
가성무시가 시지각과 운전수행에 미치는 영향

: 드라이빙 시뮬레이터를 이용하여

The Effect of Pseudoneglect on Visual Perception and Driving : Using a Driving Simulator

장성리, Sunglee Jang*, 구분대, Bondae Ku**, 나덕렬, Duklyul Na** 이장한, Janghan Lee***

요약 가성무시(pseudoneglect)란, 신경학적 손상이 없는 정상인들이 무시증후군(visuospatial neglect)을 탐지하는데에 가장 많이 사용하는 선 이등분(line bisection)검사에서 좌측으로 치우쳐서 중심점을 표시하는 현상으로써, 우반구 손상을 입은 환자들이 공간의 좌측을 무시하고 중심점 우측으로 선을 이등분하는 것과는 반대된다. 본 연구는 시각적 주의에 영향을 미치는 가성무시현상에 대해 선 이등분과 선 사등분 전략을 적용한 도로에서의 모의운전(driving simulation)과 지필검사를 이용하여 확인하였다. 지필검사에서는 선 이등분점과 좌측 사등분점이 유의미하게 좌측으로 치우친 반면, 우측 사등분 점은 유의미한 좌측 치우침을 보이지 않았다. 모의운전에서는 차량의 우측 치우침이 도로 조건과 관계없이 나타났으나 각 도로에 대한 상대적 치우침을 분석한 결과, 선 이등분 조건의 도로 1이 가장 많은 좌측 치우침을, 우측 선 사등분 조건의 도로 2가 가장 적은 좌측 치우침을 나타내어 지필검사와 모의운전의 결과가 유사하며 모두 좌측 치우침 현상이 있음을 확인했다. 또한 우측 치우침에 대한 원인으로 중앙선 회피효과를 분석한 결과, 중앙선 우측에서 주행한 도로 2와 4에서 회피경향이 나타났다. 본 연구에서는 가성무시가 운전 중에 유의미하게 나타남으로써 일상생활에서도 이와 같은 현상이 존재함을 나타냈다.

Abstract This study's aim was to confirm that pseudoneglect affects visual attention through car laterality, using a driving simulator with either bisection or quadrisection strategies being applied to road usage. On the pencil and paper tests, the left quadrisection and bisection marks deviated significantly to the left. While driving, the car was significantly lateralized to the right of the lane regardless of conditions. However, in terms of relative laterality, the biggest left laterality occurred on roads 1(bisection), while the smallest left laterality occurred on roads 2 (right quadrisection). Thus, the effect of pseudoneglect was demonstrated in both the pencil and paper tests and the driving simulation task. Also, roads 2 and 4, which were driven on the right side of the lane, showed a tendency for drivers to avoid the centerline, as this was the expected cause of right laterality. This study demonstrated that the pseudoneglect phenomenon can occur in a routine driving task.

핵심어: 시각적 주의, 치우침, 모의운전, 선 이등분 및 선 사등분 검사, 가상도로

Keywords: visual attention, laterality, driving simulation, line bisection and quadrisection test, virtual road

본 논문은 2006년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의해 지원되었음 (MOEHRD) (KRF-2006-332-1-D0021).

이 연구는 구분대의 학위논문으로 발표됨.(심사원고에는 저자 관련 사항을 기록하지 않음)

*주저자 : 중앙대학교 심리학과 e-mail: eternity1230@hotmail.com

**주저자 : 명지병원 신경과 교수 e-mail: neurodasan@paran.com

**공동저자 : 삼성서울병원 신경과 교수 e-mail: dukna@skku.edu

***교신저자 : 중앙대학교 심리학과 교수; e-mail: clipsy@cau.ac.kr

1. 서론

편측무시(visuospatial neglect)는 손상을 입은 반구의 반대편에 제시된 자극에 대해 주의를 기울이거나 반응하는 것에 장애를 보이는 증상으로써[1][2], 뇌졸중 환자들에게서 전형적으로 나타난다[3][4]. 주로 좌반구보다는 우반구에서 발생하며 장애의 정도 또한 더욱 심각하다[1][2]. 편측무시로 인한 자극에 대한 부주의의 원인은 일차운동기관이나 감각기관의 결함보다는 감각운동기능의 결합의 실패에 기인한 것으로 알려져 있다[3][4][5].

편측무시를 연구하기 위한 검사도구들 중, 선 이등분검사가 가장 많이 사용되어 왔다. 전형적으로, 편측무시환자들은 수평선을 실제 중심으로부터 오른쪽으로 유의미하게 치우쳐서 표시하는 것으로 나타났다[6]. 신경학적으로 건강한 정상인들도 또한 선을 잘못 이등분하는 오류를 범하는데, 이를 가상무시(pseudoneglect)라고 하며[7] 편측무시환자들과는 반대로 중심점을 왼쪽으로 치우쳐서 표시하는 경향이 나타난다[8][9][10]. 한편, 선 이등분 오류의 방향과 크기는 수많은 개인차 요소(예: 성별, 나이, 손잡이 등)에 의해 달라질 수 있다[10][11][12].

가성무시를 설명하기 위해 주장되어 온 수많은 기제들 중, 가장 많은 지지를 받고 있는 Activation-orientation 이론은[13] 오른손잡이 정상인들을 대상으로 실시한 선 이등분검사에서 공간중심적 지각처리방식이 우반구를 활성화시켜 좌반구에 대한 주의편향을 야기한 결과, 좌측 지각 영역이 강화되어 주관적인 중심점이 왼쪽으로 치우치게 된다고 하였다[14][15]. 몇몇 연구들은 뇌영상기법을 사용하여 선 이등분검사와 Landmark 검사를 하는 동안 우반구가 우세하게 활성화되는 것을 확인하였고[16] 우반구 중에서도 특히 우측 두정엽[17][18][19][20][21]이 선 이등분검사와 편측무시와 가장 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다[22][23][24].

선 이등분검사 이외에도, 선 이등분검사를 수정한 선사등분(line quadrisection)검사의 필요성을 손영철 등(2001)은 중앙선이 없는 이차선 도로에서의 운전을 할 때, 종종 도로를 사등분하는 전략을 사용하는 것을 예로 들어 주장하였다. 30명의 피험자를 대상으로 한 연구에서, 240mm 직선의 25%지점을 좌측 사등분점(left quadrisection), 75%지점을 우측 사등분점(right quadrisection)으로 표시할 것을 지시하였고 선 사등분검사에서 피험자들은 선의 양끝을 향하여 주관적인 중심점을 표시하는 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 정상인들의 시각적인 주의에 대한 기제를 이해하는데 도움을 준다[25].

따라서 본 연구는 “운전”이라는 실제 상황에 초점을 맞춰 이등분 혹은 사등분 전략을 사용하도록 도로조건을 설정하였다. 그리고 본 연구를 위해 드라이빙 시뮬레이터를 사용하였는데 이는 실제 차량이나 실제 도로에서의 실험보다 안전

하고 비용이 저렴하며 실제 도로에서는 통제되지 않는 다양한 상황을 통제가능하다는 장점이 있다[26]. 또한 세 개의 가상도로(1차선 도로, 2차선 도로, 중앙선이 없는 2차선 도로)가 본 실험을 위해 제작되었다. 피험자들은 1차선 도로를 운전할 때, 내적으로 도로를 이등분해야하고(bisection strategy), 중앙선 유무에 따른 2차선 도로를 운전 시에는 우선 전체 도로를 이등분한 후 반대편에서 오는 차량을 피하기 위해 현재 달리고 있는 차선을 다시 이등분해야 한다(quadrisection strategy). 이와 같이, 가상무시의 측정은 각각의 전략이 적용되어 실제 도로를 반영하는 세 개의 가상도로에서의 모의 운전을 통해 이루어졌으며 선 이등분 및 선 사등분검사에서 나타난 오차가 차량운전 중에도 나타나는지를 알아보고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 피험자

본 연구는 운전면허를 소지한 3년 이상의 운전 경력이 있고 주당 2시간 30분, 세 번 이상 운전을 하는 32명의 정상인 (남 26명, 여 6명, 평균 연령= 32 ± 4.9)을 대상으로 실험을 진행하였으며, 기존의 선 이등분 연구와 일치하기 위해 Edinburgh Handedness Inventory[27]를 실시하였고 모두 오른손잡이인 것으로 나타났다. 또한 참가자 모두 좌, 우측 교정시력이 0.8이상이었으며 고혈압, 당뇨병, 고지혈증, 심장병, 뇌졸중과 같은 의학적 병력이나 신경학적 문제는 없었다.

2.2 드라이빙 시뮬레이터

실시간 차량 시뮬레이션 시스템, 운동시스템, 이미지생성 및 영사시스템, 음향시스템, 제어 힘 부하 시스템, 운영 및 분석시스템으로 구성된 RTVS-IDF-1(주)이노시뮬레이션)을 사용하였다.

2.3 가상도로

실제 운전상황에서 접하는 3개의 도로형태를 이용하여 총 3개의 도로 중 첫 번째 도로는 일반통행 도로에 준하여 직선의 1차선 도로(도로길이= 4.0)로 제작했고 두 번째 도로는 중앙선이 표시되어 있지 않은 직선의 2차선 도로(도로길이= 7.5)로 제작했으며 세 번째 도로는 중앙선이 그어진 2차선의 도로로 제작하였다. 이것을 기반으로 총 5개의 도로 조건을 만들었으며 더 자세한 지시사항은 다음과 같다 (그림 1 참조). 도로조건 1은 직선의 1차선 도로로써 참가자들은 차선의 중앙에서 운전하도록 지시받았다. 도로조건 2는 중앙선이 없는 직선의 2차선 도로로써 참가자들은 중앙선을

상상하면서 도로의 우측에서 운전하고 도로조건 3에서는 좌측에서 운전하도록 지시받았다. 도로조건 4는 중앙선이 있는 2차선 도로이며 피험자들은 도로 우측에서 운전하고 도로조건 5에서는 좌측에서 운전할 것을 지시받았다. 도로조건 1은 지필검사의 선 이등분 조건이며 도로조건 2, 3, 4, 5는 선 사등분 조건에 해당한다. 각 도로 내에는 표지판이 출발선과 도착선을 나타내고 있는데, 왜냐하면 출발선과 도착선을 도로 위에 표시할 경우 중심점에 대한 단서를 제공해 줄 수 있기 때문이다. 또한 차선의 실제 중심에서 벗어난 정도의 평균을 측정하여 좌측 치우침은 음수로, 우측 치우침은 양수로 표시하였다. 모의운전은 1인당 10회기씩 총 320회기를 실시하였다.

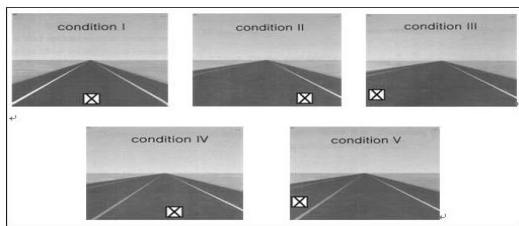


그림 1. 도로조건에 따른 차량의 위치

2.4 지필검사

선 이등분검사와 선 사등분검사를 지필검사형태로 실시하여 피험자들이 각각의 A4용지(297mm x 210mm)에 그려진 점은 선(두께= 2mm, 길이= 237mm) 위에 이등분점과 좌측 및 우측 사등분점을 표시하도록 하였다. 그리고 실제 이등분점과 좌측 및 우측 사등분점으로부터 벗어난 정도의 평균을 측정하여 좌측 치우침은 음수로, 우측 치우침은 양수로 표시하였다. 1인당 3가지 조건에서 무선으로 6회기를 실시하여 총 576회기를 실시하였다.

2.5 절차

피험자들은 간단한 인구통계학적 조사를 거쳐 실험에 대한 지시사항을 받았다. 10번의 모의운전에서 순서효과를 통제하기 위하여 피험자간 역균형(counterbalancing)을 하였고, 본 실험에 앞서 도로조건 1에서 한 번의 연습시행을 거쳤다. 또한 장시간의 모의운전동안 나타날 수 있는 시뮬레이터 멀미(simulator sickness)를 막기 위해 총 주행시간을 20분 이내로 구성하고 시뮬레이션 이후에 모든 피험자들은 지필검사를 하였다.

2.6. 자료분석

모든 모의운전, 지필검사 데이터 분석은 t검증과 ANOVA를 사용하여 수행되었다. 피험자들이 지필검사에서 실제 중심으로부터 얼마나 유의미하게 벗어나 있는지 측정하기 위

해 대응표본 t검증을 실시하였고, 도로의 실제 중심으로부터 차량의 편측치우침을 확인하기 위해 단일표본 t검증을 실시하였다. 또한, 지필검사에서의 오류가 모의운전에도 반영되었는지 확인하기 위해 반복측정 ANOVA와 Bonferroni 다중 비교검사를 실시하였다. 마지막으로, 운전자의 중앙선 회피 경향을 분석하기 위해 대응표본 t검증을 실시하였다.

3. 결과

3.1 지필검사

그림 2에서 보는 바와 같이, 지필검사에서 이등분점과 좌측 사등분점이 유의미하게 좌측으로 치우친 것으로 나타났으나 ($t=-4.062, p<.01, t=-4.033, p<.01$) 우측 사등분점은 유의미한 좌측 편향을 보이지 않았다 ($t=-.103, p>.05$).

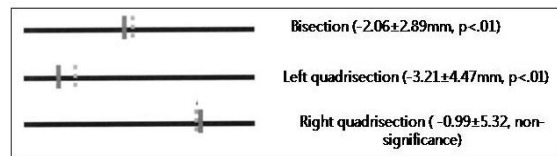


그림 2. 지필검사에서 나타난 이등분 오류와 사등분 오류의 비교 (점선: 실제 이등분 및 사등분 지점, 실선: 참가자들의 주관적인 이등분 및 사등분 지점)

3.2 모의운전

모의운전에서는 차량의 우측 치우침이 도로조건에 관계 없이 나타났는데, 이는 차량의 좌측에 위치한 운전자 좌석과 이에 따른 지필검사와 시뮬레이션의 실험 조건 간 불일치 및 중앙선 회피 경향성이 영향을 미친 것으로 보인다. 따라서 각 도로의 상대적인 치우침을 알아보기 위해 도로 간의 평균 차이를 분석한 결과, 도로조건 3, 1, 2 순으로 좌측 치우침이 크게 나타났는데, 도로 2와 1의 상대적 좌측 치우침이 유의미하였고($M=-14.93, p<.05$) 도로 3과 2의 좌측 치우침도 유의미하였으나($M= 15.84, p<.05$) 도로 3과 1의 차이가 유의미하지 않았다($M=-.913, p>.05$) (그림 3 참조).

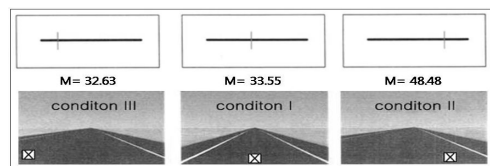


그림 3. 지필검사와 모의운전 결과 비교

또한 중앙선 회피 경향을 분석한 결과, 중앙선 우측에서 주행한 도로 2와 4에서 회피 경향이 나타났다.

4. 결론

본 연구는 선 이등분 및 선 사등분 전략이 적용된 가상 도로와 지필검사를 사용하여 운전제에 영향을 미치는 가상무시현상을 확인하고자 하였다. 운전자들은 모의운전 시, 주어진 도로조건에 관계없이 전반적으로 도로 우측에서 운전하였으나 상대적인 좌측 치우침 분석 결과, 도로 1(bisection)과 3(left quadrisection)에서 좌측 치우침이 나타났고 도로 2(right quadrisection)에서 우측 치우침이 나타났다. 따라서, 가상무시현상은 지필검사와 모의운전에서 모두 나타났으며 위와 같은 결과들은 좌석 효과, 사등분 전략 및 중앙선 회피 경향에 의해 설명될 수 있다.

차량의 우측 치우침은 다음과 같은 세 가지 가능성에 의해 나타날 수 있다. 첫째, 차량의 왼쪽에 위치한 운전자의 좌석 때문이다. Reuter-Lorenz(1990)들은 우측에 위치한 자극은 우측 편향을, 좌측에 위치한 자극은 좌측 편향을 야기한다고 주장하였다. 둘째, 사등분 전략의 사용이다. 손영철 등(2001)은 실제 사등분점으로부터 우측 사등분점(75%)과 좌측 사등분점(25%)을 보고했다. 왜냐하면 사등분 과정은 이등분 과정을 두 번 반복해서 수행해야 하므로, 좌측 사등분점은 두 번의 가상무시 현상이 더해져서 더욱 왼쪽으로 치우치게 되는 반면에 우측 사등분점은 두 번의 가상무시 현상이 상쇄되어 좌측으로 덜 치우치게 된다. 셋째, 중앙선 회피 경향은 우측 치우침이 나타났음을 보여준다. 대부분의 운전자들은 주어진 차선 내에서 중앙선 침범을 막고 반대편 차선에서 주행하는 차량과의 충돌을 피하려는 운전 습관이 있다. 그 결과, 운전자들은 도로 좌측에 있는 중앙선을 의식하여 도로의 우측에서 운전한 것으로 보인다. 이와 같이, 본 연구는 가상무시현상이 운전 중인 차량의 편측치우침에 반영되었을 가능성을 제시한다.

그러나 탐구해야 할 몇 가지 문제점이 남아있다. 첫째, 차량의 우측 치우침의 원인이 좌석효과(seat effect) 때문인지가 명확하지 않다. 후속 연구에서는 좌석을 드라이빙 시뮬레이터의 중간에 위치시켜 좌석 효과를 배제할 수 있도록 해야 할 것이다. 둘째, 본 연구는 운전 경험이 풍부한 피험자만을 대상으로 하였다. 후속 연구에서는 숙련되지 않은 운전 자들과의 우측 치우침의 정도나 중앙선 회피 경향의 비교가 필요하다고 생각한다. 셋째, 본 연구는 젊은 오른손잡이 정상인들만을 대상으로 하였기 때문에 결과의 일반화에 제약이 있다. 방향 신호를 결정할 때 손잡이가 영향을 미치며, 반구 우세성이나 치우침이 손잡이나 나이에 따라 달라질 수 있다는 연구들이 있다. 따라서, 손잡이와 나이에 따른 비교가 필요하다. 넷째, 본 연구는 안구운동추적장치(Eye tracker)를 이용한 측정을 하지 않았기 때문에 운전을 하는 동안 어느 지점을 응시하는지 측정하지 못했다. 특정 방향에 대한 안구 운동은 그 지점에 주의를 기울인다는 것을 의미한다.

다(선택적주의, selective attention). 이와 관련하여 McDowell 등(1978)은 사람들이 운전을 하는 동안 오른쪽으로 커브를 돌 때 오른쪽을 응시하고 왼쪽으로 커브를 돌 때 왼쪽을 응시한다고 주장하였다[28]. 그러므로 후속 연구에서는 안구운동추적장치를 이용하여 운전을 하는 동안 거리의 어느 지점을 응시하는지 조사하는 것이 필요하다고 생각한다. 이와 같은 안구운동에 대한 연구는 시각적 주의에 대한 통찰을 제시할 것이다.

본 연구 결과는 정상인들의 이등분점이 실제 중심으로부터 왼쪽으로 치우쳐 있다는 기존 연구와 일치한다. 그러나, 대부분의 이전 연구들이 지필검사를 실시한 반면, 본 연구는 이전 결과들을 운전과 같은 일상생활로 확장하고자 하였다. 비록 운전 기술은 연습과 경험을 통한 자동적인 과정이지만, 운전자들은 거리의 외부적인 환경이나 거리에 주의를 계속적으로 두지 않으면 안 된다. 또한, 만약 그들이 새로운 상황에 직면하였을 때, 복잡한 인지적 능력의 조합을 요구받게 된다. 그러나, 현실조건(in vivo)안에서의 연구들은 운전자가 위험에 처할 수 있기 때문에 요인들 간의 관계를 이해하기 힘들다. Fitten 등(1995)이 제한된 도로 환경에서 혈관성 치매 환자나 알츠하이머 환자들을 대상으로 운전 능력을 측정했으나 이 경우도 환자들의 운전 능력을 정량적이고 객관적인 데이터로 측정하기 보다는 단지 간이정신상태검사(Mini-Mental Status Examination)점수와 환자들이 기억하는 도로 표지판의 숫자 간의 유의한 상관을 보고한 정도였다[29].

따라서 본 연구는 드라이빙 시뮬레이터를 이용하여 가상 무시 현상이 운전 중인 차량의 편측 치우침에 반영되었을 가능성을 정량적으로 측정하여 증명하였고, 드라이빙 시뮬레이터를 이용한 운전 행동 및 안전 연구에 대한 기초 제시 가능성을 함의한다.

참고문헌

- [1] T. Manly, "Cognitive rehabilitation for unilateral neglect: Review", *Neuropsychological Rehabilitation*, Vol. 1, pp. 289-310, 2002.
- [2] P. Halligan and M. Mozar, "The end of the line for a brain-damaged model of unilateral neglect", *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol. 9, pp. 171-191, 1997.
- [3] I. Erik, Hoff, J. Robert, van Oostenbrugge, M. Liedenbaum, W. M. Steinbusch and A. Blokland, "Effects of right hemisphere cortical infarction and muscarinic acetylcholine receptor blockade on spatial visual attention performance in rats", *Behavioural Brain Research*, Vol. 178(1), pp. 62-69, 2007.
- [4] L. Swan, "Unilateral spatial neglect", *Phys Ther*, Vol.

- 81, pp. 1572–1580, 2001.
- [5] M. E. McCourt and G. Jewell, "Visuospatial attention in line bisection: Stimulus modulation of pseudoneglect". *Neuropsychologia*, Vol. 37, pp. 843–855, 1999.
- [6] M. E. McCourt and G. Jewell, "Pseudoneglect: a review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks". *Neuropsychologia*, Vol. 38, pp. 93–110, 2000.
- [7] D. Bower and K. M. Heilman, "Pseudoneglect Effects of hemispace on a tactile line bisection task". *Neuropsychologia*, Vol. 18, pp. 491–498, 1980.
- [8] M. E. McCourt, M. Garlinghouse and P. A. Reuter-Lorenz, "Unilateral visual cueing and asymmetric line geometry share a common attentional origin in the modulation of pseudoneglect". *Cortex*, Vol. 41, pp. 499–511, 2005.
- [9] G. Dellatolas, J. Vanluchene and T. Coutin, "Visual and motor components in simple line bisection: an investigation in normal adults". *Cognition and Brain Research*, Vol. 4, pp. 49–56, 1996.
- [10] J. L. Bradshaw, J. A. Bradshaw, G. Nathan, N. C. Nettleton and L. E. Wilson, "Leftwards error in bisecting the gap between two points: stimulus quality and hand effects". *Neuropsychologia*, Vol. 25, pp. 735–738, 1986.
- [11] M. E. McCourt, "Performance consistency of normal observers in forced-choice tachistoscopic visual line bisection". *Neuropsychologia*, Vol. 39, pp. 1065–1076, 2001.
- [12] M. E. McCourt, P. Freeman, C. Tahmahkera-Stevens and M. Chaussee, "The influence of unimanual response on pseudoneglect magnitude". *Brain and Cognition*, Vol. 45, pp. 52–63, 2001.
- [13] P. A. Reuter-Lorenz, M. Kinsbourne and M. Moscovitch, "Hemispheric control of spatial attention". *Brain and Cognition*, Vol. 12(2), pp. 240–266, 1990.
- [14] J. L. Bradshaw, G. Nathan, N. C. Nettleton, L. E. Wilson and J. M. Pierson, "Why is there a left side underestimation in rod bisection?". *Neuropsychologia*, Vol. 25, pp. 735–738, 1987.
- [15] D. Scarisbrick, J. R. Tweedy and G. Kuslansky, "Hand preference and performance effects on line bisection". *Neuropsychologia*, Vol. 25, pp. 695–699, 1987.
- [16] J. H. Bultitude and A. M. Davies, "Putting attention on the line: investigating the activation-orientation hypothesis of pseudoneglect". *Neuropsychologia*, Vol. 44, pp. 1849–1858, 2006.
- [17] R. L. Billingsley, P. G. Simos, S. Sarkari, J. M. Fletcher and A. C. Papanicolaou, "Spatio-temporal brain activation profiles associated with line bisection judgments and double simultaneous visual stimulation". *Behavioural Brain Research*, Vol. 152(1), pp. 97–107, 2004.
- [18] G. R. Fink, J. C. Marshall, P. H. Weiss, P. W. Halligan and M. Grosse-Ruyken, "Line bisection judgments implicate right parietal cortex and cerebellum as assessed by fMRI". *Neurology*, Vol. 54(6), pp. 1324–1331, 2000.
- [19] G. R. Fink, P. H. Weiss and K. Zilles, "The neural basis of vertical and horizontal line bisection judgments: an fMRI study of normal volunteers". *Neuroimage*, Vol. 14(1Pt2), pp. S59–S67, 2001.
- [20] G. R. Fink, P. H. Weiss, I. Tony and K. Zilles, "Task instructions influence the cognitive strategies involved in line bisection judgments: evidence from modulated neural mechanisms revealed by fMRI". *Neuropsychologia*, Vol. 40(2), pp. 119–130, 2002.
- [21] J. J. Foxe, M. E. McCourt and D. C. Javitt, "Right hemisphere control of visuospatial attention: line-bisection judgments evaluated with high-density electrical mapping and source analysis". *Neuroimage*, Vol. 19(3), pp. 710–726, 2003.
- [22] G. Vallar, "The anatomical basis of spatial neglect in humans". In: I.H. Robertson & J. C. Marshall (Eds.), *Unilateral Neglect: Clinical and Experimental Studies* (pp. 27–59). Hove, U.K: Lawrence Erlbaum Associates.
- [23] G. Vallar and D. Perani, "The anatomy of neglect after right hemisphere stroke lesions: A clinical CT scan correlation study in man". *Neuropsychology*, Vol. 24, pp. 609–622, 1986.
- [24] G. Vallar, D. Perani, "The anatomy of spatial neglect in humans". In: M. Jennerod (Ed.), *Neurophysiological and Neuropsychological Aspects of Spatial Neglect* (pp. 235–258). Amsterdam: North Holland.
- [25] Y. C. Son, D. L. Na, H. M. Kwon, Y. W. Kang, J. C. Adair and K. M. Heilman, "Line quadrisection errors in normal subjects". *Cortex*, Vol. 37, pp. 665–670, 2001.
- [26] F. P. George, "Driving simulators in clinical practice". *Sleep Medicine Reviews*, Vol. 7(4), pp. 311–320, 2003.
- [27] R. C. Oldfield, "The assessment and analysis of handedness The Edinburgh inventory". *Neuropsychologia*, Vol. 9, pp. 97–113, 1971.
- [28] E. D. McDowell and T. H. Rockwell, "An exploratory investigation of the stochastic nature of the driver's eye movement and relationship to the road geometry". In: J. W. Senders., D. F. Fisher & R. A. Momty (Eds), *eye movement and the higher psychological functions* (pp. 329–345). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [29] L. J. Fitten, K. M. Perryman, C. J. Wilinson, R. J.

Little, M. M, Burns and N. Pachana, "Alzheimer and vascular dementias and driving. A prospective road and laboratory study. JAMA. Vol. 273. pp. 1360–1365. 1995