

음주와 피로가 주의분산과제와 운전수행에 미치는 영향: 운전 시뮬레이션 연구

이 재 식 · 김 비 아 · 유 완 석

부산대학교 심리학과 부산대학교 기계공학부

음주와 피로가 주의분산과제와 운전수행에 미치는 영향을 알아보기 위하여 운전 시뮬레이션을 이용하여 두 개의 실험을 수행하였다. 실험 1에서는 음주와 비음주 조건으로 나누어 알코올의 영향을 살펴보고, 실험 2에서는 4구간(구간 당 30분)으로 나누어 피로의 효과를 살펴보았다. 실험 1, 2에서 지각실험과 운전 시뮬레이션이 행해졌다. 시각탐색과제와 보상적 추적과제를 이용하여 주의분산과제에 대한 수행을 측정하였고, 운전수행은 장애물 자극에 대한 반응, 차량에 대한 종적통제와 횡적통제 그리고 과제완성시간으로 나누어 측정하였다. 실험심리학적 주의분산과제, 장애물에 대한 반응패턴, 운전수행 측정치를 분석하였다. 실험 1, 2의 결과를 요약하면, (1) 음주와 피로는 주의분산과제의 수행을 떨어뜨리는데, 음주조건에서는 부분적인 효과를 보였다. 또한 (2) 음주와 피로는 장애물 자극에 대한 반응을 저하시키고, (3) 차량에 대한 종적 및 횡적통제의 질을 떨어뜨린다. 그러므로 이런 결과들은 음주와 피로가 운전수행에 전반적인 수행감퇴를 가져올 수 시사한다.

우리 나라 경찰청의 1994년도 교통사고 통계자료에 의하면, 교통사고는 266,107건이 발생하여 사망자는 10,087명, 부상자는 350,892명이었다. 이것은 하루에 무려 28명이 교통사고로 인해 사망하고, 거의 1천명 정도가 부상당한다는 것을 의미한다(도로교통안전협회, 1994). 다행히 1991년을 정점으로 교통사고 사망자가 감소하는 추세이지만, 일년 평균 1만 명이상이 교통사고로 사망하고 있다는 사실은 여전히 사

회적 그리고 경제적으로 심각한 문제이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 기본적으로 요구되는 것은 왜 교통사고가 발생하며, 어떤 요인들이 중요한 역할을 하는지 분석해 보는 일일 것이다. 본 연구에서는 이러한 요인들 가운데, 특히 음주와 피로의 영향을 검토했다.

음주의 영향 음주운전으로 인한 교통사고는 최근 큰 폭으로 증가하고 있는 추세인데, 1990년에 7,303건에서 1995년도에는 17,777건으로 최근 6년간 연평

* 본 연구는 1996년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 학제간 연구과제 학술연구조성비로 수행되었음.

균 19.5%의 높은 증가율을 기록하였으며, 이로 인한 사망자와 부상자 역시 각각 12.7%와 19.7%의 연평균 증가율을 나타냈다(도로교통 안전협회, 1996).

많은 선행연구들을 통해서 알코올이 수행에 미치는 영향들이 보고되었다(Belt, 1969; Buikhuisen & Jongman, 1972; Crancer, Dillie, Wallace, & Haykin, 1969; Seehafer, Huffman, & Kinzie, 1968; Huntley, 1974; Laurell, 1977; Lovibond & Bird, 1970; McLellan, 1969; Moskowitz & Austin, 1979; Moskowitz & Burns, 1971; Moskowitz & DePry, 1968; Moskowitz & Keller, 1979; Moskowitz & Murray, 1976; Moskowitz & Roth, 1971; Talyor & Stevens, 1965). 일반적으로 정보를 처리하고 선택하며 재인하는 것을 요구하는 과제들은 아주 낮은 수준의 알코올 섭취만으로도 수행이 매우 민감하게 저하되는 것으로 밝혀졌다(예를 들어, Moskowitz & DePry, 1968; Moskowitz & Keller, 1979; Moskowitz & Murray, 1976). 이러한 수행저하는 주어진 시간 안에 처리되어야 하는 정보의 전체량이나 정보처리속도의 저하에 기인한 것일 수 있다. 예컨대 Moskowitz와 그의 동료들이 수행한 여러 연구들에서 알코올 섭취에 의해 일반적으로 정보처리속도가 저하된다는 결과를 얻었으며(Moskowitz & Burns, 1971; Moskowitz & Roth, 1971; Moskowitz & Murray, 1976; Moskowitz & Keller, 1979), Moskowitz와 Austin (1979)은 이런 결과를 부분적으로 피험자들의 주의분산능력 저하로 해석하였다. 알코올 섭취로 인한 주의분산과제의 수행저하에 대한 연구들은 알코올 섭취가 비교적 미량인 경우에도 나타날 수 있다는 것을 보여주고 있으며(Moskowitz & Austin, 1979), 두 과제를 동시에 수행할 때 주로 관찰된다(Moskowitz & DePry, 1968; Buikhuisen & Jongman, 1972).

혈중 알코올 농도를 다양하게 조작하여 실제 운전상황에서 수행을 측정된 연구들을 종합해 보면, 대체적으로 혈중 알코올 농도가 증가함에 따라 운전자가 차량을 통제하는데 많은 어려움을 겪는다(이와 관련된 좀더 포괄적인 개관은 Huntley, 1974를 보라). 예를 들어 운전자의 속도유지를 강조한 고전적인 연구(Belt, 1969)에서는 운전자의 혈중 알코올 농도가 증가할수록 운전속도 변산성이 증가하였고, 혈중 알코올 농도가 증가할수록 정지거리가 증가하였

다(Lovibond & Bird, 1970). Seehafer 등(1968)은 음주량에 따라 스티어링 휠을 좌우로 돌리는 빈도가 증가함을 보고하였고, Huntley(1974), Kirk(1982), 그리고 Perrine과 Huntley(1971)는 액셀러레이터의 입력 빈도가 지나치게 증가한다는 것을 관찰하였다.

실제 차량을 이용한 연구들 중에서 알코올이 차량통제에 미치는 효과를 보기 위한 가장 흔한 형태의 연구방법은 정해진 도로상에 일정한 거리를 두고 장애물을 설치한 후, 이 장애물을 주어진 시간 안에 지그재그로 통과하도록 하는 것이었다. 이러한 연구방법을 사용한 고전적인 연구에서 Coldwell 등(1958)은 음주량이 증가할수록 운전자들이 장애물을 넘어뜨리는 빈도가 증가함을 보고하였다(유사한 결과들이 Talyor & Stevens, 1965; McLellan, 1969; Seehafer, Huffman, & Kinzie, 1986 등에서도 보고되었다). 그러나 이러한 연구결과들은 실험자들의 지시(Lovibond & Bird, 1970)나 피험자들이 실험에 임하는 태도(Huntley & Perrine, 1971)와 같은 요인에 의해서도 달라질 수 있다는 결과가 보고되었다. 예를 들어, 실험참가자들은 자신의 음주 사실 때문에 실험자의 의도대로 운전하고자 하는 일종의 피험자 편파를 보일 수 있다.

운전속도의 유지(speed maintenance), 차량의 정지(stopping performance), 그리고 앞차 따라가기(car-following)와 같은 자동차의 종단적 통제능력들은 대체적으로 음주에 의해 매우 민감하게 손상되는 운전수행 측면으로 보고되고 있다. 차량의 정지능력은 주어진 상황(예를 들어 장애물을 발견했을 때)에 대해 적절한 강도로 브레이크를 작동하는지를 주로 관찰하였는데, 예를 들어, Damkot 등(1977)은 비교적 높은 혈중 알코올 농도(0.08-0.149%)의 운전자들이 장애물에 대해 매우 갑작스럽게 브레이크를 작동하는 것을 관찰하였다. 그러나 비록 음주 운전자들의 브레이크 입력이 갑작스럽고 입력강도의 변산성이 증가하지만, 실제 정지거리를 측정해 보면 오히려 증가한다는 연구 결과도 보고되었다(Lovibond & Bird, 1970; Laurell, 1977; Crancer, Dillie, Wallace, & Haykin, 1969). 특히 여기서 주목할만한 점은 음주에 의한 운전자들의 브레이크 조작손상은 운전수행의 정확성이 강조된 후에도 관찰되었다는 점인데(Huntley & Perrine, 1971), 이러한 결과는 앞에서 언급된 차량의 횡적운전수행(특히, 도로 위 장애물을

지그재그로 피해가며 통과하는 과제)에서 수행의 정확성을 강조했을 때와 상반되는 결과이다.

운전속도를 일정하게 유지할 수 있는 능력도 일반적으로 음주에 의해 손상되는 것으로 밝혀졌다. 음주가 속도유지에 미치는 효과를 측정한 대부분의 연구들은 0.05% 이상의 혈중 알코올 농도에서 운전자들이 매우 자주 액셀러레이터를 밟는 경향을 보인다는 것을 관찰하였는데(Attwood, Williams, & Madill, 1980; Mortimer & Sturgis, 1979; Huntley & Centybear, 1974; Belt, 1969), 이러한 경향은 운전수행의 정확성이 강조되었던 경우에도 관찰되었다(Huntley & Perrine, 1971).

음주에 의한 운전수행의 손상을 차량의 종적통제나 혹은 횡적통제로 구분하여 각각의 측면들을 독립적으로 관찰할 수도 있으나, 두 측면을 동시에 측정할 수 있는 방법은 앞차량과의 거리를 일정하게 유지하면서 앞차량을 따라가는 것이다. 두 가지 운전수행 측면을 모두 포함하는 앞차량 따라가기 과제는 차량의 종적통제나 횡적통제 각각의 운전 수행을 요구하는 조건에 비해, 음주에 매우 민감한 영향을 받는 것으로 밝혀졌다(Attwood 등, 1980). 음주는 또한 주어진 과제를 완료하는데 보다 많은 시간을 필요로 한다는 결과가 보고되었다(Bjerver & Goldberg, 1950; Coldwell 등, 1958).

피로의 영향 일상생활에서 '피로'라는 말은 권태, 졸음, 지겨움, 또는 신체적으로 지쳤다는 느낌이나 감각을 기술하는데 일반적으로 쓰이지만, 일상적인 용어의 의미로는 피로의 원인, 기제, 혹은 피로가 행동결과에 미치는 영향을 구체화시키지 못한다. 이런 관점에서 볼 때, 피로를 조작적으로 정의할 필요가 있다. '피로'를 정의할 필요성에 대해서 생각한 연구자로는 Muscio(1921)가 처음으로, 그는 용인될만한 정의와 신뢰로운 측정방법 없이 피로검사를 수행하는 것은 불가능한 일이라고 주장했다. 또한 Bills(1934)와 Platt(1964)는 가장 처음 피로를 정의한 연구자들로, 피로를 주관적 피로(subjective fatigue), 생리적 피로(physiological fatigue), 객관적 피로(objective fatigue)로 나누었다. 대부분의 연구자들은 '피로'라고 불리는 단일한 상태가 없으며, 피로의 의미는 피로상황의 맥락으로부터 이해되어야 한다는 데 의견을 같이 하는 것 같다.

많은 초기 연구들은 운전시간이 증가함에 따라 운전수행에 차이가 있는지를 평가하기 위해 사전-사후 검사를 사용하였다. 이러한 연구들 중에서 Herbert와 Jaynes(1964)는 운전수행의 감소는 계속해서 운전한 시간과 밀접한 관계가 있고, 운전시간의 증가에 따른 수행저하를 관찰하였다. 그러나 Ryder 등(1981)은 과제수행 도중 휴식을 취한 여부와 상관없이 사전-사후검사에서 일관된 결과를 얻었다. 브레이크를 밟는 습관과 속도를 조절하는 태도를 포함하는 운전수행의 종적통제는 피로도, 지속적인 운전 시간, 수면박탈의 함수로 연구되었다. Forbes 등(1958)은 극도의 수면박탈(24-36시간)로 인한 속도통제의 감퇴를 보고하였고, Platt와 Fedderson(1964)은 운전 중에 작업과 관련된 스트레스의 효과를 제시하였다. 다른 연구들은 계속 운전하는 시간의 증가에 따른 운전 수행상의 변화에 대해 일관적이지 않은 연구결과를 보고하고 있는데(Brown, 1965a; Brown 등, 1966; Greenshields, 1966), 이것은 연구방법론 혹은 실험설계의 문제에 기인한 것 같다.

주행 중인 도로상에서 차선위치를 유지하고, 적절한 방식으로 스티어링 휠을 조작하는 방법은 운전수행 중 자동차의 횡적통제를 얼마나 잘했는지 알려주는 가장 중요한 변인들 중 하나이다. 특히, 운전자의 정신적 부하나 음주 혹은 피로의 영향을 측정하는데 매우 민감한 측정치로 사용되어 왔다. 일반적으로 스티어링 휠의 조작행동은 피로가 증가해감에 따라 정확도는 점점 떨어지나, 수행이 좋을 때는 작은 조작범위로 빈번하게 입력된다. 몇몇의 연구들은 스티어링 휠을 반대로 돌리는 비율이 도로에서 운전할 때나(Forbes 등, 1958; Greenshields, 1966; Platt & Fedderson, 1964; Sugarman & Cozad, 1972), 시뮬레이터를 운전할 때(McFarland & Mosly, 1954; Sussman & Morris, 1970), 그리고 일정하게 정해진 코스를 주행했을 때(Michaut & Pottitr, 1964) 운전시간이 증가함에 따라 감소한다는 것을 밝혀냈다.

스티어링 조작실수는 주행 차선에서 이탈하여 다른 차선으로 넘어가거나 갓길로 이동하는 경향의 빈도로 정의된다. 시뮬레이터를 통한 연구(Dureman & Boden, 1972; Ellingstrad & Heimstra, 1970; Sussman & Morris, 1970)와 실제 도로상황(Forbes 등, 1958; Mackie & O'Hanlon, 1977; O'Hanlan & Kelly, 1977)에서 운전시간이 증가함에 따라 역시 증

가하였고, 운전시간이 증가함에 따라 일반적으로 차선유지 변산성도 증가하는 경향이 관찰되었다.

이상 살펴본 바와 같이 음주와 피로는 행동의 여러 측면에 영향을 미친다. 직관적으로도 알 수 있듯이 이는 운전자의 지각능력이 알코올과 피로의 영향을 받고, 이로 인해 실제적으로 운전행동 상의 수행에 변화가 생긴 것이다. 그러나 지각적인 측면과 실제 운전행동에서 나타나는 여러 측면들을 종합하여 살펴본 시도는 없었다. 본 연구는 이러한 면을 고려하여 실험심리학적인 지각실험과 운전 시뮬레이션을 이용한 운전수행을 함께 살펴보았다.

실 험 1

본 실험에서는 앞에서 개관한 문헌들을 바탕으로 음주의 영향을 주의분산과제와 장애물에 대한 반응패턴, 그리고 운전수행의 측면으로 나누어 보다 구체적으로 살펴보았다. 특히 운전 시뮬레이터를 이용하여 운전 수행상의 변화를 1/100초 단위의 실시간(real time)으로 측정함으로써 운전수행의 다양한 측면들을 비교 분석하였다.

방 법

피험자 부산대학교에 재학 중인 학부생 24명(평균연령 21.2세)이 실험에 참가하였다. 모든 피험자들은 이전에 시뮬레이터를 운전해 본 경험이 없었으며, 시력 또는 교정시력은 정상이었다.

재료 및 도구 본 실험에 사용된 운전 시뮬레이터는 고정형 시뮬레이터(fixed-base driving simulator)로 차체는 현대 소나타 I 이었다. 시뮬레이터 내에는 Thrustmaster Formular T2 브레이크(Thrustmaster Inc.)와 액셀러레이터가 장착되었다. 운전자 1.5m 전방에 180인치의 스크린이 설치되었으며, 운전 프로그램은 50×40도 크기의 화면을 지원하는 프로젝터(EIKI LCD Projector, Model KD 7000)로 스크린에 투사되었다. 실제와 유사한 운전상황을 위해서 Borland C++로 구현된 엔진소음을 스피커(Inkel, DJ-81) 두 대로 운전자에게 들려주었다. 또한 데이

터와의 비교 분석을 위해서 전체 운전상황, 운전자의 안구 움직임, 그리고 운전자 발의 움직임은 시뮬레이터 안쪽에 설치된 3대의 CCD 카메라(Commax, CRC-43LN)에 입력되어, 캠코더(삼성, SV-E27)로 녹화되었다. 녹화장면은 시뮬레이터 옆에 설치된 4화면 분할 모니터(Commax, CCM-12Q)를 통해 실시간으로 확인되었다. 자세한 시뮬레이터의 구성도는 그림 1에 제시되어 있다.

운전 시나리오는 Borland C++로 구현되었으며, 운전자의 행동에 따라 즉각적으로 운전환경을 변화시킴으로써 실제 운전상황과 유사한 환경을 제공하였다. 또한 운전자의 운동행동은 실시간으로 측정되어 데이터 베이스에 저장되었고, 운전환경은 일반적인 고속도로 형태였다. 운전 시나리오의 지원과 데이터 저장은 486PC로 통제되었다.

음주조건인 경우, 실험실시 전에 피험자들은 알코올이 희석된 음료수를 마셨다. 이 음료수는 탄산음료에 알코올 농도 40%의 주류를 4 : 1 비율로 섞은 것 300ml로, 이 정도의 알코올은 혈중 알코올 농도 0.05-0.06%에 해당하는 것이다. 이러한 추정치는 미국 인디애나 주 운전자 교본(1974)의 음주량과 체중에 따른 혈중 알코올 농도 추정치에 따른 것이다. 냄새와 맛이 비교적 덜 익숙한 주류를 이용하였고 뚜껑이 있는 머그컵에 빨대로 마시게 하여, 알코올 섭취를 피험자가 알아차리지 못하게 하였다.

절차 및 종속변인 피험자들은 음주조건과 비음주조건에 모두 참여했으며, 조건에 할당되는 순서는 무선적으로 결정되었다. 5분에 걸쳐 알코올이 섞인 음료수를 마셨고, 알코올 섭취 약 30분 후에 시뮬레이터를 운전하였다. 주의분산과제는 시뮬레이터 운전 전후에 실시하였다. 본 실험에서 사용된 과제들의 절차와 측정치들을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

I. 실험심리학적 지각실험: 주의분산과제

주의분산과제는 시각탐색과제와 보상적 추적과제를 동시에 수행했을 때의 반응시간과 추적수행정도를 알아본 것으로, Burns와 Moskowitz(1980)가 지적하였듯이 분산주의를 요구하는 운전수행을 모사한 것이다. 시각탐색과제와 보상적 추적과제는 120분 간의 시뮬레이터 운전 전후에 2번 수행되었다.

시각탐색과제(visual search task) 0부터 9까지

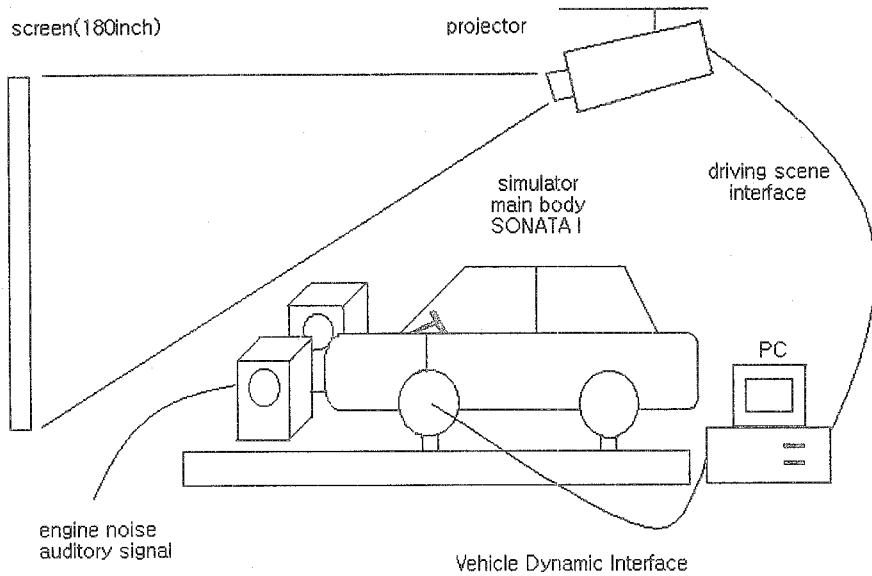


그림 1. 시뮬레이터 구성도

무선적으로 선택된 3개의 숫자와 목표자극인 '2'가 서로 위치를 달리해서 24번 제시되었다. 숫자들은 중앙으로부터 상하좌우 6cm떨어진 지점에 제시되는데, 피험자들은 목표자극이 제시된 위치에 해당하는 화살표키를 가능하면 빠르고 정확하게 선택하였다. 목표자극을 포함한 4개의 숫자들은 경고음이 제시된 후 500msec에서 2000msec 사이에 제시되었으며, 매 시행에 목표자극이 제시되었고 목표자극이 제시되는 위치는 무선적이였다. 오반응에는 에러를 나타내는 피드백이 제시되었다.

보상적 추적과제(compensatory tracking task) 화면중앙에 높이(5cm)와 너비(2cm)가 동일한 두 개의 막대가 1cm의 간격으로 제시되는데 왼쪽 막대는 고정되었고, 오른쪽 막대는 상하로 계속 움직였다. 피험자들은 상하로 움직이는 오른쪽 막대의 높이와 왼쪽에 고정된 막대와 높이차이가 최소가 되도록 키보드의 'A', 'Z'키를 계속 조작하였다. 이 과제에서는 목표 막대와 움직이는 막대의 상대적 차이가 측정되었다.

II. 운전 시뮬레이션 실험: 운전수행

운전 중 사각형 자극이 지평선을 중심으로 스크

린 중앙과 좌우 양극단에서 나타났다. 전체 자극 수는 50개로 중앙에 10개, 좌우 양극단에 20개씩 40개였다. 좌우 양극단에 나타난 자극은 검정색 20개, 빨간색 20개로 양쪽에 각각 동일한 수가 할당되었다. 자극 간 간격은 20-30초였으며, 주행 처음 1분간은 자극이 제시되지 않았다. 스크린 중앙에 자극이 나타나면 되도록 빨리 브레이크를 끝까지 밟은 후, 속도를 100km/h로 유지하고, 스크린 좌우 양극단에서 자극이 나타나면 색깔에 따라서 핸들 옆에 부착된 레버를 위 또는 아래 방향으로 조작하였다. 브레이크와 레버 반응 후 항상 차선을 변경하였고, 원래 차선으로 바로 돌아와서 100km/h로 주행하였다. 속도는 스크린 하단에 표시되었다. 5분간의 연습시행 후 약 25분간의 본 시행이 행해졌으며, 운전 후에는 운전 전에 했던 주의분산과제가 반복되었다. 실험이 끝난 후 실험자는 사후설명을 통해 알코올을 섭취했음을 알렸고, 알코올 섭취와 관련하여 일어날 수 있는 문제에 대한 사후 동의를 받았다. 비음주조건의 실험절차는 알코올 섭취만 제외하고 동일하였다.

(1) 장애물에 대한 반응패턴

운전할 때 도로 위나 도로주변에서 제시되는 여러 자극에 대해 신속하고 정확하게 반응하는 것은

안전운전을 결정하는 중요한 측면이다. 본 과제에서는 다음과 같은 세 가지 측면을 측정하였다.

도로중앙 장애물에 대한 브레이크 반응 운전 중 도로중앙에 자극이 제시될 경우, 브레이크를 빠르고 정확하게 최대의 크기로 밟도록 요구하였는데, 이 반응은 도로 상에 갑자기 장애물이 나타났을 경우 장애물과의 충돌을 회피하고자 얼마나 빠르게 브레이크를 밟았는가를 모사한 것이다. 중속치로서의 반응 시간은 자극이 제시된 후부터 최초의 브레이크 입력이 적용된 시간까지 계산하였다.

도로주변 자극들에 대한 선택반응 운전 중 도로 주변(양극단)에 자극이 제시된 경우, 자극에 따라서 레버반응을 하도록 요구하였다. 이것은 운전 중 다른 차량이나 보행자가 갑자기 운전자의 주행차선 쪽으로 진입했을 때, 운전자들이 얼마나 빠르고 정확하게 이들을 구분하여 적절히 반응하는지를 모사한 것이다.

최대 브레이크 입력시간 이 측정치는 장애물이 도로중앙에 제시되고 운전자들이 브레이크 반응을 할 때에 한정되는 것으로 운전자들이 장애물을 발견하고 차량을 정지시키기 위해 얼마나 빠르게 최대의 힘으로 브레이크를 조작했는지를 보고자 한 것이다. 이 측정치를 최초의 브레이크 입력 시점과 구분하여 측정한 이유는 비록 운전자들이 장애물을 발견하고 브레이크를 밟기 시작하였다 하더라도, 실제적으로 운전자가 장애물을 피하는 것은 최대 브레이크 입력 시점과 더 밀접한 관계가 있을 수 있기 때문이다. 이러한 운전자의 수행은 실제 운전상황에서 발생할 수 있는 운전자 행동을 좀 더 타당하게 모사할 수 있는 측정치라 할 수 있다.

(2) 차량통제

운전수행 측정치들은 운전자가 차량을 얼마나 안정되게 유지하면서 운전하였는가를 알아보기 위한 것으로, 크게 차량의 횡적통제와 종적통제 그리고 과제완성시간으로 나뉘어졌다.

차량의 횡적통제(lateral control) 크게 차량 내 차선위치 변산성과 스티어링 휠 입력 변산성으로 나누

어 측정하였다. 첫째, 차선 내 차량위치 변산성(variability in lane position)은 차량이 주행선 안에서 얼마나 많이 좌우로 흔들렸는가를 나타내는 지표로 변산성이 적은 것이 우수한 수행을 의미한다. 운전자의 차량이 주행차선의 중앙으로부터 이탈된 정도를 측정하였는데, 본 실험에서는 주행차선 전체도로 폭이 216cm이었고, 최초의 차량의 중심의 위치는 108cm였다. 둘째, 스티어링 휠 입력 변산성(variability in steer wheel rate)은 운전자들이 스티어링 휠을 이용하여 차선을 유지하고자 할 때, 스티어링 휠을 급하게 조작한 정도를 나타내는 것이다. 본 실험에서 스티어링 휠의 입력범위는 좌우로 최대 240도였다.

차량의 종적통제(longitudinal control) 차량속도를 통제하는 것은 운전수행의 중요한 측면 중의 하나이다. 차량의 종적통제를 측정하기 위해 주로 사용되는 것은 운전속도 변산성, 액셀러레이터 입력 변산성, 그리고 브레이크 입력 변산성 등이다.

이를 구체적으로 살펴보면, 첫째, 운전속도 변산성(speedovariability)은 운전자가 얼마나 일정한 운전속도를 유지하였는가를 나타내는 지표로 일반적으로 운전속도 변산성이 작을수록 안정적인 차량통제를 나타낸다. 둘째, 액셀러레이터 입력 변산성(acceleration variability)은 변산성이 클수록 운전자가 급가속이나 급감속을 하였다는 것을 나타낸다. 일반적으로 액셀러레이터 입력 변산성이 작을수록 안정적인 차량통제를 나타낸다. 마지막으로 브레이크 입력 변산성(brake input variability)은 변산성이 클수록 운전자가 급감속을 하는 경향을 나타낸다. 일반적으로 브레이크 입력 변산성이 작을수록 안정적인 차량의 통제를 나타낸다.

각 측정치들 간의 상호관련성에도 불구하고 운전속도 변산성과 더불어 액셀러레이터나 브레이크의 입력특성 모두를 분석에 포함하는 이유는 운전자가 차량의 액셀러레이터나 브레이크를 통해서 입력한 힘의 크기와 입력에 따라 실제 차량이 반응한 정도가 다를 수 있기 때문이다.

과제완성시간(task completion time) 이 측정치는 다음과 같은 요인들을 측정하였다. 첫째, 차선변경 후 주행차선으로의 복귀시간은 운전자들이 옆 차선

으로 이동하기 위해 차량을 움직이기 시작한 시점부터 주행 차선으로 돌아온 후 일정하게 차선을 유지할 때까지의 시간을 측정하였다. 둘째, 브레이크 입력 후 목표속도까지의 도달시간은 운전자들이 도로의 중앙에 제시된 자극을 보고 최대의 힘으로 브레이크를 밟은 시점부터 목표속도에 도달하기까지의 시간을 측정하였다. 과제 완성시간은 비교적 운전자의 통합적인 차량통제능력을 반영하므로, 분석에 포함하였다.

결과 및 논의

결과를 분석하기 위해서 0.05의 통계적 임계치를 사용한 변량분석을 실시하였고, 각각의 종속치에서 표준편차가 3을 넘는 측정치는 분석에서 제외하였다. 때로 표준편차는 운전 수행의 측정치로 평균치보다 더 큰 의미를 갖는 것으로 사용되는 것이지만, 결과의 분석에서 표준편차를 통제한 이유는 본 연구에서 관찰된 데이터 중의 일부가 너무 극단적으로 분포하여(이것은 음주조건에서 특히 심하였다) 원자료를 그대로 사용할 경우, 통계적 검증력의 약화가 우려되었기 때문이었다. 특히 운전의 일부 구간에서 운전자는 도로에서 극단적으로 벗어나 현실적인 운전 상황과는 매우 다른 양상으로 운전하였기 때문에 이 부분에 대한 데이터는 분석에서 제외한 것이다. 이렇게 제외된 자료는 전체의 8% 이었다.

I. 실험심리학적인 지각실험: 주의분산과제

음주조건과 비음주조건에서 목표자극에 대한 시각탐색시간은 비음주 조건에 비해 음주 조건에서 약 10msec정도 느렸으나, 이것은 통계적으로 유의한 수준은 아니었다[$F(1, 21) = 0.727, MSe = 1590.98, p = 0.404$]. 추적과제에서는 두 막대 중앙의 상대적 차이를 분석하였는데, 음주조건이 비음주조건에 비해 더 많은 이탈 거리를 보였다[$F(1, 21) = 4.695, MSe = 29.326, p = 0.042$, 그림 2].

II. 운전 시뮬레이션 실험: 운전수행

(1) 장애물에 대한 반응패턴

반응패턴의 오작동으로 전체 22명의 자료 중에 21명의 자료가 분석되었다. 우선 음주여부와 제시되는 자극의 위치에 대한 이원변량분석 결과 비음주

조건에 비해 음주조건에서 반응시간이 유의미하게 길었으나[$F(1, 20) = 12.521, MSe = 0.077, p = 0.002$], 제시되는 자극의 위치에 따라서는 차이를 보이지 않았고[$F(2, 40) = 1.675, MSe = 0.0035, p = 0.200$], 또한 두 변인간의 상호작용 효과도 유의미하지 않았다[$F(1, 20) = 2.477, MSe = 0.023, p = 0.097$]. 이러한 결과는 자극이 제시되는 위치에 관계없이(따라서 반응을 발이나 손으로 요구하는 것에 관계없이) 알코올의 영향이 동질적으로 작용함을 시사한다.

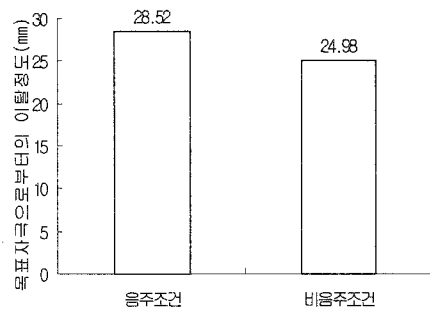


그림 2. 음주/비음주 조건에 따른 보상적 추적과제 수행

운전자들이 장애물을 발견하고 이를 피하기 위해 브레이크를 밟을 때, 브레이크 최대값에 이르는 시간은 비음주조건에 비해 음주조건에서 약 250msec정도 느렸으며, 이 차이는 통계적으로 유의미하였다[$F(1, 21) = 18.378, MSe = 0.939, p < 0.0002$, 그림 3].

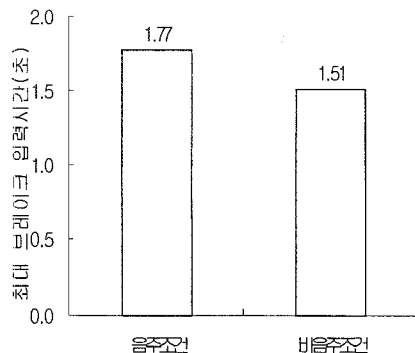


그림 3. 음주/비음주 조건에 따른 최대 브레이크 입력 도달 시간의 변화

또한 앞에서 살펴본 최초 브레이크 입력 행동과

비교하여 볼 때, 최초 브레이크 입력후 음주/비음주 조건에 관계없이 약 350msc 후에 최대값에 도달하였다.

(2) 운전수행

차량의 횡적통제(lateral control) 본 측정치는 운전자들이 차량을 운전할 때 좌우로 얼마나 많이 움직였는가를 측정한 것으로 차량의 최초 위치와는 상관없는 차량 위치의 표준편차 값이다. 일반적으로 이 값이 클수록 차량의 통제가 어려움을 겪었다는 것을 시사한다. 그림 4에서 보듯이 운전자들은 비음주 조건에 비해 음주 조건에서 차량의 중심으로부터 더 많이 이탈하여 주행하였다[F(1, 21) = 6.664, MSe = 68.573, p = 0.0017]. 스티어링 휠의 입력 변산성은 스티어링 휠의 초기상태(0도)로부터 좌우로 움직인 값의 표준편차를 구하였는데, 비음주조건에 비해 음주조건에서 운전자들은 더 큰 스티어링 휠 입력 변산성을 보였다[F(1, 21) = 4.705, MSe = 6.341, p = 0.041].

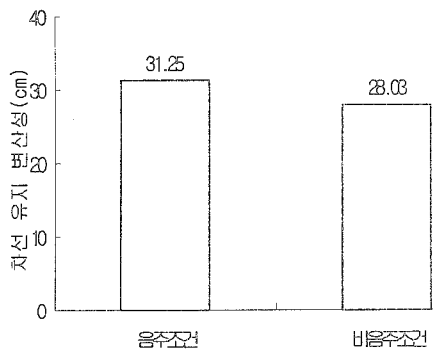


그림 4. 음주/비음주 조건에 따른 차선유지 변산성

차량의 종적통제(longitudinal control) 음주의 영향이 운전자의 종적인 차량 통제에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았을 때, 비음주 조건에 비해 음주조건에서 운전자들은 더 큰 운전속도 변산성[F(1, 21) = 42.95, MSe = 4.796, p < 0.001, 그림 5]을 보였다. 또한 더 큰 엑셀러레이터 입력 변산성[F(1, 21) = 5.674, MSe = 12.112, p = 0.002], 그리고 더 큰 브레이크 입력 변산성을 보였다[F(1, 21) = 4.556, MSe = 26.243, p = 0.044]. 이러한 결과는 비음주 조건에 비해 음주 조건에서 운전자들이 차량속도를 제어하

는데 어려움을 경험하였고, 또한 주어진 목표속도를 유지하기 위해 더 갑작스럽고 강하게 엑셀러레이터나 브레이크를 조작하였음을 시사한다.

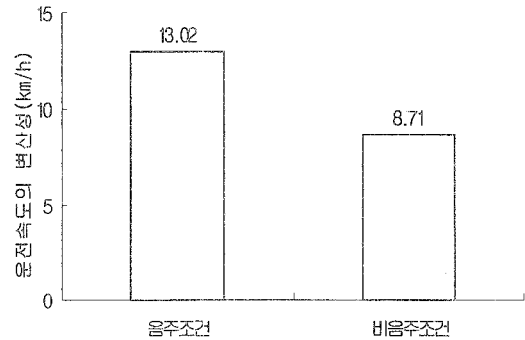


그림 5. 음주/비음주 조건에 따른 운전속도 변산성

과제완성시간(task completion time) 음주조건에서는 차선복귀시간이 평균 13.01초인 반면, 비음주조건에서는 11.49초로서 음주조건인 경우에서 유의미하게 느렸다[F(1, 21) = 6.776, MSe = 79.272, p = 0.0017]. 그러나 실험 참가자들이 도로 위에 나타난 자극을 발견하고 브레이크를 밟은 후, 얼마나 빨리 목표속도(100k/m)에 도달하는지 음주조건과 비음주조건을 비교한 결과, 두 집단의 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 하지만 이 분석에는 전체 피험자 24명 중 17명의 데이터만이 분석되었음을 주목할 필요가 있다. 즉, 전체 피험자 23명중에서 6명은 브레이크 입력 후 다음 자극이 제시될 때까지 요구되었던 목표속도에 도달하지 못하여 그들의 데이터는 분석에서 제외되었다. 이러한 결과는 비록 브레이크 입력 후 목표 수준에 도달하는 시간에 대해 음주조건과 비음주 조건 간에 차이가 없었지만, 비음주 조건에 비해 음주조건에서는 차량 목표속도에 도달하는데 어려움을 경험했음을 시사한다.

실 험 2

실험 2에서는 운전수행에 영향을 미치는 다른 요인들 중, 피로의 효과를 살펴보았다. 실험 1과 마찬가지로 피로의 영향을 주의분산과제와 장애물에 대

한 반응패턴, 그리고 운전수행의 측면으로 나누어 보다 구체적으로 살펴보았으며, 운전 시뮬레이터를 이용한 실험이 수행되었다.

방 법

피험자 부산대학교에 재학 중인 학부생 17명(평균 연령 21.5세)이 실험에 참가하였다. 모든 피험자들은 이전에 시뮬레이터를 운전해 본 경험이 없었으며, 시력 또는 교정시력은 정상이었다.

재료 및 기구 실험 1과 같은 운전 시뮬레이터가 사용되었다.

절차 음주처치를 제외하고 실험 1과 같은 운전 시나리오대로 수행되었다. 즉 시뮬레이터 운전 전후에 각각 주의부산과제가 수행되었으면, 5분간의 예비시행 후에 120분 동안 시뮬레이터를 운전하였다. 분석을 위해 30분 단위로 운전수행을 측정하였으며, 각 회기 사이에 휴식시간은 없었다.

결과 및 논의

I. 실험심리학적 지각실험: 주의부산과제

실험 1의 주의부산과제 결과와는 달리 120분 운전 전후를 비교했을 때, 목표자극에 대한 시각탐색시간과 추적수행 모두에서 피로의 효과가 관찰되었다. 즉, 120분의 운전 전에 비해 피험자들은 유의미하게 느린 표적탐색시간을 보였으며 [$F(1, 16) = 7.453, MSe = 1283.14, p = 0.015$], 그림 6에서 보듯이 추적과제에서도 움직이는 자극의 위치를 유지하는데 더 많은 어려움을 겪었다 [$F(1, 16) = 5.3588, MSe = 427.233, p = 0.034$].

II. 운전 시뮬레이션 실험

(1) 장애물에 대한 반응패턴

운전시간이 증가함에 따라서 도로중앙이나 도로 주변에 제시되는 자극에 대한 평균 반응시간은 대체적으로 실험 1과 비슷한 형태를 보였다. 즉 운전시간의 차이와 제시되는 자극위치에 대한 이원변량분석 결과, 운전시간이 증가할수록 제시자극에 대한 반응시간이 증가한 반면 [$F(3, 48) = 7.802, MSe =$

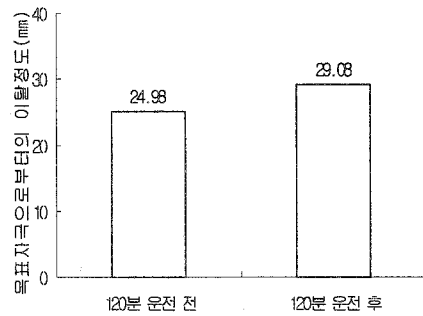


그림 6. 120분 운전 전후의 보상적 추적과제수행

0.090, $p < 0.001$], 제시자극의 위치에 따라서는 반응시간의 차이를 보이지 않았고 [$F(2, 32) = 0.2000, MSe = 0.029, p = 0.819$], 두 변인간의 상호작용 효과도 유의미하지 않았다 [$F(6, 96) = 0.716, MSe = 0.0212, p = 0.637$]. 이러한 결과는 자극이 제시되는 위치에 관계없이(따라서 반응을 발이나 손으로 요구하는 것에 관계없이) 단순한 운전의 영향에 의한 피로의 영향이 동일적으로 작용하는 것을 시사한다.

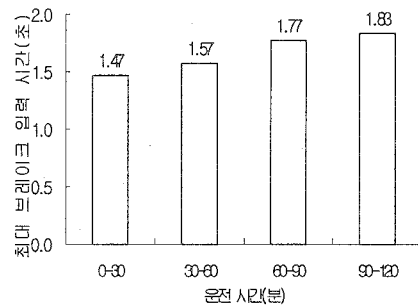


그림 7. 운전시간 증가에 따른 최대 브레이크 입력 도달시간

운전자들이 도로 위에 제시된 장애물을 피하려고 얼마나 빨리 차량을 정지시키고자 했는가를 알려주는 측정치는 최대 브레이크 입력값까지 걸린 시간이다. 운전자들이 장애물을 발견하고 이 장애물을 피하기 위해서 브레이크를 밟을 때, 최대값에 이르는 시간(즉, 차량을 정차시키려는 노력이 극대화된 시간)은 단조로운 운전시간의 증가에 따라 점차 증가하였으며 이러한 경향은 통계적으로 유의미하였다 [$F(3, 38) = 7.011, MSe = 3.272, p < 0.0001$, 그림 7].

특히 구간별로 짝비교를 해보았을 때, 이러한 유의미한 차이는 운전시간 0-30분과 운전시간 60-90

분 사이, $t(16) = 3.896, p = 0.0001$, 운전시간 0-30분과 운전시간 90-120분 사이의 비교, $t(16) = 3.268, p = 0.0048$, 운전시간 30-60분과 운전시간 60-90분 사이의 비교, $t(16) = 2.32, p = 0.033$, 그리고 운전시간 30-60분과 운전시간 90-120분 사이의 비교, $t(16) = 3.27, p = 0.0026$ 에서 유의미하였다. 이러한 결과를 통해 운전시간이 30분씩 증가함에 따라 대략 200msec 정도로 최대 브레이크 입력 시간이 지연된다는 것을 시사하며, 앞에서 살펴본 최초 브레이크 입력 행동이 시작된 후부터는 운전시간의 증가와는 독립적으로 대략 300msec 후에 최대브레이크의 입력에 도달한다는 것을 시사한다.

(2) 운전수행

차량의 횡적통제(*lateral control*) 운전시간에 따라서 차량위치가 얼마나 많이 좌우로 움직였는가를 분석한 결과, 운전시간이 증가함에 따라 차량위치의 표준편차가 감소하였는데 [$F(3, 48) = 13.077, MSe = 26.644, p < 0.001$], 특히 추가분석 결과에 의하면, 운전시작 후 60분을 기점으로 이러한 현상이 뚜렷하였다. 즉, 차량 위치의 표준편차 값의 차이는 처음 두 구간(운전시간 0-30분과 운전시간 30-60분)과 나머지 두 구간(운전시간 60-90분과 운전시간 90-120분)에서 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았으나, 운전 시간 60분 전후에 해당하는 구간을 각각 짝 비교했을 때는 모두 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 즉, 운전시간 0-30분과 운전시간 60-90분 사이의 비교는 $t(16) = 3.425, p = 0.0035$, 운전시간 0-30분과 운전시간 90-120분 사이의 비교는 $t(16) = 4.109, p = 0.0035$, 운전시간 30-60분과 운전시간 60-90분 사이의 비교는 $t(16) = 5.129, p < 0.0001$, 그리고 운전시간 30-60분과 운전시간 90-120분 사이의 비교는 $t(16) = 7.899, p < 0.0001$. 이러한 결과는 운전자들이 운전을 시작하고 60분 정도가 경과한 후에 비교적 일정한 차선유지를 보인다는 것을 시사한다.

운전시간이 증가할수록 차선위치의 변산성이 감소하였다는 것은 이전 연구들의 결과와 대립되는 결과이다. 이러한 결과에 대해 두 가지 설명이 가능하다. 우선 운전 시뮬레이터의 작동 방식에 대한 운전자들의 연습효과로 운전자들은 단조로운 운전시간에 따른 피로의 누적에도 불구하고 운전 시뮬레이터에

익숙해짐에 따라 운전수행 자체가 더 향상되었을 수 있다. 그러나 그림 8에 제시된 데이터는 또 다른 가능성을 시사하는데, 그림 8은 운전자들이 차량을 유지한 평균위치와 도로중앙(차선의 중앙을 0으로 보았을 때)으로부터의 이탈된 정도를 나타낸 것이다. 즉, 운전자들이 처음 운전을 시작할 때는 왼쪽의 중앙선 쪽에 근접하여 운전한 반면, 운전 시간이 증가할수록 중앙선과 떨어져 운전하는 경향이 있음을 보여주며, 이러한 경향은 통계적으로도 유의미하였다 [$F(3, 48) = 13.39, MSe = 51.33, p < 0.0001$].

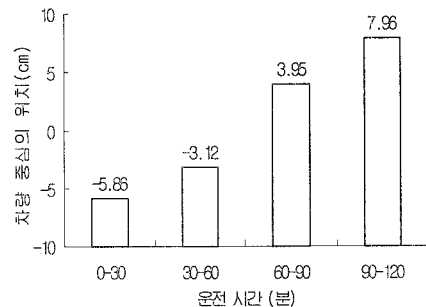


그림 8. 운전시간의 경과에 따른 주행차선 중심과 차량중심 사이의 평균거리

운전자들에게 장애물 탐지반응 후에 차선을 변경하고 다시 원래 차선으로 복귀한 후에는 다음 장애물이 제시될 때까지 주행차선을 유지하는 것이 중요하다고 지시한 점을 감안하면, 운전시작 후 운전자들은 차선을 침범하지 않기 위해 주행차선 내에서 차량 위치를 빈번하게 통제하였을 수 있다. 반면, 운전시간의 증가에 따른 피로감의 증가는 운전자들로 하여금 또 다른 운전방략을 선택하게 한 것으로 생각된다. 즉, 빈번하게 차량의 위치를 통제하기보다는 중앙선으로부터 어느 정도 거리를 두고(따라서 주행차선의 중앙으로부터 좀더 오른쪽으로 이탈하여) 운전함으로써 빈번하게 차량위치를 통제하지 않고도 자신의 차량이 옆 차선으로 넘어가는 것을 방지하고자 했을 것이고 이에 따라 차량유지 변산성이 감소했을 가능성이 있다. 요약하면, 운전시간에 따른 차선유지 변산성 감소는 운전피로감의 증가에 따른 운전자의 차량통제 의욕감소로 해석된다.

앞에서도 언급했듯이, 스티어링 휠 입력 특성은 차량의 횡적 움직임을 통제하는 가장 중요한 운전행

동 특성이다. 운전 시간의 증가에 따른 스티어링 휠 입력특성의 변화를 분석한 결과, 운전시간의 증가에 따라 스티어링 휠 입력 변산성이 증가하였다[$F(3, 48) = 5.094, MSe = 8.240, p < 0.0039$]. 그러나 각각의 조건을 서로 비교한 추후분석 결과 이러한 변화차이는 운전 시작 후 90분까지에서는 발견되지 않은 반면, 운전시간 90분 이후의 단계와 이전의 세단계 사이의 비교에서만 발견되었다[즉, 첫 번째 구간과 네 번째 구간의 비교는 $t(16) = 3.220, p = 0.005$, 두 번째 구간과 네 번째 구간의 비교는 $t(16) = 3.375, p = 0.004$, 그리고 세 번째 구간과 네 번째 구간의 비교는 $t(16) = 2.853, p = 0.0116$]. 이러한 결과는 운전자들이 운전시작 후 90분 정도 되었을 때 스티어링 휠을 더 감각스럽고 큰 범위로 조작함을 시사한다.

여기서 제기되는 문제는 앞에서 살펴본 차선 안에서의 차량위치 변산성과 스티어링 휠의 입력 변산성 간의 관계로, 왜 스티어링 휠 입력 변산성이 운전시간의 증가에 따라 증가하였는데 반대로 주행차선 안에서 차량위치의 변산성은 감소하였는가 하는 점이다. 이에 대한 설명은 다시 앞에서 언급된 주행차선의 중앙에 대한 운전자 차량의 상대적 위치의 변화를 들 수 있다. 앞에서 설명한 바와 같이 운전시간이 증가함에 따라 운전 피로감이 증가하였고, 운전자들은 옆차선으로 넘어가지 않기 위해 중앙선에서 좀 더 오른쪽으로 치우쳐 운전하는 경향을 보였다면, 장애물에 대한 탐지반응이 종료된 후 수행해야 하는 차선변경과제를 위해서는 더 큰 각도로 스티어링 휠을 움직여 옆차선으로 이동한 후 다시 중앙선으로부터 더 멀리 떨어진 위치로 돌아오려는 경향 때문인 것으로 생각된다.

차량의 종적통제(longitudinal control) 단순한 도로를 계속 운전함으로써 축적된 피로가 종적통제의 여러 측면들에 어떤 영향을 주는지 살펴보았을 때, 그 결과는 앞에서 살펴본 음주의 영향이 차량의 종적통제에 미치는 영향과 매우 다른 양상으로 나타났다. 즉, 비음주조건에 비해 음주조건에서 운전자들은 더 많은 운전속도의 변산성, 더 큰 액셀러레이터 입력 변산성, 그리고 더 큰 브레이크 입력 변산성을 보였다. 이에 반해 실험 2에서는 운전시간이 증가할수록 운전자들은 감소된 운전속도 변산성[$F(3, 48) =$

$3.51, MSe = 8.595, p = 0.002$, 그림 9], 액셀러레이터 입력 변산성[$F(3, 48) = 3.297, MSe = 9.697, p = 0.028$], 그리고 브레이크 입력 변산성[$F(3, 48) = 3.163, MSe = 16.907, p = 0.033$]을 보였다. 특히 추가분석결과 운전속도 변산성은 0-30분 구간과 90-120분 구간에서의 비교에서만 유의미한 차이가 발견되었고, $t(16) = 2.657, p = 0.017$, 액셀러레이터의 입력 변산성도 0-30분 구간과 90-120분 구간의 비교에서만 유의미한 차이가 발견되었다, $t(16) = 3.04, p = 0.008$. 그리고 브레이크 입력 변산성의 경우, 0-30분 구간과 60-90분 구간의 비교와, $t(16) = 2.20, p = 0.042$, 0-30분 구간과 90-120분 간의 비교에서 유의미한 차이를 보였다, $t(16) = 2.30, p = 0.035$.

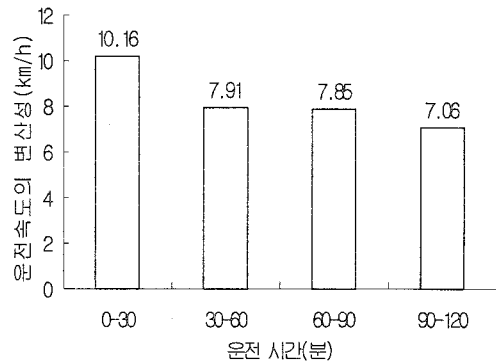


그림 9. 운전시간 증가에 따른 운전속도 변산성

이러한 결과는 운전이 시작된 후 초반부에서는 운전자들이 차량을 통제할 때, 더 감각스럽고 강하게 액셀러레이터나 브레이크를 조작하였고, 이에 따라 운전속도 변산성도 운전 초반부에서 더 컸음을 시사한다. 단조로운 운전을 계속함에 따라 운전피로가 증가하고 이에 따라 차량통제가 더 곤란할 것이라는 예언과 상충되는 이러한 결과들은 사실 많은 연구자들에 의해서도 제기된 바 있다. 예를 들어 이미 언급되었듯이 McFarland 등(1954)의 연구에 의하면, 운전자들은 피로가 증가함에 일종의 보상적인 운전수행을 보이게 되어 차선을 변경하려는 경향이 감소하거나 앞차와의 거리를 더 많이 유지하려는 경향을 보인다고 한다. 이러한 맥락에서 운전시간 증가에 따른 차량의 종적통제에 대한 변산성 감소는 운전자

들이 운전을 시작한 초기(예를 들어 처음 30분까지)에는 실험에서 요구된 대로 도로상에 장애물이 등장했을 때 브레이크를 세게 밟거나 브레이크 입력 후에 요구되어진 목표속도에 더 신속하게 도달하려는 경향을 보인 반면, 운전시간의 증가에 따른 피로감의 상승은 이러한 운전 수행의 동기를 감소시켜 액셀러레이터나 브레이크의 조작정도가 감소한 것으로 해석된다.

과제완성시간(task completion time) 운전자들이 요구되는 반응을 실행한 후, 옆 차선으로 이동한 다음 다시 원래의 주행차선으로 복귀하는데 걸린 시간을 분석한 결과, 각각의 운전시간 조건에 따른 차선 복귀시간의 차이는 유의미하였다 [$F(3, 38) = 7.16, MSe = 119.83, p < 0.0005$]. 그리고 추가분석 결과, 이러한 차이는 운전시간이 대략 30-60분 경과 후에 가장 빨랐고, 다른 세 조건에서의 차선 복귀간에는 차이가 없었다. 즉, 운전시간이 30-60분이었던 조건과 첫 구간의 차이는 $t(16) = 4.50, p < 0.0001$, 세 번째 구간과의 차이는 $t(16) = 3.79, p = 0.0002$, 그리고 마지막 구간과의 차이는 $t(16) = 3.08, p = 0.0071$ 로 유의미했던 반면 다른 비교에서의 유의미한 통계적 차이는 관찰되지 않았다.

이러한 결과는 차선복귀수행이 운전시간이 경과함에 따라 누적된 피로의 효과가 대략 운전시간이 60분 정도 경과한 후에 나타날 수 있다는 것을 시사하는 것으로 해석할 수 있다. 그러나 왜 처음 구간에서의 차선 복귀시간이 두 번째 구간에 비해 유의미하게 길었는지에 대해서는 고려해 보아야 할 필요가 있다. 가장 가능한 설명으로 운전 시뮬레이터나 주어진 과제에 대한 연습효과를 들 수 있을 것이다. 즉, 서두에서도 언급되었듯이 차선을 변경한 후 다시 원래의 차선으로 복귀하는 것은 단순히 장애물을 탐지하여 반응하거나, 차량 안에 설치된 여러 통제장치들(스티어링 휠이나 액셀러레이터)을 조작하여 일정한 운전속도나 차선을 유지하는 것에 비해 비교적 복잡적이고 어려운 과제라 할 수 있다. 따라서 운전자들이 운전을 시작한 후 30분 정도까지는 요구되어진 과제에 반응하는 방략을 학습하기 위해 비교적 조심스럽게 차선변경을 시도하고 그 결과 차선복귀시간이 증가하였을 수 있다. 반면 어느 정도의 연습이 있는 후(30분의 운전 시간동안 50회의 차선 복귀

를 시도한 후)에는 피험자들이 이 과제를 수행하는 데 어느 정도 익숙해졌을 수 있고, 따라서 운전시간 30분 후에는 비교적 빠른 차선복귀수행을 보였을 것이다.

운전자들이 도로중앙에 제시된 장애물을 발견하고 요구된 반응을 한 후 다시 목표속도인 100km/h에 도달하기까지 소요된 시간을 운전시간별로 정리한 결과, 운전시간이 증가함에 따라 목표속도에 도달하는 시간이 증가하였는데 [$F(3, 48) = 3.665, MSe = 6.565, p = 0.019$], 이러한 차이는 운전을 시작한지 90분이 경과한 후에 뚜렷하였다. 즉, 운전시간 90-120분 구간의 목표속도 도달시간은 처음 운전시간 0-30분이나 운전시간 30-60분에 비해 약 2.5초 정도 더 많은 시간을 요구하였다. 추가적인 사후분석에서 각각 $t(16)=2.67, p = 0.017$ 과 $t(16) = 2.39, p = 0.030$ 으로 통계적으로 유의미하였다.

총 합 는 의

본 연구는 알코올과 피로에 의한 운전자의 주의 분산과제와 운전수행을 별도로 측정하였다. 본 실험들에서도 시사되었듯이 음주에 의한 운전수행 상의 손상은 피로에 의한 수행변화와 몇 가지 대비되는 결과를 제공하고 있다. 특히 음주에 의한 효과는 앞에서 개관한 연구들이 보인 일반적인 운전수행이나 정보처리의 손상과 관련 있으나, 피로에 의한 효과로는 피로감에 대한 보상효과, 즉, 운전자들이 피로해짐에 따라 요구되는 반응보다 더 조심스럽고 안정적으로 차량을 유지하려는 경향이 관찰되었다. 이러한 관찰 결과들을 종합하면, 본 연구는 기존의 연구들과 비교하여 음주의 효과에 대해서는 매우 일반적인 결과 즉, 음주조건에서 비음주 조건에 비해 운전 수행이나 주의 분산 과제의 수행의 저하가 관찰된다는 것을 확인한 반면, 피로의 효과에 대해서는 피로에 의한 운전 및 정보처리의 전반적인 수행 저하 측면보다는 피로에 의한 (부분적) 보상적 운전 행동이 관찰될 수 있다는 것을 확인하였다고 할 수 있다. 다시 말해 이러한 보상적 운전 행동은 차선의 위치를 다른 차량과의 충돌 위험이 높은 지점(예를 들어 중앙선)에서 떨어져 운전하는 경향에서만 관찰되었고, 운전자의 높은 수준의 각성이 요구되는 브레이크의

입력 수행에서는 피로 조건에서 더 큰 수행상의 저하가 관찰되었다. 이러한 경향은 운전자가 피로에 의한 수행의 저하를 보상하기 위해 취할 수 있는 행동 방향이 부분적일 수 밖에 없다는 것을 시사하며, “외현적으로는” 피로조건에서 차선의 유지수행이 피로하지 않은 조건에 비해 더 나은 것으로 보이지만, 실제로는 매우 중요한 운전 수행의 측면 - 특히 브레이크를 조작하는 수행 - 에서는 손상이 있음을 주목해야 할 것이다. 따라서 피로와 관련된 운전 수행을 관찰한 기존 연구에서는 피로에 의해 운전 수행이 저하되거나(예를 들어, Dureman & Boden, 1972; Ellingstrad & Heimstra, 1970; Sussman & Morris, 1970; Forbes 등, 1958; Mackie & O'Hanlon, 1977; O'Hanlan & Kelly, 1977), 반대로 보상적 행동 때문에 오히려 더 수행이 나아진다거나(예를 들어, McFarland, 1958) 하는 식의 대립적 연구 결과와 비교하여 본 연구는 운전 수행의 여러 측면을 구분하여 피로가 차별적으로 영향을 미칠 수 있음을 보고하였다는 점에서 의의가 있다고 생각된다.

자극에 대한 반응시간은 자극에 대한 감각기계의 활동뿐만 아니라 결정과정이나 실제 행동반응에 이르는 많은 단계에서 소요되는 시간을 포함한다. 만약 감각처리가 완전하다면 단순반응시간의 증가는 대부분 외현적인 수행감소를 의미한다. 낮은 수준의 음주량의 효과를 측정할 연구들은 음주에 의해 단순반응시간이 조금 증가하는 것을 발견하기는 했으나 일반적인 일관성은 없었고, 혈중 알코올 농도가 상당한 수준이 되어야만 단순반응수행이 감소함을 관찰할 수 있다는 것을 지적하고 있다. 이에 비해 피로는 지속적 반응이 요구되지 않으면 일반적으로 단순반응에 영향을 미치지 않는다. 주의와 의사결정에 있어서 반응시간과제들이 더 많은 인지노력을 요구하는 경우, 알코올과 피로의 효과는 매우 민감한 것으로 여겨진다. 예를 들어 인지적 부하는 선택적 대안수가 증가함에 따라서 혹은 한 과제의 수행이 다른 과제와 동시에 요구될 때 반응시간을 측정하는 것에 의해 증가하는데, 알코올과 피로 모두는 단순반응시간보다 선택반응 시간을 증가시킨다. 특히 반응시간과제가 오랜 시간의 반응을 요구하는 경우, 피로는 반응시간들의 가변성을 증가시킨다.

추적과제의 중요한 특성은 지속적인 수행이다. 특히 둘 이상의 과제를 수행하면서 실시해야 하는

보상적 추적과제에서는 혈중 알코올 농도가 0.05% 정도로 비교적 낮은 수준일 때조차도 대부분 수행감소가 나타난다. 더 큰 손상은 높은 혈중 알코올 농도에서 그리고 주의분산 과제조건에서 발견될 수 있다. 한편 피로는 지속적으로 수행해야 하는 추적과제수행을 악화시킨다. 시행회수의 증가나 스트레스가 있는 조건 모두 추적과제수행에 부정적 영향을 미친다는 것이 밝혀졌는데, 이것은 한 과제의 지속적 특성이 대부분 피로로 인한 과제수행의 손실을 야기함을 말한다.

대체로 운전수행과 관련된 음주와 피로의 효과는 차량의 종적통제나 횡적통제 뿐만 아니라 이 두 가지 과제가 동시에 요구되는 운전수행도 감소시키는 것으로 알려졌다. 그러나 본 실험결과에서도 시사되었듯이 두 변인의 효과가 항상 일관적이지는 않았다. 제동과 속도유지를 포함하는 차량의 종적통제는 알코올과 피로에 의해 영향받기 쉬운 것으로 증명되었으나, 특히 알코올은 완전한 제동과 제동시간증가와 관련 있었다. 차량의 횡적통제는 알코올과 피로 조건하에서 모두 손상적인 운전수행을 보여준다. 그러나 흥미 있는 결과는 일반적으로 스티어링 휠을 좌우로 변경하는 빈도가 음주의 영향에 의해 증가하는 반면, 피로의 증가에 따라서 반대로 감소한다는 점이다.

이러한 차이를 다음과 같이 요약할 수 있다. 알코올과 피로의 영향에서 주된 유사점은 첫째, 시각적인 측면에 큰 영향을 미치지 않고, 둘째, 정보처리능력과 속도가 저하되며, 셋째, 차량위치와 속도조절의 어려움이 증가하고, 마지막으로 두 변인 모두에서 큰 개인차가 발견된다는 점이다. 이에 반해 두 변인의 차이점은 첫째, 알코올보다 피로가 경계를 감소시키는 경향이 크고, 둘째, 피로는 복잡한 업무보다 간단한 일에서 손상시키나 알코올은 간단한 업무보다 복잡한 일을 더 손상시키고, 마지막으로 알코올은 스티어링 휠의 전환회수를 증가시키는 반면 피로는 그것을 감소시킨다.

참 고 문 헌

- 도로교통안전협회 (1994). 교통통계.
- 도로교통안전협회 (1996). 교통사고통계분석.
- Attwood, D., Williams, R. D., & Madill, H. D. (1980). Effects of blood alcohol concentrations on closed-course driving performance. *Journal of Studies on Alcohol*, 41, 623-634.
- Bjerver, K., & Goldberg, L. (1950). Effects of alcohol ingestion on driving ability. *Quarterly Journal of Studies on Alcohol*, 11, 1-30.
- Belt, B. L. (1969). *Driver eye movement as a function of low alcohol concentration*. Columbus, OH: Ohio State University, Department of Industrial Engineering, Driving Research Laboratory.
- Bills, A. G. (1934). *General Experimental Psychology*. New York: Longmans Green.
- Brown, I. D. (1965a). Effect of a car radio on driving in traffic. *Ergonomics*, 8, 475-479.
- Brown, I. D., Tickner, A. H., & Simmonds, D. C. V. (1966). Effects of prolonged driving upon driving skill and performance of a subsidiary task. *Industrial Medicine and Surgery*, 35, 760-765.
- Buikhuisen, W., & Jongman, R. W. (1972). Traffic perception under the influence of alcohol. *Quarterly Journal of Studies on Alcohol*, 33, 800-806.
- Coldwell, B. B., Penner, D. W., Smith, H. W., Lucas, G. H. W., Rodgers, R. F., & Darroch, F. (1958). Effects of ingestion of distilled spirits on automobile driving skill. *Quarterly Journal of Studies on Alcohol*, 19, 590-616.
- Craner, A., Dille, J. M., Delay, J. C., Wallace, J. E., & Haykin, M. D. (1969). Comparison of the effects of marijuana and alcohol on simulated driving performance. *Science*, 164, 951-954.
- Damkot, D. K., Toussle, S. R., Akley, N. R., Geller, H. A., & Whitneore, D. G. (1977). *On-the-road driving behavior and breath alcohol concentration* (Rep. No. DOT-HS-802-254). Washington, DC: U. S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.
- Dureman, E. L., & Boden, C. H. (1972). Fatigue in simulated car driving. *Ergonomics*, 15, 299-308.
- Ellingstrad, V. S., & Heimstra, N. W. (1970). Performance changer during the sustained operation of a complex psychomotor task. *Ergonomics*, 13, 693-705.
- Forbes, T. W., Katz, M. S., Cullen, J. W., & Deterline, W. A. (1958). Sleep deprivation effects on components of driving behavior. *Highway research Abstracts*, 28, 1-26.
- Greenshilds, B. D. (1966). Changes in driver performance with time in driving. *Highway Research Record*, 122, 75-88.
- Herbert, M. J., & Jaynes, W. E. (1964). Performance decrement in vehicle driving. *Journal of Engineering Psychology*, 3, 1-8.
- Huntley, M. S. (1974). *Alcohol influences upon closed-clouse driving performance, Alcohol, Drugs, and Driving*. Traffic Highway Safety Administration.
- Huntley, M. S., & Centybear, T. M. (1974). Alcohol, sleep deprivation and driving speed effects upon control use during driving. *Human Factors*, 16, 19-28.
- Huntley, M. S., & Perrine, M. W. (1971). *Influence of alcohol on driving behavior in an instrumented car*. Institute for Road Safety Research, Noordwigkerhout, The Netherlands.
- Kirk, R. E. (1982). *Experimental Design: Procedures for the behavioral Science*. Belmont, CA: Brooks Cole Publishing company.
- Laurell, H. (1977). Effects of small doses of

- alcohol on driver performance on emergency traffic situations. *Accident Analysis and Prevention*, 9, 191-201.
- Lovibond, S. H., & Bird, K. (1970). Effects of blood alcohol level on the driving behaviour of competition and non-competition drivers. *Paper presented at the 29th International Congress on Alcoholism and Drug Dependence*. Sydney, Australia.
- Mackie, R. R., & O'Hanlon, J. F. (1977). *A study of the combined effects of extended driving and heat stress on driver arousal and performance*.
- McFarland, R. A., & Mosely, A. L. (1954). *Human factors in highway transport safety*. Boston, MA: Harvard School of Public Health.
- McLellan, D. R. (1969). The effects of alcohol on driving skill. *Highway Safety Literature*, 3, 193-202.
- Michaut, G., & Pottier, M. (1964). Conduite en situation monotone [Driving in monotonous situations]. *Organisme Nationale de Securite Routiere Bulletin*, 8.
- Mortimer, R. G., & Sturgis, S. P. (1979). Some effects of alcohol on car driving on two-lane and limited-access highways. *Proceedings of the Human Factors Society 23rd Annual Meeting*, 254-258.
- Moskowitz, H., & Austin, G. A. (1979). Review of selected research studies from the last decades on the effects of alcohol human skills performance. In W. M. Landry (Ed.), *A Critical Review of the Drug*.
- Moskowitz, H., & Burns, M. (1971). The effect of alcohol upon the psychological refractory period. *Quarterly Journal of Studies on Alcohol*, 32, 782-790.
- Moskowitz, H., & DePry, D. (1968). The effect of alcohol upon auditory vigilance and divided attention tasks. *Quarterly Journal of Studies on Alcohol*, 29, 54-63.
- Moskowitz, H., & Murray, J. (1976). Alcohol and backward masking of visual information. *Quarterly Journal of Studies on Alcohol*, 37, 40-45.
- Moskowitz, H., & Roth, S. (1971). The effect of alcohol upon the latency in naming objects. *Quarterly Journal of Studies on Alcohol*, 32, 969-975.
- Muscio, B. (1921). Is a fatigue test possible? *British Journal of Psychology*, 12, 31-46.
- O'Hanlon, J. F. & Kelley, G. R. (1977). Comparison of performance and physiological changes between drivers who perform well and poorly during prolonged vehicular operations. In R. R. Mackie (Ed.).
- Perrine, M. W., & Huntley, M. S. (1971). *Influence of alcohol upon driving behavior in an instrumented car* (Rep. No. DOT HS-800-471). Washington, DC: U. S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.
- Platt, F. N. (1964). A new method of evaluating the effect of fatigue on driver performance. *Human-Factors*, 6, 351-358.
- Platt, F. N., & Feddersen, G. J. (1964). *Driver performance: The search for objective*.
- Ryder, J. M., Madin, S. A., & Kinsley, C. H. (1981). *The effects of fatigue and alcohol on highway safety* (Rep. No. DOT-HS-805-854). Washington, DC: U. S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.
- Seehafer, R. W., Huffman, W. J., & Kinzie, M. D. (1986). Effects of low level blood alcohol concentration on psychophysical and personality measures under controlled driving conditions. *National Safety Congress Transactions*, 23, 100-107.
- Sugarman, R., & Cozad, C. P. (1972). *Road tests of alertness variables* (Rep. No. DOT-HS-053-1-145). Washington, DC: U. S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.

Sussman, E. D., & Morris, D. F. (1970). *An Investigation of Factors Affecting Driver Alertness* (Rep. No. FH-11-7313, DOT-HS-800-317). Buffalo, NY: Cornell Aeronautical Laboratory of Cornell University.

Taylor, J. D., & Stevents, D. L. (1965). Dose response relationship of ethanol and automobile driving. *Alcohol and Traffic Safety Proceedings of the Fourth International Conference on Alcohol, Drugs, and Traffic safety*, Indiana University, Bloomingt, IN, Dec. 6-10.

1차 원고 접수: 1999년 8월 29일

최종 원고접수: 1999년 11월 4일

The Effects of Alcohol and Fatigue on Divided Attention Task and Driving Performance using a Driving Simulator

Jeasik Lee · Bia Kim · Wansük You

Pusan National University

In two driving simulation experiments, it were investigated to the effects of alcohol and fatigue on divided attention task and driving performance. We examined the effect of alcohol in experiment 1 comparing the measurements of alcohol and non-alcohol group, and the effect of fatigue in experiment 2 comparing the measurements of 4 sections(30 mins per a section). In both experiments, divided attention task and driving simulation experiments were conducted. The performance of divided attention task was measured as visual search task and compensatory tracking task. And the driving performance was measured as response patterns to obstacle stimuli, lateral and longitudinal control of vehicle, and task completion time. The results in alcohol and accumulated fatigue condition showed that (1) the performance of divided attention task was impaired, however there were partial effects in alcohol condition. (2) The reaction time of obstacle stimuli were slowed, and (3) the quality of lateral and longitudinal control of vehicle was degraded. Therefore these results suggest overall performance impairments with alcohol and fatigue in driving.