
Global Report

도시교통과 건강을 위한 14가지 방법론-개념모델 및 문헌검토

1. 개요_개념 모델의 목적
2. 방법론
3. 결과 분석
4. 검토_연구필요성
5. 결론

1. 개요_개념 모델의 목적

이 연구에서는 기존 연구를 기반으로 교통산업이 공중보건 및 건강 불평등과 어떻게 연결되는지에 초점을 맞추어 논의하고자 한다. 이를 위해 사람과 상품의 이동성 보장을 위한 교통시스템의 능력에 대해 논의한다. 교통시스템은 특히 도시지역에서 여러 가지 방법으로 건강에 영향을 미친다[1]. 2050년이 되면 전 세계의 약 68%를 도시인구가 차지할 것으로 예상되는데 도시교통과 관련된 건강에 미치는 영향에 더 많은 사람들이 노출된다.

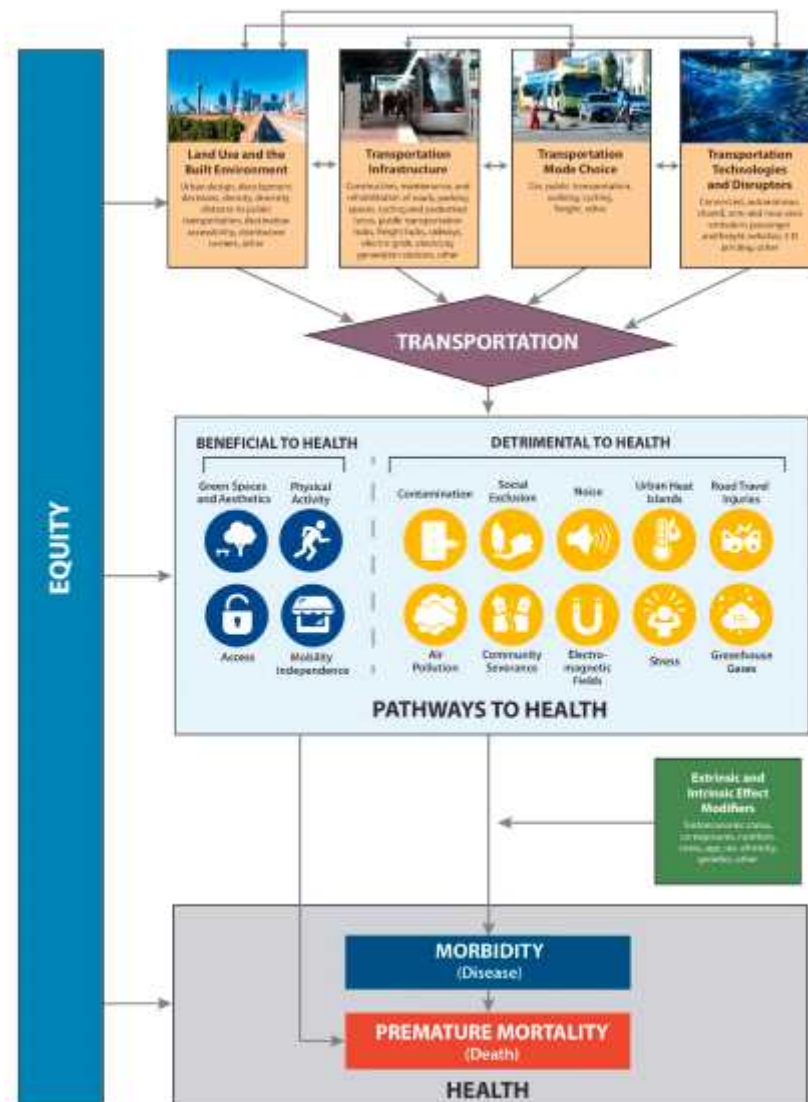
교통의 역동적이고 진화하는 특성은 부분적으로는 교란자라고도 불리우는 새로운 기술들과 증가하고 있는 공중보건 문제와 결합되면서 교통관련 의사결정으로 야기되는 특정한 건강에 대한 악영향을 전체적 맥락에서 심도 있는 해석이 필요하며, 이를 완화하기 위한 전략을 구상해야 한다. 교통산업의 의사결정이 공중보건에 영향을 미치는 다양한 방법을 이해하고 공식화함으로써 교통 및 건강관리를 총괄하여 연구하고 도시의 건강을 우선시하는 정책 및 의사결정을 지원하는 데 도움이 될 것이다. 또한 개념적 모델을 제공하여 건강에 대한 운송영향 평가 실무를 지원하고, 연구격차를 강조하며, 미래의 연구와 실천에 대한 권장사항을 제시하는 것을 목표로 한다.

- 2014년 Lyons 등은 미국의 기존 주 교통시스템 내에서 공중보건 혜택을 전체적으로 통합하기 위해 (물리적) 활동, 안전, 공기 질 및 액세스를 기반으로 개념모델을 개발한바 있다(Lyons et al., 2014)[2].
- 2015년 Dannenberg와 Sener는 안전(자동차 충돌), 공기 질, 신체활동, 공평한 접근 및 소음과 같은 5가지 방법론을 통해 운송과 건강의 관계를 조사한바 있다[3].
- 2016년 Widener와 Hatzopoulou는 7개의 방법론(소음/대기오염/자동차 충돌/스트레스/신체활동/접근/대인관계 접촉)을 제시한바 있다[4].
- 2016년 van Wee와 Ettema는 네 가지 방법론(신체활동/대기오염/사상자/주관적인 웰빙)을 통해 교통과 건강 간의 관계를 개념화한바 있다.
- 2017년 Gotschi 등은 적극적인 여행모드의 유용성을 결정하는 행동 고려사항을 식별하는 개념모델을 개발한바 있다. 적극적인 여행의 결과로 특정인의 건강 상황에 대한 언급은 없었지만 모드선택 고려사항의 핵심 결정자로 건강상의 이점을 인용했다[5].
- 2019년 Frank 등은 두 가지 범주의 행동과 노출범주에 속하는 6개의 방법론을 통해 건설 환경 및 교통시스템 이용을 건강에 연결하는 모델을 개발한바 있다[6].

2. 방법론

2.1. 교통의 주요개념과 공중보건과의 관계 프레이밍

운송에 영향을 미치는 상호 배타적이지 않은 4가지 주요요소가 있다. 검토된 기존 개념모델은 운송모드 선택과 도시설계의 결과를 기반으로 운송 산업에 대해 논의한다. 이 연구에서는 토지이용과 건설 환경을 교통인프라 및 운송모드 선택과 구별하고, 새로 개발되거나, 교란자 역할의 교통기술의 영향을 포함하여 이러한 개념을 확장한다. 향후 운송환경에 잠재적으로 큰 영향을 미칠 수 있는 관련성이 높은 운송 산업과 건강 간 연결 개념모델을 [그림 1]에 나타낸다.



* 자료 : Andrew Glazener et al., “Fourteen pathways between urban transportation and health: A conceptual model and literature review”, Journal of Transport & Health 21 (2021) 101070, p.4.

[그림 1] 운송 산업과 건강 간 연결 개념모델

■ 토지 이용 및 건설 환경

- 토지이용 패턴과 건설 환경, 밀도, 토지이용 다양성 및 혼합, 대중교통 거리, 목적지 접근성 등 다양한 교통모달 옵션의 생존가능성과 바람직성에 영향을 미친다.
- 밀도와 접근성을 장려하는 토지이용 정책은 투자와 결합될 때 특정 교통인프라의 생산에 기여할 수 있다.

■ 교통 인프라

- 이 카테고리는 도로, 주차공간, 자전거 도로 및 주차, 보행자 보도, 대중교통 및 화물허브, 철도 및 전기 그리드를 포함한 다양한 교통인프라의 설계, 건설 및 유지보수를 포함한다.

■ 교통모드 선택

- 교통모드는 대중교통, 민간차량 및 택시(자동차와 이론차 모두), 화물차량 또는 그 조합을 사용하여 걷기, 자전거 등 다양한 이동방식을 의미한다.
- 새로운 교통모드는 스쿠터와 전기스쿠터를 포함한다. 교통모드에는 대중교통을 연결하는 차량유형과 '라스트 마일' 연결도 포함되어 있다.

■ 운송기술 및 교란자

- 이 범주에는 자율, 커넥티드, 전기 및 공유차량과 같은 새로 개발되거나 교란을 주는 운송기술이 포함된다.
- 이러한 기술은 3D 프린팅 및 드론과 같은 산업분야의 혁신 외에도 운송기술에 영향을 미치는 요인이 될 수 있다.
- 이러한 기술은 특정 운송모드의 사용을 장려하거나 억제할 수 있다. 특정 유형의 교통인프라에 대한 필요성을 증가 또는 감소시키는 행위나, 새로운 교통인프라의 필요성을 조성한다. 아울러 장기적인 토지이용 및 건설 환경 특성을 지시한다.

2.2. 전문가 지식과 평가

공중보건, 도시계획 및 교통산업 분야의 전문가와의 토론 및 협의를 통해 연구결과를 인식시키고 교통과 공중보건 사이의 연결과 관련된 본질을 검증했다. 이 인터뷰는 체계적인 방식으로 진행되지는 않았지만, 저자가 특정 방법론 또는 전반적인 개념모델에 대한 추가 입력을 모색할 때 필요에 따라 발생했다. 추후 전문가들은 가용성과 입력유용성을 기반으로 이 논문을 완성하였다. 또한 개념적 모델과 방법론을 알리기 위해 교통 및 공중보건 연계를 정의하는 기존의 개념적 모델을 언급했다. 저자 간의 반복적인 토론을 통해 최종 개념모델을 설정하였다.

3. 결과 분석

3.1. 이동성 독립성

이동성 독립은 다양한 교통수단을 활용하여 상품을 구매하거나, 이웃시설에 접근하여 도움이나 감독 없이 신체활동에 참여할 수 있는 능력을 의미한다. QoL(Quality of life : 삶의 질)은 6가지 요인에 의해 영향을 받는데, 그 중 하나는 독립수준이다[7]. 따라서 이동성의 여부에 따라 QoL이 결정될 수도 있다. 노인과 어린이는 운전능력과 인지능력의 감소(노인) 및 발달과정 중으로(어린이) 인해 교통지원을 받을 수 있는 개인에 의존할 수 있는 인구그룹이다. 영국의 경우, QoL에 대한 체계적인 검토는 60세 이상 농촌지역의 노인인구에 대한 이동성 독립의 중요성을 강조함으로써 노인들이 독립적으로 여행할 수 있는 능력을 통해 사회적으로 자립할 수 있도록 했다[8]. 또한 이동성 독립은 지역사회 활동에 참여를 통해 신체활동과 인지능력을 유지함으로써 건강한 노화를 촉진시킨다. 아울러 정신적 복지와 자부심에 긍정적으로 영향을 미칠 수 있다. 노인을 위한 이동성 독립의 적절한 수준을 유지하기 위해서는 접근가능하고 안전하며 신뢰할 수 있으며, 저렴한 대안과 독립적인 교통수단이 운전 대신에 제공되어야 한다. 아울러 그들이 다른 교통모드에 의존하는 경우 독립적인 활성화교통요금 정책이 필요하다. 특히 토지사용 다양성이나 높은 주거 밀도 및 짧은 등교거리, 도로안전, 이용 가능한 인도(혹은 자전거 인프라)를 제공하는 것이 필요하다고 보고되었다. 이러한 건설 환경, 교통인프라 및 교통모드 선택은 모두 이동성 독립에 크게 영향을 미친다.

3.2. 자동차 전용도로운송에서 부상

대부분의 자동차 전용도로에서 발생하는 부상은 자동차와 관련된 충돌로 인해 발생하며 사망, 부상 또는 장애를 초래할 수 있다. 자동차 사고로 가장 큰 피해를 입은 사람들은 전 세계 교통사고의 50% 이상을 차지하는 보행자, 자전거 운전자 및 오토바이 운전자와 같은 취약한 도로 사용자들이다[9]. 미국에서 자동차 충돌로 인한 총 사망자수는 2016년에 34,748 건으로 10년간 최고치에 도달한 후 지난 2년 동안 감소했다. 사망자의 70% 이상이 차량 탑승자였지만, 보행자와 자전거 운전자는 자동차 충돌 사망자의 20%를 차지한 것으로 나타났다[10]. 저소득 및 중 소득 국가에서 자동차 충돌은 전 세계 도로운송 사망자의 93%를 차지하며, 이는 세계등록차량(세계보건기구(WHO, 2018a))의 절반에 대한 조사임에도 이러한 결과가 나타났다[9]. 영국의 50~59세 사이와 70세 이상의 노인그룹을 대상으로 교통모드에 따른 도로안전을 조사한 결과, 남성 운전자들이 차량과의 충돌보다는 자전거에서 넘어져 부상을 입는 수가 실제 4~9배로 많이 발생하는 것으로 나타났다[11].

이 수치는 넘어짐으로 인한 부상이 사이클링 및 걷기운동으로 인한 부상으로 병원에 입원하는 경우와 매우 유사한 것으로 나타났다[12]. 결론적으로 토지이용과 건설 환경, 교통인프라, 교통모드 선택 및 차량 신기술은 모두 도로여행 부상에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 특히, 무게획적 개발이 많을수록 개인 자가용 승용차에 대한 의존도가 커지는 것으로 나타났다.

3.3. 대기오염

대기오염은 공기 중 독성물질의 방출 및 분산으로 인해 발생한다. 유럽 도시인구의 90%가 WHO 기준을 초과하는 대기오염 수준에 노출되어 있는 것으로 나타났다[13]. 2014년 세계은행(World Bank)의 보고에 의하면, 운송 산업에서 전 세계적으로 연간 184,000명의 사망자가 발생했으며, 2013년 중국에서는 2.5 μ m(PM2.5) 미만의 교통 관련 미립자물질로 인해 137,000명의 사망자가 발생했다. 최근에는 오존(O₃)과 PM2.5가 2015년 385,000명의 글로벌 사망자를 발생한 것으로 추정되었다[13]. 또한 운송수단의 배기가스 배출로 인해 사망자는 6.6% 증가했으며, 2010~2015년 사이에 총 PM2.5 및 O₃ 사망률은 전 세계적으로 9.4% 증가한 것으로 나타났다[14]. 독일/미국/영국과 모든 주변국들의 자동차 배기가스로 인해 PM2.5 및 O₃ 관련 사망률이 거의 20%를 차지하는 것으로 추정된다.

3.4. 온실가스 배출

GHGs(Greenhouse gases : 온실가스)는 CO₂, 메탄, 아산화질소, 불소 가스를 포함한 가스로 대기 중의 열을 가두는 역할을 한다. 2016년 전 세계 온실가스 배출량은 49.3기가톤(GT)을 기록했으며, 그중 72%는 CO₂였다. 미국에서는 온실가스 배출량의 81%가 CO₂이며, 그중 30%는 자동차에서 배출된다. 이처럼 운송 부문은 미국 온실가스의 가장 큰 기여자이며, 전 세계 총 에너지 관련 CO₂ 배출량의 23%를 차지한다. 운송 부문은 또한 차량효율성의 획기적인 개선에도 불구하고 가장 빠르게 성장하는 글로벌 배출원 중 하나가 되었다. CO₂를 포함한 GHG가 인간의 건강에 직접적인 위협은 아니지만, 전 세계 산업화 이전 수준으로 기록된 수준에서 지구 평균온도가 2°C 증가하면 인간의 생명을 유지하는 생태계에 해로운 영향을 미칠 수 있다. 아울러 지구 온난화는 도시열섬, 대기오염 및 신체활동과 관련된 부정적인 건강효과를 악화시키고 있으며, 극한적인 홍수/폭풍/가뭄 등으로 인해 교통인프라가 손상되고 있다. 이처럼 극심한 기후변화 현상은 전염병의 증가속도와 변이바이러스로 인한 정신적 및 신체건강에 커다란 위협요인이 되고 있다.

4. 검토_연구필요성

최근 몇 년 동안 교통부문에서의 확실한 증거를 기반으로 결정적인 결과를 제공하는 연구를 통해 몇 가지 주장이 강화되고 있어 이에 대한 추가연구가 필요하다. 이 연구에서는 다양한 교통경로상의 각 핵심요소 및 위험요인(약점)을 검토하여 <표 1>과 같은 연구 권장사항을 도출하였다.

<표 1> 연구 권장사항

교통경로	연구 요구사항
자율주행차량	- 공유된 전기자동차의 총 운송 관련 배출량 - 대기오염 노출, 건강영향 및 자본에 미치는 영향
커뮤니티 분리	- 교통과 관련된 지역사회 단절의 영향에 대한 정량화
사회적 배제	- 교통과 관련된 사회적 배제/포용의 신체적 건강 영향에 대한 명확성
전자기장	- 전자기장에 대한 운송기술과, 첨단 교란기술의 운송 관련 전자기장에 의해 유발되는 건강효과에 대한 조사
대기 오염	- 대기오염 노출 위험이 높은 도로변 운동으로 인한 대기오염 위험이 신체활동 이정보다 높은지

	- 다른 맥락에서 대기오염 농도와 혼합물에 대한 자세한 정보
녹지공간과 미학	- 교통 및 건강효과와의 관계에 대한 보다 더 깊은 이해
열 이동성 독립 전자기장 주요 운송요인	- 참고자료
신기술 및 교란 기술	- 공유 된 AV 및 전기자동차의 총 운송 관련 고정 배기가스에 미치는 영향 - 브레이크/타이어/도로마모/도로먼지 등으로 인한 비 배기배출의 건강효과
건설 환경	- 도시성장관리 전략이 건강증진 교통모드(활성 및 대중교통)로의 전환에 미치는 영향 평가
교통 모드 선택	- 교통모드 교대에 따른 건강효과에 대한 정량화 정보 - 대기오염 및 소음 노출, 도로여행 시 부상의 위험이 높은 근로환경에서 운송의 이점과 위험에 대한 평가결과

* 자료 : Andrew Glazener et al., “Fourteen pathways between urban transportation and health: A conceptual model and literature review”, Journal of Transport & Health 21 (2021) 101070, p.16.

이러한 연구 권장사항들은 완전하지 않지만, 도시지역에서 교통으로 인한 건강영향을 식별하고 평가하는 도구가 될 수 있는 개념적 모델이다. 각 교통경로 사이의 중복과 상호작용이 더 잘 이해되면 실질적인 건강상의 이점을 얻을 수도 있을 것이다. 더 강력한 학계 간 협력은 이러한 중복과 상호작용을 더욱 해명하여 최적의 교통경로 설정에 초점을 맞추어 여러 문제를 해결하는 통합 전략과 솔루션을 고안하는데 도움이 될 수 있을 것이다. 정책입안자가 단일의 교통대책을 대상으로 한 해결책은 의해 의도하지 않은 결과를 유도할 수도 있기 때문에 이러한 단일문제에 대한 집중은 유리하지 않은 것으로 입증되었다. 예를 들어, 유럽이 온실가스 배출 목표를 위한 디젤 동력 열차로 전환하여 부정적인 결과를 보인 것에 대한 비판적인 논의를 참조할 수 있다[15].

5. 결론

이 연구에서는 도시 및 교통계획, 공중보건 및 정책전문가가 교통의 유익한 건강영향을 향상시키고 해로운 것들을 완화하는 전체적인 솔루션을 촉진할 수 있도록 하는 방법에 대해 여러 부문별 특성을 강조하였다. 토지 이용과 구축된 환경, 교통인프라, 교통모드 선택 및 비상기술의 복합체로서 운송의 프레임은 교통문제를 해결할 때 여러 전문 분야별 협력을 촉구하기 위해 각 분야를 포괄하는 것이다. 교통은 사람, 일자리, 서비스 및 상품에 대한 액세스를 제공하는 일상생활의 필수요소이다. 각 개인의 운송수단 선택과 패턴은 4가지 상호 관련요인(토지이용 및 구축환경, 인프라, 사용가능한 운송모드, 신기술)에 의해 영향을 받는다. 이 연구에서는 교통과 건강과의 상관관계를 파악하기 위해 14개의 확인된 방법론을 통해 전문가지식 및 합성된 정보로 이를 보완하였다. 이 연구결과는 사회적 연결성, 독립성, 신체활동 및 접근을 위한 수단으로 작용하는 교통산업의 효율성 향상을 위한 정책에 벤치마킹 자료로 활용할 수 있을 것이다.

[참고문헌]

[1] Khreis, H., Warsow, K.M., Verlinghieri, E., Guzman, A., Pellecuer, L., Ferreira, A., Jones, I., Heinen, E., Rojas-Rueda, D., Mueller, N., 2016. The health impacts of traffic-related

exposures in urban areas: understanding real effects, underlying driving forces and co-producing future directions. *Journal of Transport & Health* 3, 249–267.

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140516301992>>

[2] Lyons, W., Morse, L., Nash, L., Strauss, R., 2014. *Statewide Transportation Planning for Healthy Communities*. United States. Federal Highway Administration.

<<https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/12055>>

[3] Dannenberg, A., Sener, I., 2015. *Why Public Health and Transportation*. Transportation Research Board, Transportation Research Board.

<<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/trnews/trnews299.pdf>>

[4] Widener, M.J., Hatzopoulou, M., 2016. Contextualizing research on transportation and health: a systems perspective. *Journal of Transport & Health* 3, 232–239.

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140516000104>>

[5] Gotschi, T., de Nazelle, A., Brand, C., Gerike, R., Alasya, B., Anaya, E., Avila-Palencia, I., Banister, D., Bartana, I., Benvenuti, F., Boschetti, F., Brand, C., Buekers, J., Carniel, L., Carrasco Turigas, G., Castro, A., Cianfano, M., Clark, A., Cole-Hunter, T., Copley, V., De Boever, P., de Nazelle, A., Dimajo, C., Dons, E., Duran, M., Eriksson, U., Franzen, H., Gaupp-Berghausen, M., Gerike, R., Girmenia, R., Gotschi, T., Hartmann, F., Iacorossi, F., Int Panis, L., Kahlmeier, S., Khreis, H., Laeremans, M., Martinez, T., Meschik, M., Michelle, P., Muehlmann, P., Mueller, N., Nieuwenhuijsen, M., Nilsson, A., Nussio, F., Orjuela Mendoza, J.P., Pisanti, S., Porcel, J., Racioppi, F., Raser, E., Riegler, S., Robrecht, H., Rojas Rueda, D., Rothballer, C., Sanchez, J., Schaller, A., Schuthof, R., Schweizer, C., Sillero, A., Smidfeltrosqvist, L., Spezzano, G., Standaert, A., Stigell, E., Surace, M., Uhlmann, T., Vancluysen, K., Wegener, S., Wennberg, H., Willis, G., Witzell, J., Zeuschner, V., et al., 2017. Towards a comprehensive conceptual framework of active travel behavior: a review and synthesis of published frameworks. *Current Environmental Health Reports* 4, 286–295.

<<https://doi.org/10.1007/s40572-017-0149-9>>

[6] Frank, L.D., Iroz-Elardo, N., MacLeod, K.E., Hong, A., 2019. Pathways from built environment to health: a conceptual framework linking behavior and exposure-based impacts. *Journal of Transport & Health* 12, 319–335.

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140518303360>>

[7] World Health Organization, W., 1997. *Measuring Quality of Life*.

<<https://www.who.int/healthinfo/survey/whoqol-qualityoflife/en/index3.html>>

[8] Graham, H., de Bell, S., Flemming, K., Sowden, A., White, P., Wright, K., 2018. The experiences of everyday travel for older people in rural areas: a systematic review of UK qualitative studies. *Journal of Transport & Health* 11, 141–152.

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140518303827>>

[9] World Health Organization, W., 2018a. *Global Status Report on Road Safety 2018*.

<https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/>

[10] National Highway Traffic Safety Agency, N., 2017. *Fatality Analysis Reporting System*.

<<https://www-fars.nhtsa.dot.gov/Main/index.aspx>>

[11] Mindell, J.S., Karlsen, S., 2012. Community severance and health: what do we actually know? *J. Urban Health* 89, 232–246.

<<https://doi.org/10.1007/s11524-011-9637-7>>

[12] Mindell, J.S., Leslie, D., Wardlaw, M., 2012. Exposure-based, ‘like-for-like’ assessment of road safety by travel mode using routine health data. *PloS One* 7, e50606.

<<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050606>>

[13] European Environmental Agency, E., 2017. Air Pollution. EEA.

<<https://www.eea.europa.eu/themes/air/intro>>

[14] Anenberg, S., Miller, J., Henze, D., Minjares, R., 2019. A global snapshot of the air pollution-related health impacts of transportation sector emissions in 2010 and 2015. The International Council on Clean Transportation.

<<https://theicct.org/publications/health-impacts-transport-emissions-2010-2015>>

[15] Cames, M., Helmers, E., 2013. Critical evaluation of the European diesel car boom – global comparison, environmental effects and various national strategies. Environ. Sci. Eur. 25, 15.

<<https://doi.org/10.1186/2190-4715-25-15>>

<원문제목> Fourteen pathways between urban transportation and health: A conceptual model and literature review

<원문출처> Journal of Transport & Health 21 (2021) 101070