr, 접속: 2024.7.20.>

<표 5> 배제가능성 검증 모형

	모델 1	모델 2	모델 3	모델 4
	종속: 체지방	종속: 체지방	종속: 정신적 스트레스	종속: 정신적 스트레스
(독립) 비동력 통학		-0.003*** (0.001)		-0.007*** (0.001)
(도구) 자전거도로 비율	-0.632* (0.319)	-0.627 (0.325)	-0.074* (0.039)	-0.069 (0.042)
여성	-1.188*** (0.029)	-1.188*** (0.029)	-0.419*** (0.008)	-0.420*** (0.008)
학업 성적	-0.132*** (0.013)	-0.132*** (0.013)	0.032*** (0.003)	0.031*** (0.003)
사회경제적 수준	-0.093*** (0.017)	-0.093*** (0.017)	0.096*** (0.005)	0.097*** (0.005)
주거 조건	0.157** (0.065)	0.160** (0.065)	0.098*** (0.018)	0.093*** (0.018)
고등학생	1.232*** (0.030)	1.231*** (0.030)	-0.065*** (0.008)	-0.063*** (0.008)
인터넷사용 습관	0.066* (0.034)	0.067*** (0.034)	-0.033*** (0.009)	-0.036*** (0.009)
흡연 여부	0.113** (0.050)	0.113*** (0.050)	-0.128*** (0.013)	-0.127*** (0.013)
음주 여부	0.322*** (0.033)	0.322*** (0.033)	-0.154*** (0.009)	-0.154*** (0.009)
패스트푸드 섭취	-0.177*** (0.017)	-0.178*** (0.017)	-0.061*** (0.005)	-0.061*** (0.005)
Intercept	22.24*** (0.109)	22.26*** (0.111)	2.685*** (0.030)	2.657*** (0.031)
N	55,748	55,748	57,303	57,303

Note: Robust standard errors in parentheses. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.