

신호탐지론을 이용한 도로횡단 행동의 연령 차이 분석

이 준 범 이 재 식[†]

부산대학교 심리학과

본 연구는 도로횡단 행동에서 관찰되는 연령에 따른 차이를 신호탐지론에 기반하여 설명하기 위해 수행되었다. 이를 위해 실험참가자들에게 실제 도로상황을 촬영한 영상을 보고 자신의 보통 보행속도로 도로를 횡단할 수 있는지의 여부와 자신의 판단에 대한 확신 수준을 보고하도록 하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. (1) 실험참가자의 반응유형을 신호탐지론의 네 가지 반응으로 분류하여 그 빈도를 분석한 결과, 젊은층 집단은 '적중 반응'의 비율이 상대적으로 높았던 반면, 고령층 집단은 '헛경보 반응', '탈루 반응' 비율이 더 높았다. (2) 안전한 횡단 여부의 정확성을 반영하는 민감도는 젊은층 집단이 고령층 집단 보다 높았고, 횡단 결정의 반응 경향성을 반영하는 반응편향은 고령층 집단이 젊은층 집단에 비해 더 보수적이었다. 또한 (3) 고령 보행자들은 자신의 횡단결정 정확도에 대해서는 젊은층보다 상대적으로 더 높은 수준으로 과다확신하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 추후의 교통 환경의 개선과 교육 방법의 개발 등에 유용한 기초자료로 쓰일 수 있을 것이다.

주요어 : 도로횡단, 신호탐지론, 고령 보행자, 연령 차이

[†] 교신저자 : 이재식, 부산대학교 심리학과, jslee100@pusan.ac.kr, 051-510-2131

사람은 고령의 나이로 접어들면서 신체, 지각, 그리고 인지 능력 등에서 쇠퇴가 이루어진다. 이러한 쇠퇴에 의한 수행 저하는 일상 생활뿐만 아니라 적절한 의사결정이나 신속한 반응이 필요한 도로 횡단과 같은 교통 상황에서 더욱 두드러지게 나타나며, 잘못된 의사결정은 종종 사고와 직결되기도 한다. 일반적 정보처리 모형에 기초한다면 정보처리의 거의 모든 단계들이 연령과 교통행동 사이의 관계에 영향을 줄 수 있을 것이다. 예를 들어, 주어진 교통 상황을 지각적으로 부호화하여 처리하는 능력, 판단이나 의사결정에서의 능력, 혹은 신체적 능력 등에서 연령에 따른 차이가 있을 것이고, 결국 노화에 따라 발생하는 이러한 단계들에서의 차이가 도로 횡단과 같은 교통 행동의 차이를 유발하는 원인이 될 수 있을 것이다.

연령의 변화에 따라 발생하는 보행과 같은 교통 행동에서의 차이가 어느 특정 단계의 핵심적인 역할에 의해 발생하는지, 아니면 위에서 열거한 모든 단계들의 복잡한 상호과정을 통해 발생하는지는 쉽게 판단하기 어려운 문제이다. 그러나 도로 횡단 수행 자체가 단순한 지각-반응의 범위를 넘어서는 과제라는 것은 당연하기 때문에 연령과 교통 행동 사이의 관계를 살펴보기 위해서는 다양한 범위의 변인들에 대한 체계적 조작과 이러한 변인들 사이의 상호작용에 대한 구체적인 탐색이 이루어지는 것이 더 타당하리라 판단된다.

본 연구에서는 연령에 따른 수행의 차이를 보다 구체적으로 분석하기 위해 신호탐지론(signal detection theory)에 근거하여 실험 결과를 분석하고 설명하였다. 신호탐지론은 참가자의 반응민감도(sensitivity)와 반응편향(response criterion)을 비교하는데 유용한 이론이다.

Rosenbloom과 Wolf(2002)는 운전 중 앞 차와의 거리 유지, 황색등 점멸시의 딜레마 상황 등과 같은 일상에서 접할 수 있는 여러 가지 교통 딜레마 상황에 대해 신호탐지론을 적용하여 연령과 감각추구 경향성에 따른 민감도와 반응편향을 분석하였고, 그 결과 연령에 따른 감각추구와 반응편향에 차이가 있음을 발견하였다. 본 연구에서도 신호탐지론을 적용하여 실험참가자의 반응에 대한 민감도와 반응편향을 독립적으로 분석하고자 한다. 이를 바탕으로 연령에 의한 교통 행동의 차이가 주어진 상황을 정확하게 탐지하고 파악하는 능력에 기인한 것인지(민감도 차이), 교통 상황을 정확하게 탐지하는 능력보다는 탐지 후에 반응을 결정하는 경향성에서의 차이 때문인지(반응편향의 차이), 아니면 두 과정 모두에서의 차이 때문인지를 확인할 수 있을 것이다.

도로 횡단 수행에서의 연령별 차이

도로를 안전하게 횡단하기 위해서는 주변의 차량 속도 및 차량과의 거리등을 정확하게 파악해야 한다. 이것은 보행자의 감각, 지각, 인지 및 신체 능력이 통합적으로 관련된 과정이기 때문에, 연령의 증가에 따라 이러한 과정에서의 기능이 저하될 수 있는 고령 보행자에게는 횡단 여부를 결정하는 것뿐만 아니라 횡단 과제를 수행하는 것 자체도 쉽지 않은 일이 될 수 있다(Corso, 1981; Roenker, Cissell, Ball, Wadley, & Edwards, 2003; Salthouse, 1991).

Oxley, Ihlen, Fildes, Charlton, 그리고 Day (2005)는 시뮬레이션으로 구현된 도로 횡단 과제를 통해 일반적 보행 속도 및 도로 횡단 위험도(각 연령 집단의 평균 보행 속도를 사전에 측정하여 차간 시간간격과 보행 속도, 그

리고 건널 수 있다고 응답한 반응의 비율을 비교하여 계산)를 연령별 집단(30~45세 집단, 60~69세 집단, 75세 이상의 집단)에 따라 비교하였다. 그 결과, 30~45세 집단과 60~69세 집단 사이에서는 일반적 보행 속도와 도로 횡단 위험도에서 유의한 차이가 없었으나, 75세 이상의 집단은 이 두 집단에 비해 더 느린 보행 속도와 더 높은 도로 횡단 위험도를 보이는 것으로 관찰되었다. 특히, 75세 이상의 고령 보행자들은 다른 집단의 실험 참가자들에 비해 (1) 신체/감각적 능력이 상대적으로 더 낮았을 뿐만 아니라, (2) 위험을 수반하는 결정(예를 들어, 실제로는 건널 수 있는 상황이 아님에도 불구하고 횡단이 가능하다고 반응하는 것)의 비율도 유의하게 더 높았고, (3) 자신의 보행 속도를 실제 자신의 보행 속도보다 과소 추정하는 경향(즉, 실제 보행 속도보다 자신이 더 빠르게 걸을 수 있다고 보행 능력을 과대 추정하는 경향)을 보였다.

교통안전을 다룬 연구 영역에서 도로 횡단은 현재까지 매우 활발하게 연구되고 있는 주제이다. 특히, 고령 보행자들을 대상으로 한 많은 연구들에서 고령 집단의 도로 횡단 수행은 다른 집단에 비해 유의하게 저조하다는 수렴적/일반적 결과들이 보고되고 있다. 그러나 고령 보행자들의 도로 횡단 수행이 다른 집단에 비해 일반적으로 더 저조하다는 (보기에 따라서는 매우 당연하게 받아들여 질 수 있는) 결과보다도 더 주목하여야 하는 문제는 고령 집단의 경우 도로 횡단과 관련된 의사결정에서 보다 위험한 결정(즉, 차량 속도와 보행자의 보행 속도, 그리고 차량과의 거리 등을 종합적으로 고려했을 때 횡단하는 것이 불가능함에도 불구하고 횡단할 수 있다고 판단하는 것)의 비율이 유의하게 더 높았다는 점

이다(Oxley, 2000; Oxley, Ihsen, Fildes, Charlton, & Day, 2005). 이러한 결정에 따른 무리한 도로 횡단은 결과적으로 고령 보행자의 치명적 사고로 이어지기도 한다(ATSB, 2002; CEC, 2000; Mitchell, 2000; NHTSA, 2001; OECD, 2001).

연구 목적

본 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, 도로 횡단 과제에서의 수행 차이가 연령에 따른 민감도의 차이인지 아니면 반응편향의 차이인지를 신호탐지론을 적용하여 독립적으로 분석함으로써 연령에 따라 차별적으로 관찰되는 교통 행동 특성(혹은 고령층 교통사고의 원인)에 대해 좀 더 구체적으로 확인하고자 한다.

둘째, 기존의 연구에서는 참가자 전체의 평균 보행 속도에 기초하여, 이를 기준으로 실험참가자 중 몇 명이 횡단보도를 건널 수 있는지 예측한 후에 이를 실제 측정된 값과 비교하였다. 그러나 보행 속도는 개인마다 다르고 이것이 도로 횡단의 성공 여부를 결정하는데 중요한 역할을 할 것이기 때문에 도로 횡단 결정이 옳았는지의 여부는 개인의 보행 속도를 충분히 반영하여 판단되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 실험참가자 각자의 보행 속도를 미리 측정된 후 이를 기초로 도로 횡단 상황에서 참가자가 했던 횡단 가능 여부의 판단이 옳았는지를 분석하고자 한다. 이를 통해 보행 속도에서의 개인차가 충분히 반영된 반응편향을 검토할 수 있을 것이다.

연구방법

본 실험에서는 (1) 도로 횡단 여부를 결정하



(a) 횡단위치=건너편 차선



(b) 횡단위치=동일 차선

그림 1. 본 실험에 사용된 횡단 위치에 따른 실험 자극의 예시

는데 중요한 교통 상황 요인인 접근 차량의 속도, 선행차량-후속차량의 시간 간격 및 보행자의 횡단 위치(즉, 그림 1에 제시된 바와 같이 접근 차량으로부터 건너편 차선에서 횡단을 시작하는 조건과 접근 차량과 동일한 차선에서 횡단을 시작하는 조건; 이후 전자의 조건을 ‘횡단 위치 = 건너편 차선’으로, 후자의 조건을 ‘횡단 위치 = 동일 차선’으로 표기함)를 체계적으로 조작하고, 실험참가자들 각자의 보행 속도에 기초하여 실제로 횡단이 가능한 상황과 그렇지 않은 상황을 구분하였다. 그리고 (2) 각각의 상황에서 보행자의 도로 횡단 결정 경향이 민감도 차이에 의한 것인지 아니면 반응편향 차이에 의한 것인지를 신호 탐지론을 토대로 분석하였다. 이를 통해 도로 횡단 여부를 결정하는 여러 요인들이 갖는 상대적 중요성을 평가할 수 있을 것으로 기대된다.

참가자

심리학과 강의를 수강하는 부산대학교 학부생 20명(평균 21.95세, SD=1.83)과 부산대학교

인근에 거주하는 60세 이상의 참가자 20명(평균 67.7세, SD=4.37)을 대상으로 실험을 실시하였다. 참가자들은 모두 정상 시력을 가진 건강한 상태였으며, 실험에 참가한 후 일정 금액의 인센티브를 받는 조건으로 자발적으로 참가하였다.

실험재료

여러 횡단 가능 상황들 중에서 본 연구의 목적에 부합하고 미리 설정한 독립변인의 수준에 맞도록 차량들을 제어한 후 이 장면들을 두 대의 캠코더를 이용하여 촬영하고 이 장면들을 편집한 후, 스크린을 통해 투사하는 방식으로 실험을 진행하였다. 실험 자극을 얻기 위한 촬영은 부산대학교 내에 있는 약 360m 길이의 직선도로(너비 6.5m)에서 진행되었고, 안전을 위해 학교 측에 미리 사전 통보를 하고 촬영에 사용되는 도로로 진입이 가능한 지점을 통제 한 후에 촬영을 실시하였다. 360m의 직선 도로에서 처음 출발부터 약 200m지점까지는 가속 주행 구간으로 선행차량 및 후속차량이 실험 조건에 맞는 속도까지 가속을 하기

위한 구간이었다.

가속 구간이 끝나고 차량이 캠코더의 촬영 가능 위치에 들어서는 지점으로부터 캠코더 촬영 위치까지의 약 130m는 등속 주행 구간으로 이 구간에서 선행차량은 60km/h로 속도를 일정하게 유지하고 후속차량은 실험 조건에 따라 각각 40km/h, 60km/h, 80km/h로 등속 주행하였다. 촬영에 사용된 차량은 선행차량과 후속차량 각 1대씩이었다. 두 대의 캠코더 중 캠코더 1은 편도 2차선 도로에서 선행차량 및 후속차량이 보행자와 먼 쪽의 차선에서 접근하는 상황을 촬영하였고, 캠코더 2는 같은 위치에서 보행자와 가까운 쪽의 차선으로 선행차량과 후속차량이 접근해 오는 상황을 촬영하였다(그림 2).

선행차량과 후속차량의 간격과 차량의 속도는 Oxley의 관찰 연구들(Oxley, 2000; Oxley, Fildes, Ihsen, Charlton, & Day, 1997)의 결과를 참고하여 후속차량 속도(40, 60, 80km/h)와 선행차량-후속차량 시간 간격(2, 5, 8초)을 각각 세 수준으로 조작하였다(예를 들어, 선행차량-후속차량 간격이 5초라면 5초 후에 후속차량이 선행차량의 현재 위치에 도달한다는 것을

의미한다). 그리고 후속차량의 속도가 40km/h인 경우 선행차량이 60km/h로 주행을 할 때 2초 간격으로 후속차량이 도착하는 조건이 실제로 구현 불가능하였기 때문에 2초 조건을 제외하였다. 횡단의 위치에 따라서는 접근 차량과 가까운 쪽 인도에서 건너는 경우(캠코더 2로 촬영한 장면)와 접근 차량과 먼 쪽 인도에서 건너는 경우(캠코더 1로 촬영한 장면)의 두 가지 조건이 있었다.

시뮬레이터 및 기구

비디오 캠코더로 촬영된 횡단보도 상황을 실험참가자의 2미터 전방에 위치해 있는 3m×4m 크기의 스크린에 프로젝터(EIKI KD7000)를 이용하여 모사하였다. 실험 참가자들은 횡단 위치로 설정된 지점(화면으로부터 2미터 떨어진 지점)에 설치된 키보드를 이용해 반응을 하였으며, 참가자들의 반응 시간과 데이터는 메인컴퓨터(P-III, 500MHz)에 전달되었다. 시뮬레이터 상황에서 발생할 수 있는 소리들은 증폭기(Inkel, CTA-4)와 스피커(Inkel, DJ-81, 100W) 두 대를 이용하여 제시하였다.

실험 절차

실험이 시작되기 전에 참가자들에게 6.5m의 거리(이 거리는 실험에서 도로 횡단 상황을 촬영한 실제 도로의 폭과 같은 거리이다)를 자신이 생각하기에 보통의 보행 속도라고 여겨지는 속도와 빠른 보행 속도라고 여겨지는 속도로 각각 3회씩 총 6회 보행하도록 하였다. 이 보행 속도 자료는 도로 횡단의 정확성 및 반응 경향을 평가하는데 사용되었다. 실험참가자들의 보행 속도를 조건별로 비교한 결과

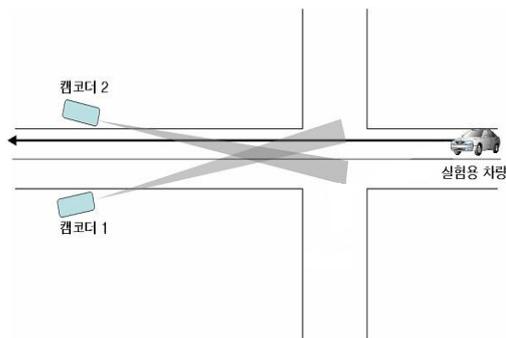


그림 2. 실험 자극 촬영에 사용된 캠코더의 위치 및 촬영 각도

표 1. 연령별 보행속도의 평균과 표준편차.

	보통 보행속도		빠른 보행속도	
	평균 (초)	표준 편차	평균 (초)	표준 편차
젊은층	4.92	0.73	3.64	0.71
고령층	5.21	0.86	3.82	0.51

(표 1 참조) 두 집단 사이의 보행 속도에는 유의한 차이가 없었다.

실험참가자들은 스크린으로부터 2m 떨어진 지점에서 실험에 참가하였다. 참가자의 앞에 위치한 책상에는 키보드가 설치되어 있고 건널 수 있다고 판단될 때 누르는 ‘예’로 표시된 키와 건널 수 없다고 판단될 때 누르는 ‘아니오’로 표시된 키를 제외한 나머지 키들은 보이지 않게 덮개를 씌웠다. 화면에서 ‘시작’이라는 글자가 제시되고 2000msec 후에 선행 차량이 도로를 따라 참가자의 앞을 지나가고 (선행차량의 속도는 모든 실험 조건에서 60km/h로 동일하였다), 그 뒤에 후속차량이 지나가게 된다(차량의 속도와 선행차량-후속차량의 시간 간격은 체계적으로 조작하였다). 참가자가 수행해야 할 과제는 선행차량이 자신의 앞을 통과한 이후에 후속차량의 속도나 실험 참가자로부터 떨어진 거리를 종합적으로 검토하여 후속차량이 자신의 앞을 지나가기 전에 자신의 ‘보통 보행 속도’로 도로를 건널 수 있는지의 여부를 판단하는 것이다. 만일 그 사이에 도로를 건널 수 있다고 생각되면 ‘예’ 키를 누르고, 그렇지 않다고 생각되면 ‘아니오’ 키를 누르면 된다.

각 시행 종료 후에는 참가자들이 도로 횡단 여부의 결정에 얼마나 확신하는지를 1~9 사이의 척도를 통해 응답하도록 하였다(‘1’에 가

까울수록 자신의 판단에 확신하지 않는다는 것을, 반면 ‘9’에 가까울수록 자신의 판단에 확신한다는 것을 의미한다). 참가자들은 도로 횡단 결정 여부에 대한 자신의 확신 수준을 실험자에게 구두로 보고하고, 실험자는 이를 기록하였다. 본 실험에 앞서 10분 동안 과제에 충분히 숙달될 수 있도록 연습 시행을 실시하였다. 본 실험에서 각각의 참가자는 후속 차량의 속도의 세 수준(40, 60, 80km/h)과 선행 차량-후속차량 간격의 세 수준(2, 5, 8초)으로 조합된 각각의 조건에 대해 2회씩 무선적으로 참가하였다.

종속변인 및 분석

실험참가자의 횡단 위치(먼 지점 vs. 가까운 지점), 후속차량의 속도(40, 60, 80km/h) 및 선행차량-후속차량의 시간 간격(2, 5, 8초)의 조건에 따라 (1) 실험참가자들이 보인 반응 유형들의 상대적 빈도 및 반응에 대한 확신 정도와 (2) 도로 횡단 판단의 정확성(민감도) 및 판단에 영향을 미칠 수 있는 반응 경향에 대한 측정치들이 종속변인으로 사용되었고, 이들에 대한 분석은 자료가 갖는 속성에 따라 빈도 분석과 변량 분석이 채택되었다. 종속변인들에 구체적인 기술은 아래와 같다.

반응유형 빈도 및 확신수준

먼저 실험참가자들이 보인 반응 유형의 상대적 빈도는 실험참가자 각각의 보행 속도와 반응시간, 그리고 선행차량-후속차량의 시간 간격을 통해 구분되었다. 예를 들어, 선행차량이 지나가고 난 이후 실험참가자가 횡단 여부를 판단하기까지 걸린 반응시간과 실험참가자의 ‘보통 보행 속도’를 더한 값이 선행차량-후

속차량 사이의 시간 간격(즉, 선행차량이 지정된 지점을 통과한 후 후속차량이 그 지점에 도달하기까지의 시간) 보다 더 짧다면 실험참가자가 도로를 횡단할 수 있는 상황으로, 반면 이 시간이 더 길다면 실험참가자가 횡단할 수 없는 상황으로 분석되었다.

이러한 각각의 경우에 대해 실험참가자들은 ‘건널 수 있다’고 반응하거나 반대로 ‘건널 수 없다’고 반응할 것이다. 즉, 자신의 보행 속도로 건널 수 있을 때 ‘예’라고 반응한 경우 적중(hit), 건널 수 없는데 ‘예’라고 반응한 경우 헛경보(false alarm), 건널 수 있는데 ‘아니요’라고 대답한 경우 탈루(miss), 그리고 건널 수 없는데 ‘아니요’라고 대답한 경우 정기각(correct rejection)으로 기록하였다. 이 자료 중 적중률과 헛경보율은 민감도와 반응편향을 계산할 때 사용되었다.

민감도와 반응편향

신호탐지론(signal detection theory)을 이용한 반응 유형 분석은 실험참가자의 감각 능력에 기초한 반응의 정확성(민감도, sensitivity, d')뿐만 아니라 편향된 응답의 정도(반응편향, criterion, β)를 정규화된 지수로 만들 수 있다는 장점이 있다. 또한 반응 민감도와 반응편향을 독립적으로 검토함으로써 관찰된 수행상의 변화가 실험참가자의 민감도 변화에 따른 것인지, 아니면 반응편향에서의 변화에 따른 것인지 파악할 수 있다.

신호탐지분석의 경우 실험참가자의 ‘적중 반응’ 비율과 ‘탈루 반응’ 비율의 합은 항상 1.00이고, ‘헛경보 반응’ 비율과 ‘정기각 반응’ 비율의 합 역시 항상 1.00이기 때문에 일반적으로 ‘적중 반응(H)’과 ‘헛경보 반응(FA)’만을 사용하여 민감도와 반응편향을 계산한다. 본

연구에서 사용한 민감도와 반응편향에 대한 계산식은 다음과 같다.

$$\text{민감도} = z(H) - z(FA)$$

$$\text{반응편향} = -[z(H) + z(FA)]/2$$

여기에서 민감도의 값이 클수록 더 정확하게 판단(반응)하였다는 것을 의미한다. 그리고 반응편향 점수가 양수인 경우에는 더 보수적인 방향으로 반응이 편향되었다는 것을 의미하는 반면, 음수인 경우에는 더 모험적인 방향으로 반응이 편향되었다는 것을 의미한다. (‘0’인 경우에는 반응이 어느 쪽으로도 편향되지 않음을 의미한다).

연구결과

반응유형 분석과 반응확신 수준

먼저 젊은층 집단과 고령층 집단의 도로 횡단 과제에서의 반응 유형 빈도를 분석한 본 결과(그림 3 참조), 참가자의 연령과 반응 유형의 빈도 간에 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었는데($\chi^2 = 30.03$, $df = 3$, $p < 0.001$). 횡단이 가능한 상황의 경우 젊은층의 실험참가자들은 ‘건널 수 있다’고 판단하여 횡단을 결정한 ‘적중’ 비율이 가장 높았던 반면, 고령층 실험참가자들은 실제로 횡단할 수 있는 상황에서도 ‘횡단할 수 없다’고 반응한 ‘탈루’ 비율이 가장 높았다. 고령층 실험참가자들의 경우 실제로 횡단이 불가능한 상황에서 횡단할 수 없다고 반응한 ‘정기각’ 비율 역시 젊은층 실험참가자들에 비해 더 높았다. 그러나 가장 흥미 있는 ‘헛경보’의 반응 비율(즉, 횡단할 수 없는데 횡단할 수 있다고 잘못 판단하

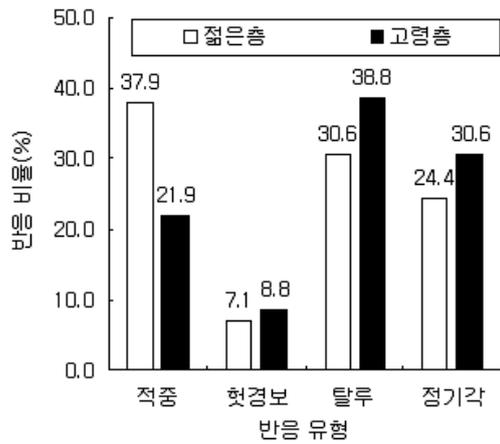


그림 3. 연령별 반응 유형의 비율

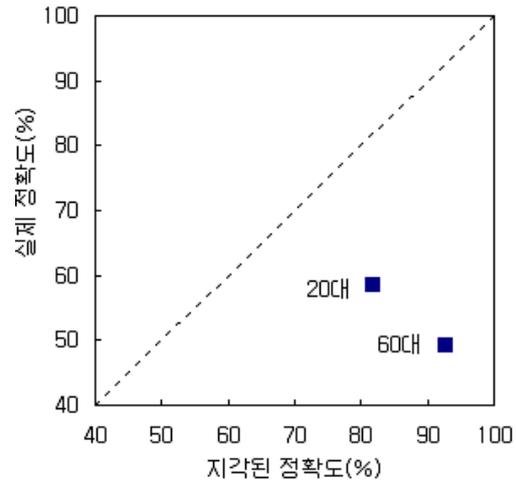


그림 4. 연령에 따른 도로 횡단 판단 정확성의 보정 곡선

는 경우)은 두 집단 모두 유사한 수준에서 다른 반응 유형에 비해 낮은 비율을 보였다.

이 자료를 바탕으로 참가자의 실제 판단의 정확도와 자신이 추정한 정확도 사이의 일치 정도를 Koriat과 Goldsmith(1996)의 보정 곡선(calibration curve)을 통해 살펴보았다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 젊은층 집단과 고령층 집단 모두 실제의 정확도 보다 주관적으로 추정하는 자기 판단의 정확도 수준이 더 높았다. 특히 고령층 집단은 젊은층 집단에 비해 상대적으로 실제 정확도는 낮았지만 확신감(지각된 정확도) 수준은 더 높았다. 이러한 경향은 다른 연구에서도 발견되었다(예를 들어, Lee, Stone, Gore, Colton, Macauley, Kinghorn, Campbell, Finch, & Jamieson, 1997).

본 실험에서 조작된 다른 변인들(즉, 선행차량-후속차량 사이의 시간 간격과 거리 및 접근하고 있는 후속차량의 속도)에 따라 횡단 여부 판단에서 연령별로 어떠한 차이가 있는지 살펴보기 위해 Oxley 등(2005)의 연구와 동일한 방법을 이용하여 분석한 결과가 그림 5에 제시되어 있다. Oxley 등(2005) 지적한대로

이러한 분석을 통해 실험참가자들이 건널 수 있다고 반응하는 경향에 가장 많은 영향을 주는 요인을 확인할 수 있을 것이다.

그림 5를 보면, 두 연령 집단 모두 일반적으로 도로 횡단의 여부를 결정할 때, 후속차량의 속도보다는 후속차량이 선행차량과 얼마나 떨어져 있는지, 즉 두 차량 사이의 차간 거리에 더 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 같은 시간 간격의 구간에서는 선행차량이 지나가고 후속차량은 속도에 관계없이 모든 조건에서 동일한 시간 안에 도착하게 된다. 예를 들어, 선행차량-후속차량 사이의 시간 간격이 8초일 때, 후속차량이 40km/h로 접근하고 있는 경우나 80km/h로 접근하고 있는 경우 모두 선행차량이 보행자의 앞을 지나간 후 8초 후에 보행자의 앞을 지나게 된다. 따라서 이론적으로는 두 차량 사이의 시간 간격이 같기 때문에 횡단의 가능성은 동일한 조건이다. 그러나 ‘예’ 반응의 비율은 두 차량 사이의 시간 간격이 동일함에도 불구하고 두

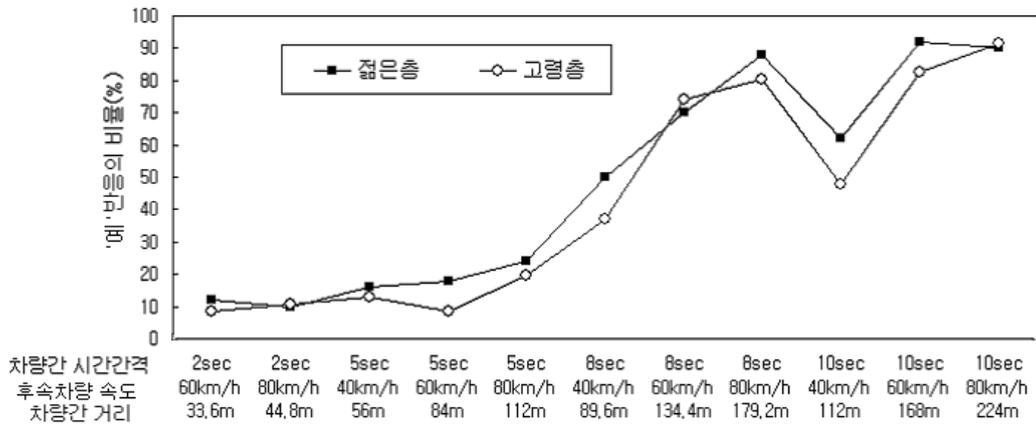


그림 5. 선행차량-후속차량 시간 간격, 후속차량의 속도, 선행차량-후속차량 사이의 거리에 따른 연령별 '예' 반응의 비율

차량 사이의 거리에 따라 더 증가하고 있다. 이러한 경향이 나타나는 이유는, 선행차량이 지나가고 후속차량이 도착하기 전에 도로 횡단의 여부를 판단하는 과제는 비교적 빠른 의사결정을 요구하는 과제이기 때문에 판단이 부정확하고 더 많은 관찰시간이 요구(Mortimer, 1990)되는 차량의 속도 단서 보다는, 빠르고 쉬운 판단이 가능한 접근 차량과 자신 사이의 거리 단서에 의존하여 횡단 여부를 결정하였기 때문인 것으로 보인다. 또한 80km/h-5초 조건과 40km/h-8초 조건을 비교해 보면 후속차량이 떨어진 거리는 두 조건에서 각각 112m, 89.6m로 두 번째 조건에서의 차간 거리는 더 짧았지만 '건널 수 있다'는 반응 비율은 시간 간격이 더 늘어남에 따라 증가하였다. 이와는 대조적으로 80km/h-8초 조건과 40km/h-10초 조건의 경우 각각의 거리는 179.2m, 112m로 두 번째 조건에서 차간 거리가 더 짧아진 대신 두 차량 사이의 시간 간격은 2초 더 증가하였지만 '건널 수 있다'는 반응 비율은 오히려 줄어들었다.

이러한 경향은 Oxley 등(2005)의 연구에서도

관찰되었다. 즉, 실험참가자들이 '건널 수 있다'고 판단하는 데는 후속차량의 속도 단서에만 의존하거나 두 차량 사이의 거리 단서에만 의존하는 것이 아니라, 이 두 가지 단서를 통합하여 판단하는 것으로 보인다. 특히 이러한 두 가지 서로 다른 단서들의 통합에 의한 횡단 여부 결정의 경향은 연령과는 관련이 없는 것으로 보인다(즉, 그림 5에서 두 집단의 '예' 반응 비율은 조건에 따라 매우 유사한 추세를 보이고 있다). 그러나 전체적인 경향을 봤을 때, 두 차량 사이의 거리가 증가함에 따라 '예' 반응 비율도 점차 증가하는 것으로 보여, 실험참가자들은 횡단 여부를 결정하기 위해 후속차량의 속도 단서와 두 차량 사이의 거리 단서 중에서 후자에 더 많은 비중을 두는 것으로 보인다.

민감도와 반응편향

앞에서 소개한 두 개의 공식을 통해 민감도와 반응편향에 대한 변량분석(ANOVA)을 실시하였다. 먼저, 횡단 결정의 정확성 즉, 반응

논 의

민감도의 경우 연령에 따른 주효과[$F(1, 38) = 7.37, MSE = 1.23, p < 0.01$]와 횡단위치에 따른 주효과가 모두 통계적으로 유의하였다[$F(1, 38) = 10.04, MSE = 0.38, p < 0.01$, 그림 6의 왼쪽]. 이러한 결과는 젊은층 집단이 고령층 집단에 비해, 그리고 ‘횡단 위치 = 건너편 차선’ 조건보다는 ‘횡단 위치 = 동일 차선’ 조건에서 실험참가자들의 민감도가 더 높았기 때문이다(즉, 더 정확하게 반응하였다).

반응편향에 대한 변량분석 결과도 유사한 양상을 보였다(그림 6의 오른쪽). 즉, 고령층 집단이 젊은층 집단에 비해[$F(1, 38) = 4.32, MSE = 0.16, p < 0.05$], 그리고 ‘횡단 위치 = 건너편 차선’ 조건에 비해 ‘횡단 위치 = 동일 차선’ 조건의 경우에 더 보수적으로 반응하는 경향을 보였다[$F(1, 38) = 30.05, MSE = 0.05, p < 0.01$]. 그리고 민감도와 반응편향에 대한 연령과 횡단위치 사이의 상호작용은 모두 통계적으로 유의하지 않았다(그림 6에서 연령과 횡단위치에 따른 각각의 실험 조건에 대해 관찰치를 모두 제시한 이유는 연령과 횡단위치에 따른 민감도와 반응편향의 전반적 양상을 보기 위해서이다).

도로를 횡단할 때 보수적인 반응 경향은 교통 행동을 더 안전하게(더 조심스럽게) 수행한다는 것을 의미한다. 그러나 이것이 최적의 선택인지의 여부는 교통 상황에 따라 달라진다. 예를 들어, 본 실험의 결과에 따르면 고령층 집단은 젊은층 집단에 비해 상대적으로 더 보수적으로 반응하였는데, 이것은 횡단 여부와 관련한 의사결정 시간이 상대적으로 더 길어질 수 있도록 하며, 이에 따라 잘못된 의사결정 조건에서는 더 성급하게 반응하게(혹은 더 부정확하게) 함으로써 오히려 더 위험한 상황을 초래할 수도 있기 때문이다.

본 연구에서 관찰된 고령층 보행자들의 보수적 반응경향성은 Oxley 등(2005)의 연구 결과와 비교해 볼 때 시사하는 바가 많다. 즉, Oxley 등(2005)의 연구 결과에 따르면 고령의 보행자는 자신들이 갖고 있는 보행 수행에 대한 높은 확신수준 때문에 횡단할 수 없는 상황에서도 ‘건널 수 있다’라고 반응하는 경향을 보인다. 이러한 주장과 동일하게 본 연구에서도 고령 보행자는 자신의 반응에 대해 정확하

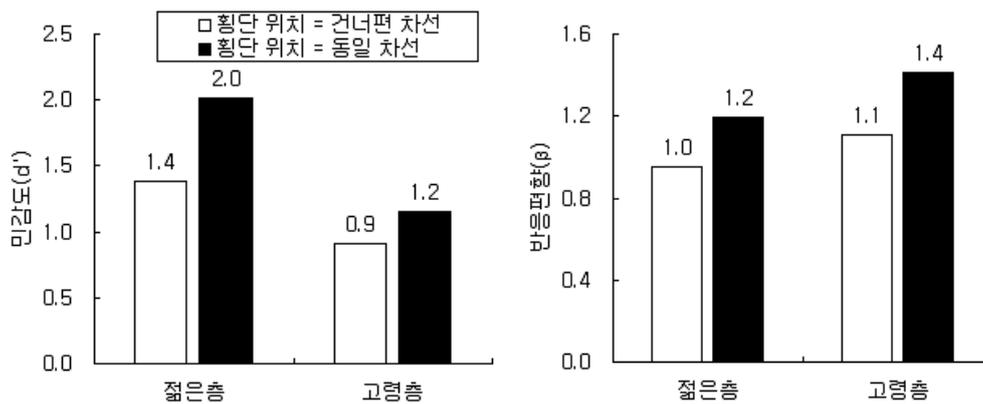


그림 6. 횡단위치에 따른 연령별 반응 민감도와 반응편향

게 반응하였다고 확신하는 수준은 실제 반응의 정확도에 비해 더 높았다(그림 4).

그러나 본 실험에서 고령의 보행자들은 젊은층 보행자들에 비해 반응이 더 보수적인 쪽으로 편향되는 것을 감안하면 도로 횡단 상황에서 고령의 보행자들이 자신의 실제 보행 능력에 비해 더 큰 확신 보행 수준을 보이는 것은 그들의 반응 경향성이 모험적이기 때문이 아니라(반응 경향성은 본 연구의 결과 오히려 보수적이었다) 신호탐지의 민감도와 관련된 지각의 문제가 더 중요한 원인(즉, 반응 이전에 상황을 인식하고 지각하는 단계에서의 기능 저하가 잠재적인 도로 횡단 사고의 위험과 더 밀접한 관련이 있다)이라고 생각할 수 있을 것이다. 특히, 이러한 낮은 민감도에 기반을 둔 결정이 주관적으로 높은 수준의 확신감과 결합된다면 아주 위험한 상황을 초래할 수 있을 것이다.

보행자들의 횡단 위치도 횡단결정의 정확성과 반응편향에 영향을 미치는 것으로 보인다. 즉, 본 연구에서 실험참가자들은 ‘횡단 위치 = 건너편 차선’ 조건보다는 ‘횡단 위치 = 동일 차선’ 조건의 경우에 상대적으로 더 민감하고, 더 보수적으로 반응하였다. 이것은 ‘횡단 위치 = 동일 차선’ 조건의 경우 접근 차량을 보다 가까이 관찰 할 수 있었기 때문에 더 정확하게 반응할 수 있었고(즉, 이 조건에서는 ‘적중 반응’의 비율은 높았던 반면 ‘헛경보 반응’의 비율은 낮았다), 그 대신 접근 차량과 가까운 위치에서 횡단해야 한다는 점이 심리적 부담으로 작용하여 ‘횡단 위치 = 건너편 차선’ 조건에서 횡단 여부를 결정할 때에 비해 상대적으로 위험을 더 느껴 보수적으로 반응했을 것이다. 반면, ‘횡단 위치 = 건너편 차선’ 조건의 경우 접근해 오는 차량과 멀리 떨

어져 있기 때문에 상대적으로 덜 민감하게 반응했지만 횡단을 시도하는 위치가 접근하는 차량과 약 3m 이상의 거리를 유지하고 있었기 때문에 횡단 결정의 심리적 부담이 비교적 가벼웠고, 이 때문에 좀 더 모험적인 반응경향을 보였다고 판단된다.

본 연구에서는 고령 보행자들이 보수적 반응경향성과 낮은 민감도를 보이는 반면, 자신의 보행 행동에 대한 주관적 확신 수준은 젊은층 보행자들보다 상대적으로 더 높았는데, 이러한 결과는 보행과 같은 교통 행동을 결정짓는 고령층의 심리적 속성에 대한 좀 더 철저한 분석이 수반되어야 함을 시사한다. 다시 말해 고령층 보행자들의 주관적 확신 수준이 실제 민감도나 반응편향과는 대조적인 방향으로 관찰된 이유를 탐색해 보아야 할 것이다. 예를 들어, 고령 보행자들은 자신의 지각적/신체적 능력이 저하되어 있다는 것은 인식하면서도 자신의 판단이나 의사결정 능력은 문제가 없다고 생각하는 경향을 보인다면 반응은 보수적으로 하면서도 자신의 판단 정확도에 대한 확신 수준은 실제 정확도보다 더 클 수 있기 때문이다.

고령층의 교통사고와 안전에 관한 문제를 해결하기 위해서는 인적 요인에 대한 정확한 접근과 분석, 즉, 고령층의 특성과 사고의 잠재적인 요소들에 대한 구체적인 검증과 연구가 선행되어야 할 것이다. 본 연구를 비롯하여 이 주제에 관한 많은 추후 연구가 계속 이루어지길 바란다. 이러한 연구들은 노화에 따른 높은 교통사고율의 보다 구체적인 원인에 대해 좀 더 의미있는 설명과 대책을 제시할 수 있을 것이다.

참고문헌

- Australian Transport Safety Bureau (ATSB). (2002). *Pedestrian Facts*. Canberra: ATSB publications.
- Commission of European Communities (CEC). (2000). *Priorities in EU Road Safety: Progress Report & Ranking of Actions*. Brussels: CEC publications.
- Corso, J. (1981). *Aging Sensory Systems and Perception*. New York: Praeger Publishers.
- Koriat, A., & Goldsmith, M. (1996). Monitoring and control process in the strategic regulation of memory accuracy. *Psychological Review*, 13, 490-517.
- Lee, J. D., Stone, S., Gore, B. F., Colton, C., Macauley, J., Kinghorn, R., Campbell, J. L., Finch, M., & Jamieson, G. (1997). *Advanced Traveller information systems and commercial vehicle operations components of the intelligent transportation systems: Design alternatives for in-vehicle information displays*. U.S. Federal Highway Administration technical report FHWA-RD- 96-147. McLean, Virginia.
- Mitchell, C. (2000). Some implications for road safety of an aging population. *Transport Trends*, 26-34. London: Transport and the Regions, Stationary Office.
- Mortimer, R. G. (1990). Perceptual factors in rear-end crashes. *Human factors and Ergonomics Society 34th Annual Meeting*, Santa Monica, CA, 591-594.
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). (2001). *Traffic Safety Facts 2000: Pedestrians* (Report No. DOT-HS-809311). Washington DC: US Department of Transport.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2001). *Aging and Transport. Mobility Needs and Safety Issues*. Paris: OECD publications.
- Oxley, J. (2000). *Age differences in road crossing behaviour*. Unpublished Ph.D. Thesis, University of Monash, Melbourne.
- Oxley, J., Fildes, B., Ihsen, E., Charlton, J., & Day, R. (1997). Differences in traffic judgments between young and older adults pedestrians. *Accident Analysis & Prevention*, 29, 839-847.
- Oxley, J., Ihsen, E., Fildes, B., Charlton, J., & Day, R. (2005). Crossing roads safely: An experimental study of age differences in gap selection by pedestrians. *Accident Analysis & Prevention*, 37, 962-971.
- Roenecker, D., Cissell, G., Ball, K., Wadley, V., & Edwards, J. (2003). Speed-of-processing and driving simulator training result in improved driving performance. *Human Factors*, 45, 218-234.
- Rosenbloom, T., & Wolf, Y. (2002). Signal detection in conditions of everyday life traffic dilemmas. *Accident Analysis & Prevention*, 34, 763-772.
- Salthouse, T. (1991). *Theoretical Perspectives on Cognitive Aging*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Association.
- 1차 원고접수 : 2007. 7. 5
2차 원고접수 : 2007. 8. 14
최종게재결정 : 2007. 8. 16

Analysis of Age Difference in Road Crossing Behavior Using Signal Detection Theory

Joonbum Lee

Jaesik Lee

Department of Psychology, Pusan National University

The purpose of the present study was to investigate the age difference in road crossing behavior. The participants were instructed to report whether they can cross the road (this road scene the other elements relating to road crossing were recorded previously and projected the simulation screen) after the leading vehicle passed them (i. e., before the target vehicle arrived). The participants' judgment accuracy and response bias were analyzed by using signal detection theory. The results showed that the old group tended to be less sensitive and more conservative in deciding road crossing. This tendency implies that the aged group's low sensitivity can be one of the major factors of their high accident rate in road-crossing situation.

Key words : Road crossing, Signal Detection Theory, Age difference, Aged pedestrians