

■ 論 文 ■

## 음주 측정의 신뢰도에 대한 분석 (혈액호흡 분배비율을 중심으로)

Analysis about the reliability of sobriety testing  
(focused on the Blood-Breath Ratios)

**이 원 영**

(도로교통공단 교통과학연구원 수석연구원)

**고 명 수**

(도로교통공단 교통과학연구원 선임연구원)

### 목 차

- |  |  |
|--|--|
| <p>I. 서론</p> <p>II. 이론적 고찰</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 음주(호흡)측정 근거로서의 혈액호흡분할비율</li> <li>2. 혈중알코올 농도의 역산</li> <li>3. 과학적 증거의 전제조건</li> </ol> <p>III. 실험 및 분석방법</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 실험설계</li> <li>2. 피험자 선정</li> <li>3. 실험도구</li> <li>4. 실험절차</li> </ol> | <p>5. 실험자료 처리</p> <p>IV. 실험결과 분석</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 최대 호흡중 알코올 농도와 최대 혈중 알코올 농도</li> <li>2. BrAC와 BAC의 비교</li> <li>3. 시간에 따른 BrAC 변화 형태</li> <li>4. 시간당 분해율(BAC)</li> <li>5. 혈액호흡 분배비 비교</li> </ol> <p>V. 논의 및 결론</p> <p>참고문헌</p> |
|--|--|

**Key Words :** 음주측정, 혈중알코올농도, 호흡알코올 농도, 혈액호흡비, 호흡측정기, 음주운전 sobriety testing, Blood alcohol concentration(BAC), breath alcohol concentration(BrAC), the blood-breath ratio (BBR), breathalyzer, drinking driving

### 요 약

본 연구의 목표는 음주운전 증거확보용 음주측정에서 혈액과 호흡의 알코올비율의 분산성을 평가하며 호흡 중 알코올 양의 확인 절차를 합리화하는 데 목적을 두고 있다. 이를 위해 각각 남자 24명, 여자 24명 등 48명의 건강한 피험자를 대상으로 성(2), 주류(2:소주, 위스키), 음식물 유형(2:김치찌개, 삼겹살), 알코올 섭취량(2: 몸무게 기준 0.35g/kg, 0.70g/kg) 등의 요인에 대해 직교표에 의한 2<sup>4</sup> 요인 설계를 적용한 실험을 실시하였다. 술은 3회에 걸쳐 나누어 마시게 했으며 0.70g/kg 집단은 45분, 0.35g/kg 집단은 30분에 걸쳐 마시게 했다. 호흡측정과 혈액측정은 음주 종료 후 각기 8회와 5회 실시하였다. 그 결과 혈중알코올과 호흡알코올 측정치 간에는 r = 0.973의 높은 상관이 나타났다. 4원 변량분석 결과, 음식물 유형에 있어서 최대 BrAC의 차이(F (1, 43) = 5.1, p<.029)가 드러났지만 술의 종류와 성별에 있어서는 차이가 없었다. 전체적인 혈액호흡비(BBR)는 2295±403이었고, 95% 신뢰구간은 1489와 3101이었다. 이런 변산에도 불구하고, 호흡측정기에 2100:1의 분배비율을 적용하는 것은 합리적인 것으로 보인다. 그것은 본 연구에서 나타난 바와 같이 적어도 음주 후 30분이 지나면 대부분의 피험자가 2100:1 이상의 비율을 보이기 때문이다.

The aim of this study was to evaluate the variability of the blood breath ratio (BBR) value and to rationalize the determination of ethanol in breath for evidential sobriety testing. In the experiment forty eight healthy persons, 24 men and 24 women, took part. The experiment included the experimental condition such as sex(2), the type of alcoholic beverage(2: soju, whisky), the type of food(2:kimchi stew, pork belly) and the amount of ethanol consumed(2: 0.35g/kg, 0.70g/kg, based on body weight) according to 2<sup>4</sup> factorial design by orthogonal arrays. Breath and blood sample were taken each 8 times and 5 times after the end of drinking. The blood and breath alcohol measurements were highly correlated (r = 0.973). The Results of four way analyses of variance revealed a significant 'the type of food' effect for maximum BrAC (F (1, 43) = 5.1, p<.029), but no significant effect in the type of alcoholic beverage and sex. The overall blood/breath ratio (± SD) was 2295 ± 403 and the 95% confidence interval were 1489 and 3101. In spite of these variations, at this time, it seems to be reasonable that apply 2100:1 conversion factor to breathalyzers, because most of the subjects showed the blood breath ratio of over 2100:1 at least 30 minutes or more passed from the time of drinking as shown in this study.

## I. 서론

현재 우리나라의 교통사고 사망자수는 매년 감소추세에 있으나 음주운전 교통사고 사망자의 비율은 매년 증가하여 '01년에는 11.9%이던 것이 '07년에는 전체 교통사고 사망자의 16.1%를 차지할 정도로 증가하고 있다. 도로교통안전관리공단(2006)의 도로교통사고비용 추계<sup>1)</sup>에 따르면 음주운전으로 인한 직접적인 인명피해 비용은 2005년 기준 6,147억원으로, 전체 인명피해 교통사고비용 약 4조 3,328억원의 14.2%를 차지하였다. 이는 전체 교통경찰 예산 약 6,795억원에 육박하는 것이다. 그러나 일반 국민의 음주운전으로 인한 사고 및 피해의 심각성에 대한 인식은 여전히 미흡한 실정으로, 지속적인 단속 등에도 불구하고 최근에는 여성운전자에게까지 음주운전이 확산추세를 보이며 사회문제가 되어가고 있다. '07년 기준 혈중알코올 농도 0.05% 이상으로 주취운전으로 형사 입건된 운전자 수는 405,474명(이중 187,098명은 0.10% 이상)으로 도로교통법 위반으로 형사입건된 사람의 72.1%나 되었다(경찰청, 2008). 이들은 향후 상습음주 운전자 집단으로 재등장할 우려성이 높기 때문에 이들에 대한 제법 방지 대책과 함께 실효성 있는 음주운전 억제 대책을 마련할 필요성도 증가하고 있다. 음주운전에 대한 억제효과는 다른 범죄에서와 마찬가지로 처벌의 심각성(severity), 신속성(celerity), 확실성(certainty) 등이 중요 억제요인이다. 일반적으로 형사 처벌은 심각성을, 면허정지나 취소는 신속성을, 음주운전에 대한 확실한 단속은 확실성을 강화하기 위한 것이라고 볼 수 있다. 그러나 현실적으로는 음주운전 억제 대책에 있어 많은 장애물이 있는 것도 사실이다. '07년 주취운전으로 단속되어 형사 입건되어 검찰에 송치된 도로교통법 위반(음주운전) 건수는 333,246건으로 이중 구속이 1,122명이고, 나머지는 모두 불구속으로 약식기소 처리되었거나 불기소 처분을 받았다(대검찰청, 2008). 따라서 형사입건의 대부분은 그 처벌은 대부분 도로교통법상의 행정처분으로 종료되었으며 형사입건되어 구속에 이르는 경우는 단지 0.3% 이하였다. 이것은 음주운전에 대한 검찰과 법원 등에서의 처벌수준이 형사입건 수준에 비해 매우 낮음을 보여준다. 이것은 우리나라의 처벌수준이 음주운전 억제의 중요한 요소인 심각성 측면에서 매우 낮음을 보여주는 것이다. 이러한 사법당국의 가벼운 처벌 배경에는 음주운전 여부를 확인하는 근거로

적용하는 혈중알코올 농도(Blood Alcohol Concentration; 이하 BAC라고 한다)의 측정과 관련된 신뢰성 부족도 한 요인이 되고 있다. BAC 수준의 증거를 확보하기 위해서는 대상자로부터 적절한 생물학적 표본을 얻는 것이 중요하다. 호흡검사에 의한 간접적인 BAC의 확인은 가장 보편적인 형태의 과학적 검사의 하나이다. 그러나 호흡측정이 충분한 과학적 근거를 갖기 위해서는 호흡측정이 준거로 하는 혈중알코올 농도에 대한 타당성을 어떻게 확보해야 하는가에 대한 분명한 기준을 제시할 필요가 있다. 특히 혈중알코올농도 추정에 있어서는 알코올 분해의 생리적 특성에 있어 외국인과 다른 특성이 적지 않게 존재하는 한국인에 대해서 시간 경과에 따라 혈액측정과 호흡측정 간에 어떤 관계가 있는지를 명확히 하는 것이 중요하다. 이런 인식하에서 본 연구에서는 음주 후 혈중 알코올 농도가 음주량과 시간 경과에 따라 어떻게 달라지며 그 측정 방식으로 호흡측정과 혈액측정 간에는 어떤 비율적 관계가 있는가를 살펴보고자 하였다. 동시에 개인 및 환경변수 중 섭취 주류의 종류와 알코올 도수, 음식물 섭취 유형의 차이가 혈중알코올 농도 등에 어떤 차이를 가져오는지를 살펴보았으며 그에 따른 호흡측정의 신뢰성 제고 방안에 대해서도 검토하였다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 음주(호흡)측정 근거로서의 혈액호흡분할비율

호흡검사는 적절한 호흡표본 즉 호기로 내뿜어진 폐포의 공기 속에 들어있는 알코올의 측정을 포함한다. 이 호기알코올농도는 소위 분배비율(partition ratio)이라고 부르는 요인을 곱해 혈액 속의 알코올농도 대응치로 변환한 것이다. 이것은 폐포 속의 알코올농도와 혈중 알코올 농도 간에 직접적인 상관이 있다는 가정에 의한다. 호기알코올 측정치(BrACmeas.)를 그에 대응하는 혈중 알코올 농도 추정치(BACest)로 변환하는 데 핵심적인 역할을 하는 것이 "혈중 알코올 대 호기 알코올의 분배비(blood-breath ratio; BBR)"이다.

원칙적으로 이 비율은 혈중알코올농도와 호기로 배출된 폐포 공기 속의 알코올농도를 측정함으로써 자동적으로 계산된다. 그 동안의 연구 결과를 통해 드러난 이 비율은 1900~2400이나 국제적으로 현재 인정된 값은

1) 교통사고의 물적피해 비용 및 사회기관 비용은 제외된 것임

2100이다(Dubowski 1985; Simson 1987; Moore 1991; Jones 1993; Thompson 1997).

그러나 최근의 연구에 따르면 알코올 대사 과정에서 흡수 단계와 흡수 이후 상태와 관련 BBR의 분산성은 생각보다 높은 것으로 나타나고 있다. 흡수 이후 상태에 대해서 Dubowski(1985)는 정상분포 된 BBR데이터를 보고했는데, 2280:1의 평균과 99.7%의 음주 모집단에 대해 1255:1에서 3005:1에 이르는 통계적 범위를 갖는 특징을 보였다. 표준 2100:1 비율에 의거하면 Dubowski의 데이터는 -26%~+43%의 상대오차 범위를 가지며 일관성이 있음이 드러났다. 더욱이 그 데이터들은 77:23의 BAC 과소 추정치 대 과대 추정치의 비율을 반영한다(Labianca, In Fitzgerald, 2000). 이와는 반대로 Jones(1978)의 흡수 이후자료는 여전히 의미 있지만 69:31의 좀 더 낮은 과소 추정치 대 과대추정치 비율을 나타낸다.

흡수 단계에서의 BBR분산성의 효과는 좀 더 실질적인 것으로 알려져 있다(Simpson, 1987). Mason과 Dubowski (1974)는 "혈액과 호흡검사가 피험자에게 적용될 때 호흡검사는 흡수 중에 혈액검사보다 훨씬 높은 결과를 낳는 점에 있어서 변별력이 있다."라고 강조했다. 좀 더 최근에 Dubowski(1985)는 2280:1의 흡수 이후 평균 BBR로부터의 의미 있는 분산이 활발한 알코올 흡수 중에 존재하며 흡수 이후 상태에서조차 일부 개인에게서 존재한다고 덧붙였다. 사실상 Labianca와 Simpson(1996)은 1836:1의 평균 흡수상태 BBR을 확정했는데, 이는 Giguere와 Simpson (1990)의 자료에 대한 정규 로그 통계분석으로부터 도출된 것이다. 로그변환 자료는 정상분포를 이루며 흡수 상태 모집단의 99%에 대해 1128:1과 2989:1의 통계적 범위를 포함한다. 이것은 -46%에서 +42%의 상대오차 범위와 24:76의 과소추정치 대 과대추정치 비율을 반영한다. 흡수 상태에 대한 Jones(1978)의 데이터는 일반화 정도는 떨어지지만 확실히 의미 있는 것으로 35:65의 과소추정치대 과대추정치 비율을 나타낸다(Simpson, 1989).

이것은 호흡검사에서 2100:1이라는 혈액호흡분배 비율 적용이 상황에 따라서는 오차가 크며, 심지어는 사실과 다르게 피의자에게 불리하게 작용할 수도 있음을 시사한다.

**2. 혈중알코올 농도의 역산**

또 다른 문제는 음주운전 당시에 음주측정을 하지 못하

고 일정한 시간이 경과되어 음주측정을 하거나 음주측정을 할 수 없었던 경우 등에 있어서의 혈중알코올 농도의 역산의 문제이다. 이 경우에 흔히 개인의 성별, 몸무게, 마신 알코올의 양 등과 혈중알코올 농도 간에는 1차식의 관계가 성립한다는 것에 기초한 Widmark의 식이 역산에 사용되기도 한다. Widmark 계산식( $A=c_0 \times p \times r$  및  $c_0 = c_t + \beta_t$ )은 알코올 섭취 정보로부터 혈중알코올 수준의 변화를 예측하는 것이다. 이 식에서 A는 섭취된 알코올 총량, p는 총 몸무게, r은 알코올이 존재할 수 있는 신체의 일부 무게의 비율,  $\beta$ 는  $c_t$ 까지 혈중알코올농도 소거율,  $c_0$ 는 제로 시간까지 외삼법에 의해 역으로 연장할 경우의 혈중알코올농도이다. Widmark는 남자에게는  $0.68 \pm 0.085$ , 여자에게는  $0.55 \pm 0.055$ 의 평균 r값을 할당했다(Land,1998). 그러나 이 식은 법률적 소추의 목적으로 사용되기에는 그 과학적 근거가 빈약하다. 개인의 음주에 따른 혈중알코올 농도는 참으로 다양한 요인들에 의해 영향을 받는다는 것이 연구자들에 의해 입증되고 있기 때문이다. Jones(1990)는 음주패턴, 섭취한 알코올의 유형, 식사 또는 공복 상태, 음식의 성질(고형 또는 액상) 및 성분(지방, 단백질 또는 탄수화물), 위장관의 해부구조, 피험자의 심신상태 등이 알코올의 흡수 및 분해과정에 영향을 미친다고 지적한 바 있다. 지방, 단백질, 탄수화물 등을 포함한 음식물을 섭취한 후에 술을 마신 피험자들은 빈속에 술을 마신 피험자들보다 대략 3배정도 더 느리게 알코올을 흡수하는 것으로 나타난다(Jones, 1994). Winek와 Esposito(1985)는 또한 알코올의 흡수는 위장 내의 내용물, 운동성 및 주류의 양과 배합 성분에 의해 영향을 받는다고 보고하였다(Winek, Esposito, 1985). 결국 알코올이 흡수되는 비율은 위 속이 얼마나 비워있느냐에 좌우된다.

또한 위스키와 보드카 같은 알코올 도수가 높은 술은 맥주나 와인과 같은 도수가 낮은 술보다 더 빠르게 흡수되는 것으로 알려져 있다. 한편 남녀의 차이와 관련해서는 빠르게 진행되는 최초의 확산/회석 과정은 남성들 사이에서는 1차식(first order)의 선형 관계로 보이지만 여성에게는 분명하지 않다. 이것은 확산의 범위가 전체 체액의 부피에 한정되며, 여성의 체액은 남성의 2/3에 불과하기 때문인 것파도 관계가 있다(Lands, 1998). 그에 따라 남성과 동일한 양의 알코올을 섭취한 후의 혈중알코올은 남성보다 더 높으며, 알코올성 간질환, 심근경색 등에 더 취약하다고 한다.

### 3. 과학적 증거의 전제조건

결론적으로 혈액호흡의 분배비율과 알코올의 흡수 및 분해 과정은 개인마다 다르고, 개인 내적으로도 시간에 따라 다르다. 따라서 기존의 음주측정 방식과 음주운전 사후 측정에 따른 혈중알코올 농도 역산 방식은 여러 가지 오차에 노출되어 있음으로서 결과해석에 대한 논란의 여지를 제공한다. 따라서 음주운전 직후의 호흡측정 또는 일정 시간이 지나서의 호흡측정 어느 경우에서도 이러한 혈중알코올 농도 변산 요인에 대한 엄격한 해석이 필요하며 또한 그러한 전제하에서만 호흡측정의 결과도 과학적 증거로서 인식될 수 있을 것이다.

## III. 실험 및 분석방법

### 1. 실험설계

본 연구에서는 혈중알코올 농도에 직접적인 관계가 있는 알코올 섭취량(0.35g/kg, 0.70g/kg)을 포함하여 성별(남, 녀), 주류의 알코올 도수(20°, 40°), 함께 섭취한 음식물의 내용<sup>2)</sup>(돼지고기 김치찌개, 삼겹살) 등 4개 독립변수에 대해 직교표에 의한 24형배치 설계를 활용하였다. 그에 따른 종속변수는 시간별 호흡 및 혈액 측정결과이다. 변수별 실험배치 형태 및 인원은 <표 1>과 같다.

<표 1> Experimental displacement

Factor Matrix	Displacement	No. of Subject
a1b1c1d	Male-Soju-0.35g-kimchi stew	6
a1b1c2d2	Male-Soju-0.70g-pork belly	6
a1b2c1d2	Male-Whisky-0.35g-pork belly	6
a1b2c2d1	Male-Whisky-0.70g-kimchi stew	6
a2b1c1d2	Female-Soju-0.35g-pork belly	6
a2b1c2d1	Female-Soju-0.70g-kimchi stew	6
a2b2c1d1	Female-Whisky-0.35g-kimchi stew	6
a2b2c2d2	Female-Whisky-0.70g-pork belly	6

### 2. 피험자 선정

도로교통안전관리공단 홈페이지와 사내 게시판을 통해 주량이 소주 반병에서 한병에 해당하는 사회적 음주자로 몸무게는 45-90kg 사이인 20-50대의 실험 지원자를 공모하여 그 중에서 건강에 이상이 없는 남, 녀 각각 24명씩, 총48명을 선발하였다. 이들의 평균 연령은 37.63±9.68세이며 평균 체중 64.34±12.213kg, 체지방은 23.91±4.416%이다.

### 3. 실험도구

본 연구에서는 마이크로컴퓨터 기반 실험장치(MBL)를 통해 측정에 영향을 줄 수도 있는 매개변수(기온, 대기압, 습도)를 사전 측정하였다. 실험장소의 기본조건은 실험시작 10분전, 실험시작, 실험시작 후 30분 후 3회에 걸쳐 측정하였다. 측정결과, 실험장소의 평균온도는 23.9±0.04도, 평균습도는 53.46± 0.05%, 평균대기압은 1012.77±0.17hPa로 나타났으며 이는 호기 및 혈액 측정에 영향을 미치지 않는 수준이었다. 본 실험에서는 혈중알코올의 측정과 호흡 알코올 농도측정을 위해서 각각 혈중알코올농도 분석기(Gas Chromatography HP 7694 Series II, AutoSampler HP-7694), 호기알코올농도 측정기(SD-400 Breath alcohol analyzer)를 사용하였다. 호기알코올농도 측정기의 경우, 기기간의 오차발생을 줄이기 위하여 공단 시험교정실의 검,교정 과정을 거쳤으며 그 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> Calibration results of breathalyzers used in 1st Experiment

Item	Instrument no.			
	1	2	3	4
0.050(%)	-0.0004	-0.0031	-0.0001	-0.0004
0.100(%)	-0.0032	-0.0069	-0.0009	-0.0015
Mean deviation(%)	-0.0018	-0.0050	-0.0005	-0.0010

2) 알코올분자가 위벽을 통해, 위벽의 정맥혈관 속으로 확산되는 데 있어 위 속의 음식물 분자는 위벽으로 진행하는 데 장애물을 형성하며, 따라서 위 속이 비워 있을수록 알코올의 흡수율은 높아짐. 이부분에서 찌개류와 고기류의 차이를 살펴보고자 하였음.

#### 4. 실험절차

실험은 실험 절차 소개, 실험 동의서 작성, 사전조사 실시, 사전 음주측정 테스트 및 체지방 측정 실시, 실험 장소의 기본조건 측정(습도, 기온, 대기압 측정, MBL 사용), 음주, 음주측정의 순으로 진행하였다. 총 소요 시간은 약 6시간 정도이다.

주중은 도수의 효과를 쉽게 비교하기 위하여 현재 시중에서 가장 일반적으로 마시는 소주를 포함, 그 도수가 2배 정도 되는 위스키를 선택하였다. 음주량은 단위체중당 마시는 알코올 양을 기준으로 0.35 g/kg, 0.70 g/kg의 2개 그룹으로 나누었다. 혈중알코올농도의 측정은 가급적 실제 음주상황과 유사하도록 육류 구이(고형물) 조건과 육류 찌개(액체혼합) 조건으로 나누어 각기 200g의 고기류를 음주와 함께 섭취하도록 하였다. (실험 전의 식사는 정상적으로 하였고, 별도로 통제하지 않았다.) 음주는 0.35 g/kg집단은 30분, 0.70 g/kg집단은 45분에 걸쳐 하였으며 전체 알코올 투여량을 3등분하여 매 15분 동안 전체 투여 알코올의 1/3씩 일정량으로 나누어 마시게 하였다. 호흡측정은 음주 종료 후 15분부터 음주측정을 시작하여 30분, 45분, 60분, 90분, 120분, 180분 및 240분까지 8회 측정하였다. 혈액 채취는 음주 종료 후 30분, 60분, 90분, 120분 및 180분에 호흡채취 전후로 총 5회를 실시하였다.

#### 5. 실험자료 처리

본 연구에서 실험 결과 분배비율은 각각의 피험자에 대해 측정된 5회 정도의 대응 샘플에 대해 구하고, 평균과 표준편차를 포함, 신뢰한계를 구하였다.

분배비율 산출방법은 Henry의 법칙에서 유도된 식(1)을 사용하였다. 이 등식에서 2100:1의 분배비율 값(BBR)은 특정인에 대해 호흡알코올 분석을 실시하는 경우, 모든 사람들은 34°C의 평균 폐포 공기온도를 가지며, 이 온도도 호기를 내뿜을 때, 그 호기 2100ml 안에는 혈액 1ml와 동일한 양의 에탄올을 포함한다는 가정을 포함한다.

$$\frac{\text{에탄올 } g\text{수}}{\text{혈액 } 100ml} = \frac{\text{호흡 } 2100ml}{\text{혈액 } 1ml} \times \frac{\text{에탄올 } g\text{수}}{\text{호흡 } 210ml} \quad (1)$$

여기서 g/100ml는 도로교통법 상에서 말하는 혈액 속의 알코올 %(w/v)과 동일한 개념이다. 어떤 기기에 의한 호흡측정(BACest)값도 고정 분배 비율 2100이 곱하여 진 것이므로, 그 값이 측정오차가 없는 이상적인 경우라면 다음 관계가 성립한다.

$$BAC_{est} = BAC_{actual} \quad (2)$$

그러나 실제 값이  $BAC_{est} \neq BAC$ 라면, 그 교정요인 k를 포함시켜 다음과 같은 식으로 만들 수 있다.

$$BAC_{est} \times k = BAC_{actual} \quad (3)$$

여기서  $BAC_{est} = 2100 \times BrAC_{meas}$ 이므로, 이를 (3)에 대입하면 다음 값을 얻는다.

$$BrAC_{meas} \times 2100 \times k = BAC_{actual} \quad (4)$$

사실상의 분배비율은  $BBR = 2100 \times k$ 이므로,  $BAC_{actual}$ 을  $BrAC_{meas}$ 로 나눈 값을 BBR 값으로 산출하였다.

#### IV. 실험분석 결과

##### 1. 최대 호흡중 알코올 농도와 최대 혈중 알코올 농도분석

최대 호흡중 알코올 농도(Breath Alcohol Concentration : 이하 BrAC로 표기)를 <표 3>과 같이 주중 및 섭취 알코올양, 섭취 음식물 유형에 따라 비교하였다. 최대 BrAC 평균은 주중별로는 소주가 0.063±0.028%, 위스키가 0.058±0.026%, 섭취 알코올 양 별로는 0.35g/kg집단이 0.38±0.014%, 0.70g/kg집단이 0.082±0.018%, 음식물 유형별로는 찌개류는 0.055±0.027%, 고기류는 0.065±0.027%로 나타났다. 독립변수에 따른 최대 BrAC의 차이를 분석한 결과 섭취 알코올 양( $F(1,43) = 95.5, p(0.000)$ )과 섭취 음식물유형( $F(1,43) = 5.1, p(0.029)$ )에 대해서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 반면, 섭취 주중(소주와 위스키)간의 따른 최대 BrAC의 차이가 없었으며<sup>3)</sup> 남녀간 성별에 따른 차이도 나타나지 않았다. 또한 최대 BAC를 <표 4>와 같이

3) 소주와 위스키 간에 시간 경과에 따른 혈중 알코올 농도 패턴에서도 차이는 없었는데, 이는 중간정도 이하 음주, 음식물 섭취 조건인 것과 관계가 있음. 일반적으로 공복상태인 경우는 알코올 도수가 높은 술의 흡수율이 높은 것으로 나타남.

〈표 3〉 Comparison of peak BrACs by independent variables

Types of alcoholic beverage	the amount of ethanol(g/kg)	types of food	sex	Mean	SD	N
Soju (20°)	0.35	kimchi stew	Male	0.033	0.015	6
		pork belly	Female	0.044	0.015	6
		Sub total		0.038	0.015	12
	0.7	kimchi stew	Female	0.081	0.015	6
		pork belly	Male	0.093	0.014	6
		Sub total		0.087	0.015	12
	Sub total	kimchi stew		0.057	0.029	12
		pork belly		0.068	0.029	12
		Male		0.063	0.034	12
		Female		0.062	0.024	12
	Sub total		0.063	0.029	24	
	Whisky (40°)	0.35	kimchi stew	Male	0.035	0.012
pork belly			Female	0.040	0.014	6
Sub total			0.038	0.013	12	
0.7		kimchi stew	Female	0.071	0.024	6
		pork belly	Male	0.084	0.015	6
		Sub total		0.077	0.020	12
Sub total		kimchi stew		0.053	0.026	12
		pork belly		0.062	0.027	12
		Male		0.059	0.029	12
		Female		0.056	0.025	12
Sub total		0.058	0.026	24		
Total		0.35	kimchi stew	Male	0.034	0.013
	pork belly		Female	0.042	0.014	12
	Sub total		0.038	0.014	24	
	0.7	kimchi stew	Female	0.076	0.020	12
		pork belly	Male	0.088	0.015	12
		Sub total		0.082	0.018	24
	Total	kimchi stew	Male	0.034	0.013	12
			Female	0.076	0.020	12
			Sub total	0.055	0.027	24
		pork belly	Male	0.088	0.015	12
			Female	0.042	0.014	12
			Sub total	0.065	0.027	24
Total		Male	0.061	0.031	24	
	Female	0.059	0.024	24		
	Total	0.060	0.027	48		

주종 및 섭취 알코올양, 섭취 음식물 유형에 따라 비교하였다. 최대 BAC 평균은 주종별로는 소주는 0.058±0.027%이며 위스키는 0.051 ±0.026%이다. 섭취 알코올 양별로는 0.35g/kg집단이 0.32±0.008%, 0.70g/kg집단이 0.078±0.027%이다. 음식물 유형별로는 찌개류는 0.052±0.026%, 고기류

는 0.057±0.027%이다. 독립변수에 따른 최대 BAC의 차이를 분석한 결과 섭취 알코올 양에 대해서만 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(F(1,43)=149.8, p<0.000). 그러나 소주와 위스키간의 주종에 따른 차이 및 섭취 음식물 형태에 따른 차이는 나타나지 않았으며 남녀간 성별에 따른 차이도 없었다.

〈표 4〉 Comparison of peak BACs by independent variables

Types of alcoholic beverage	The amount of ethanol(g/kg)	Types of food	Sex	Mean	Sd	N	
Soju (20°)	0.35	kimchi stew	Male	0.032	0.005	6	
		pork belly	Female	0.037	0.014	6	
		Sub total		0.034	0.010	12	
	0.7	kimchi stew	Female	0.078	0.016	6	
		pork belly	Male	0.086	0.011	6	
		Sub total		0.082	0.013	12	
	Sub total	kimchi stew		0.055	0.027	12	
		pork belly		0.061	0.028	12	
		Male		0.059	0.029	12	
		Female		0.057	0.026	12	
Sub total		0.058	0.027	24			
Whisky (40°)	0.35	kimchi stew	Male	0.029	0.007	6	
		pork belly	Female	0.030	0.004	6	
		Sub total		0.030	0.006	12	
	0.7	kimchi stew	Female	0.069	0.023	6	
		pork belly	Male	0.077	0.016	6	
		Sub total		0.073	0.019	12	
	Sub total	kimchi stew		0.049	0.026	12	
		pork belly		0.054	0.027	12	
		Male		0.053	0.028	12	
		Female		0.049	0.026	12	
Sub total		0.051	0.026	24			
Total	0.35	kimchi stew	Male	0.030	0.006	12	
		pork belly	Female	0.033	0.010	12	
		Sub total		0.032	0.008	24	
	0.7	kimchi stew	Female	0.074	0.019	12	
		pork belly	Male	0.082	0.014	12	
		Sub total		0.078	0.017	24	
	Total	kimchi stew	Male		0.030	0.006	12
			Female		0.074	0.019	12
			Sub total		0.052	0.026	24
		pork belly	Male		0.082	0.014	12
			Female		0.033	0.010	12
			Sub total		0.057	0.027	24
		Total	Male		0.056	0.028	24
Female			0.053	0.026	24		
Total		0.055	0.027	48			

2. BrAC와 BAC 비교

시간적으로 가장 가까운 범위 내(최대 15분 차이 이내)에서 BrAC 데이터와 BAC 데이터를 <표 5>와 같이 호흡측정기별, 측정횟수별로 비교하였다.

모든 차의 평균이 ±0.005%의 오차 범위 이내에 들고는 있으나 표준편차를 고려하면 개별 측정치에는 다소 차이가 있음도 드러나고 있다. 그러나 대부분의 BrAC가 BAC보다는 다소 낮게 나오기 때문에 그 차

이는 법적인 측면에서는 문제가 없는 것으로 보인다. 다만 측정 3차의 2번 기기의 경우는 BAC보다 높은 측정 결과를 보이고 있으며 신뢰구간 하한값에서 -0.015%가 나오고 있으므로 기기 검교정 과정에서 합격하였다 하더라도 실제 측정 과정에서는 차이가 있을 수 있음을 알 수 있다.

BAC와 BrAC의 대응 표본 상관계수를 구한 결과, 0.903으로 나온 대응3을 제외하고는 둘 간의 상관이 0.97이상으로 나타났다.

〈표 5〉 Comparison of differences between BrACs and BACs by breathalyzers and measurement times

No. of measurement	No. of instrument	N	Mean	SD	95% confidence interval of the Mean		Minimum	Maximum
					Lower	Upper		
1st measurement (BAC-BrAC)	1	12	0.004	0.005	0.000	0.007	-0.003	0.012
	2	12	0.002	0.005	-0.001	0.005	-0.007	0.009
	3	11	0.002	0.005	-0.001	0.005	-0.005	0.012
	4	13	0.002	0.006	-0.002	0.005	-0.005	0.013
	Total	48	0.002	0.005	0.001	0.004	-0.008	0.013
2nd measurement (BAC-BrAC)	1	12	0.003	0.005	0.000	0.006	-0.007	0.010
	2	12	0.005	0.010	-0.001	0.012	-0.015	0.018
	3	11	0.004	0.006	0.000	0.007	-0.010	0.011
	4	13	0.005	0.007	0.001	0.008	-0.003	0.015
	Total	48	0.004	0.007	0.002	0.006	-0.015	0.018
3rd measurement (BAC-BrAC)	1	12	0.002	0.007	-0.002	0.007	-0.010	0.015
	2	12	-0.004	0.017	-0.015	0.007	-0.054	0.014
	3	11	0.003	0.006	0.000	0.007	-0.008	0.011
	4	13	0.005	0.006	0.001	0.008	-0.002	0.016
	Total	48	0.002	0.010	-0.001	0.005	-0.054	0.016
4th measurement (BAC-BrAC)	1	12	0.004	0.006	0.000	0.008	-0.003	0.017
	2	12	0.002	0.004	-0.001	0.005	-0.004	0.014
	3	11	0.001	0.004	-0.002	0.004	-0.004	0.010
	4	13	0.003	0.006	0.000	0.007	-0.004	0.014
	Total	48	0.003	0.005	0.001	0.004	-0.004	0.017
5th measurement (BAC-BrAC)	1	12	0.002	0.004	-0.001	0.004	-0.004	0.009
	2	12	-0.001	0.002	-0.002	0.001	-0.005	0.002
	3	11	0.001	0.003	-0.001	0.003	-0.004	0.005
	4	13	0.002	0.004	-0.001	0.004	-0.004	0.010
	Total	48	0.001	0.003	0.000	0.002	-0.005	0.010

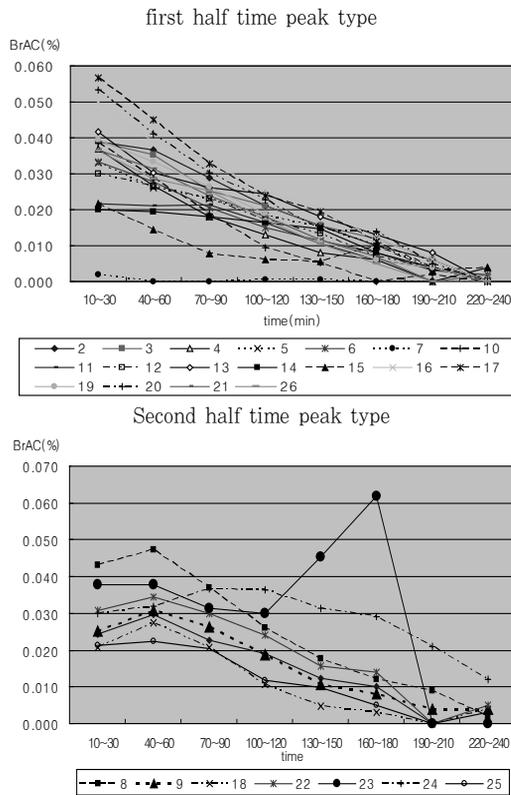
### 3. 시간에 따른 BrAC변화 형태

각 알코올 양 집단별로 개인들의 시간에 따른 BrAC의 변화 형태를 살펴보면 0.35g/kg 집단의 3/4 정도는 <그림 1>과 같이 음주 종료 후 초기 30분 이내에 최대 BrAC에 도달하고 있으며, 1/4 정도는 그 이후에 최대 BrAC에 도달하고 있다. 30분 이내 최대 BrAC 도달 집단에서는 1명의 피험자가 특이한 BrAC 패턴을 보여주고 있다. 0.35g/kg의 알코올을 마신 상태에서 BrAC가

검출되지 않은 사례이다. 이 피험자는 BAC 분석에서도 검출이 되지 않았다.

이 피험자는 사후조사 결과 당뇨병이 있는 것으로 나타났다. 당뇨병과 음주 후 혈중 알코올 농도의 왜곡에 대해서는 추후 분석이 있어야 할 것이다. 한편 30분 이후 최대 BrAC 도달 집단에서도 1명의 피험자가 특이한 BrAC 패턴을 보여주고 있다. 사후 분석 결과 이것 역시 개인의 특정한 신체적 상태와 관련이 있는 것으로 나타났다<sup>4)</sup>.

4) 이 피험자는 나중에 자신이 임신한 것을 보고했을 바, 임신 상태에서 자주 나타나는 트림 등으로 기인한 마우스 알코올이 도중에 작용한 것으로 보임

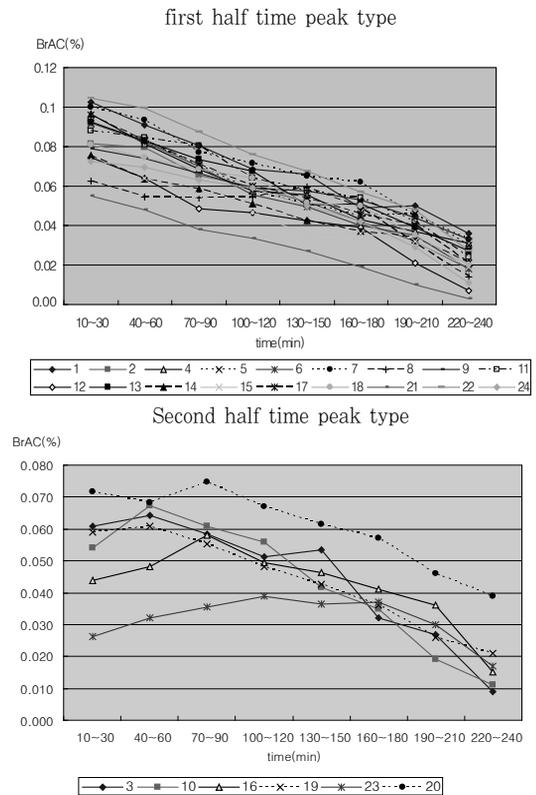


〈그림 1〉 Profiles by times to reach the peak in 0.35g/kg group

0.70g/kg 집단의 경우도 <그림 2>와 같이 3/4 정도는 음주 종료 후 초기 30분 이내에 최대 BrAC에 도달하고 있으며 1/4 정도는 그 이후에 최대 BrAC에 도달하고 있다. 이 중 60분 범위가 3명, 70~90분 범위가 2명, 그 이후가 1명으로 나타나고 있다. 이것은 몸무게 당 마신 알코올 양이 증가할 때 최대 BrAC에 도달하는 시간이 점점 길어지는 사람들이 있음을 시사한다<sup>5)</sup>. 이들은 음식물 등의 소화 능력이 떨어지는 사람이거나 알코올의 흡수율이나 흡수 속도가 다른 사람에 비해 늦은 사람일 가능성이 높다.

#### 4. 시간당 분해율(BAC)

몸무게 당 섭취 알코올 양에 따른 BAC 시간당 분해율(최대-최소/최소치 도달시간)을 비교한 결과 <표 6>과 같이 나타났다. BAC 시간당 분해율의 평균은 0.35g/kg 집단은  $-0.012 \pm 0.003$ 이며, 0.70g/kg 집단은  $-0.017 \pm 0.003$ 의 속도로 알코올을 분해하였다.



〈그림 2〉 Profiles by times to reach the peak in 0.70g/kg group

〈표 6〉 Disappearance rate of alcohol by the amount of ethanol consumed

The amount of ethanol	Mean	N	SD	Range	Maximum	Minimum
0.35	-0.012	24	0.003	0.010	-0.018	-0.009
0.7	-0.017	24	0.003	0.011	-0.023	-0.012
Total	-0.015	48	0.004	0.014	-0.023	-0.009

0.35g/kg 집단과 0.70g/kg 집단의 BAC의 시간당 분해율을 비교한 결과 0.70g/kg 집단의 시간당 분해율이 더 높은 것으로 나타났다. 그 차이는 유의한 것으로 나타났다( $F=27.995, p<.05$ ).

이는 많이 마신 집단 개인의 본래 능력에 기인한 것인지 아니면 음주량 증가에 따라 분해율이 증가하는 것인지는 불분명하다. 시간당 분해율의 평균은 0.015%로 나타났으며 성별, 연령별 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

5) 마시는 알코올 양이 증가하는 경우 일종의 지체 현상이 일어나 일반적으로 흡수율은 떨어지게 됨

## 5. 혈액호흡 분배비 비교

<표 7>은 1차 실험의 5회 혈액 채취(각기 음주 종료 후 30분, 60분, 120분, 180분, 240분)결과와 그에 대응한 10분 이내의 호흡측정 결과를 가지고 분배비율을 구한 결과이다.

<표 7> Mean and Standard Deviation of the blood-breath partition ratios in 1st experiment

group	ratio1	ratio2	ratio3	ratio4	ratio5
N	49	48	44	34	26
range	1,511.2	1,565.4	2,729.0	2,177.4	2,450.0
minimum	1,558.1	1,248.6	271.0	1470.0	1750.0
maximum	3,069.2	2,814.0	3,000.0	3,647.4	4,200.0
mean	2,184.0	2,287.9	2,251.0	2,358.6	2,509.9
SD	262.8	298.5	521.4	407.8	482.5
variance	69,043	89,129	271,878	166,279	232,845

전체 250개의 쌍 중 어느 한쪽이 0이 나와 비교를 할 수 없었거나 양쪽이 모두 0.01% 이하로 떨어져 분배비율의 산정에 오차가 있을 수 있는 값을 제외한 결과 얻어진 201쌍에 대한 분배비율을 살펴보았다. 분배비 평균은 30분대의 2,184에서부터 240분대의 2,509에 까지 시간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한 분배비 전체 평균은 2,295:1이고, 이는 영국 등에서 제기하는 2,300:1의 결과와 유사하다. 이중 표준편차  $\pm 2sd$ (약 95%의 범위)를 기준으로 분배비율의 범위를 보면 1,489~3,101의 범위를 나타내고 있다. 이중 2,100:1의 분배비율을 보인 데이터를 제외하고 2100:1보다 크거나 작은 분배비율을 보인 값에 대해 과소추정치 대 과대추정치 비율을 구한 결과, 77:23로 나타났다. 이는 기존 미국 등의 적용 분배비 2100:1을 기기에 적용하는 경우 약 77%의 호흡측정 결과가 BAC 측정결과보다 과소 평가되며 상대적으로 피의자에게 유리함을 시사한다. 따라서 현 수준에서 2100:1의 기준을 그대로 적용해도 측정시간과 방법만 잘 지킨다면 전혀 문제가 없을 것이다. 그러므로 현재 경찰청에서 음주측정기의 신뢰도 오차  $\pm 0.005\%$ 를 고려하여 2100:1의 비율로 사전 설정된 기존 음주측정기에 대해서 그 값을 기초로 5% 정도를 하향한 후 약 2000:1의 비율로 기기를 재조정하여<sup>6)</sup> 일선에서 사용하는 것은 음주운전 피의자에게 지나친 혜택을 주는 것이므로 이의 원상복구가 요구된다.

## V. 논의 및 결론

본 연구 결과, 혈중 알코올 농도의 시간당 분해율은 평균적으로 0.015%로 나타났으며, 이러한 결과는 외국의 사례와도 크게 다르지 않았다. 또한 이러한 결과는 음주량과는 관련이 적은 것으로 나타났다. 음주량과 관련이 있었던 것은 혈중알코올이 최대치에 이르는 시간이었다. 즉 몸무게 당 마신 알코올 양이 증가할 때 최대 BrAC에 도달하는 시간이 점점 길어지는 사람들이 있으며, 이는 흡수율과 관련이 있는 것으로 추정되었다. 또한 섭취 주류의 종류와 알코올 도수, 음식물 섭취 유형이 미치는 영향과 관련해서는 섭취 알코올 양이 많고, 섭취 음식물 유형이 저지방보다 고지방인 경우 최대 BrAC가 높게 나타났으나, BAC에 있어서는 섭취 알코올양을 제외하고는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이 부분은 향후 좀 더 통제된 실험을 통한 검증이 필요한 부분이다.

한편 본 연구의 주된 관심사인 호흡측정과 혈액측정 간의 관계분석과 관련해서는 혈액 호흡 분배비는 시간에 관계없이 일정하기 보다는 30분대의 2,184에서부터 240분대의 2,509에 까지 시간이 증가함에 따라 달라지는 경향을 발견할 수 있었다. 종료 후 30분대인 알코올의 흡수단계에서의 혈액호흡 분배비율의 평균은 2,184:1로, 2,100:1보다는 높게 나타나고 있으며, 2100:1보다 낮은 경우는 일부에 불과했다. 이는 Labianca와 Simpson(1996)이 제시한 1,836:1의 평균 흡수상태 BBR보다는 다소 높은 결과이다. 이들은 Giguere와 Simpson(1990)의 자료에 대한 정규 로그 통계분석을 통해 이들 값을 도출하였다. 정상분포를 이루는 이들 로그 변환 자료에 따르면 흡수상태 모집단의 99%가 1,128:1과 2,989:1의 범위에 속하는 것으로 나타났다. 한편 이러한 미세한 차이는 한국인과 외국인의 차이를 반영하거나 또는 실험방법의 차이에 기인한 것일 수 있다. 본 실험은 외국과는 달리 음식물 섭취 상태에서 실시한 점이 다소 다르다<sup>7)</sup>.

그리고 이번 실험 결과에 따르면 음주 종료 후 초기 30분대의 경우는 음주운전 피의자에게 있어 호흡측정이 혈액측정에 비해 불리할 수 있음이 드러났다. 그런데 임상적으로 보면 흡수 단계에서의 BBR 분산성의 효과는 뇌의 손상 지표를 나타내는 것으로 좀 더 실질적인 것으로 알려져 있다

6) 예컨대 분배비 2100을 사용해서 측정치가 0.10%로 나온 경우,  $0.10 = BrAC_{meas} \times 2100$ 을 적용한 것으로, 오차 0.005%를 빼서 0.095%로 하는 경우,  $0.095 = BrAC_{meas} \times BBR$ 이므로, 두 식을 풀면  $BBR = 1995 \approx 2000$

7) 그러나 음식물은 단지 혈관 속으로 흡수되는 알코올의 비율과 관계가 있는 것으로, BBR 분산성에 영향을 미치는 요인은 아닌.

(Simpson, 1987). Mason과 Dubowski(1974)는 “혈액과 호흡검사가 피험자에게 적용될 때, 흡수 단계에서의 호흡검사는 혈액검사보다 더 높은 수치를 보인다는 점에 있어서 변별력이 있다.”라고 강조했다. 이는 음주로 인한 행동 손상의 지표를 고려할 때는 오히려 이 시간대의 경우 호흡측정이 더 나은 지표가 될 수도 있다는 것이다.

또한 음주 종료 후 60~90분이 지난 흡수 이후 상태의 경우 본 연구에서는 2,300~2,500의 평균 분배비율을 갖는 것으로 나타났다. 이것은 흡수 이후 상태에서 Dubowski(1985)가 보고한 2,280:1의 평균과 99.7%의 음주 모집단에 대한 1,255:1~3,005:1의 범위보다는 다소 높은 것이다. 한편 이와 관련하여 Dubowski는 2,280:1의 흡수 사후 평균 BBR로부터의 의미있는 분산이 활발한 알코올 흡수 중에 존재하며 흡수 이후 상태에서 조차 일부 개인에게서 존재한다고 덧붙였다. 이것은 본 실험에서 일부 개인이 흡수 이후 상태에서 조차 계속적인 흡수 형태를 보이며, 완만한 피크와 함께 특이한 분배비율을 보이는 것에서도 드러난다.

결론적으로 이러한 변산성에도 불구하고 음주운전 소추과정에서 2100:1의 분배비율을 적용하는 것은 현 수준에서는 대부분의 피의자에게 이익이 있기 때문에 그 적용은 무리가 없는 것으로 보인다. 그 보다 더 중요한 것은 단속과정에서 얼마나 엄격하고, 신뢰롭게 호흡측정 절차를 적용하느냐 하는 것일 것이다. 이와 관련 한 미국의 한 재판<sup>8)</sup>에서 분석전문가는 호흡측정 결과는 몇 가지 오차에 취약하다고 증언하였다. 첫째는 장비 교정과정 검사실시에 따른 10%의 오차, 둘째는 2100:1의 표준 분배비를 채택하는 데 따른 30%의 개인 간 오차이다. 전문가 증언에서 개인의 분배비율은 일정하지만 질병, 약물복용, 공해와 같은 환경요인에 의해 달라질 수 있으며, 분배비율은 1,550:1에서 2,700:1까지 달라질 수 있다는 증언이 있었다. 그럼에도 불구하고 이 재판에서는 피고인은 2,100:1의 비율이 본인에게 맞지 않는다는 것을 의심할 합리적인 근거를 제시하지 아니하면 2,100:1의 분배율을 갖는다고 추정하는 것을 일반적으로 승인하였다(Melethil, 2002). 결과적으로 우리의 경우도 2100:1의 분배율을 적용하는 데 있어서는 기본적으로 문제가 없다고 보여 진다.

그러나 개인 간 또는 개인 내 알코올 흡수 및 분해 단계의 여부 등에 따른 BBR의 분산성에 대해 충분한 이해

를 전제로 한 호흡측정, 기기의 오차 관리 등 행정당국의 노력이 전제되지 않으면, 기소단계에서 기각율은 높아지며, 그 만큼 교통안전에 대한 노력은 위축되게 될 것이다. 따라서 이러한 분배비율에 있어서의 분산성을 고려할 때, 단순히 일선의 경찰관이 충분한 이해없이 호흡측정기를 사용하여 음주측정을 하는 문제는 좀 더 검토해 볼 필요가 있다. 또한 이런 부분에 대해 단속 경찰관이 충분히 숙지할 수 있도록 호흡측정 원리 및 분석과정에 대한 전문적인 교육도 강화될 필요가 있다. 또한 호흡측정의 과학적 절차에 대한 확립도 중요하다. 우리나라에서 보다 관리가 더 강화가 될 필요가 있는 부분은 바로 측정기 성능을 위한 검교정과 이에 관련된 기록 유지부분이다. 이와 관련 미국 등이 개별 측정기에 대한 검교정 기록을 유지하는 한편, 검교정 기간도 10일 이내 또는 150~200회 측정 후 등으로 규정하여 운영하는 것을 타산지석으로 삼을 필요도 있다.

끝으로 본 연구에서는 실험절차 상의 다소의 제한점은 있었으나 개인의 혈중 알코올 농도와 관련 술의 종류, 알코올 양, 성별의 차이, 음식물에 따른 차이 등에 대해서 우리나라 사람에 대한 일반적인 결과를 얻을 수 있었다. 또한 그 동안 외국에서 주로 다루어진 공복상태에서의 음주 실험과는 달리 우리나라 사람의 일반적인 패턴인 음식물 섭취 상태에서의 음주 조건 하에서 실험을 실시한 것도 의의 있는 내용이다<sup>9)</sup>.

알림 : 본 논문은 저자 이원영 박사학위 논문의 일부를 재편집 보완한 것입니다.

### 참고문헌

1. 경찰청(2008), 2008년도 판 교통사고통계, p.265.
2. 대검찰청(2008), 2008년도 범죄분석; 범죄자 처분 결과, p.344.  
http://www.spo.go.kr/upload/h.2008\_330-403.pdf 참조, 2008년 10월 1 일 검색.
3. 도로교통안전관리공단(2006), '05. 도로교통사고비용의 추계와 평가.
4. 이원영(2007a), 음주조건에 따른 혈중알코올농도와 혈액호흡 분배 비율, 동국대학교 대학원 박사학위 논문.
5. 이원영(2007b), 음주측정의 신뢰성 제고 방안에

8) "People v. McDonald, 206 Cal. App.3d 877, 254 Cal. Rptr. 384,1988." 이 재판에서는 2100:1을 받아들인 것인지가 주된 주제였음.  
9) 이 부분은 현실의 음주운전에 대한 음주측정 및 해석에서 매우 중요한 입상적 자료가 될 수 있음

- 대한 연구, 제55회 학술발표회 발표집, 대한교통학회, pp.17~25.
6. Dubowski, K. M.(1985), "Absorption, distribution and elimination of alcohol: highway safety aspects", *Journal of Studies on Alcohol, Suppl.*, Vol.10, pp.98~108.
  7. Giguere, W., Simpson, G.(1992), "Medicolegal Alcohol Determination: In Vivo Blood/Breath Ratios as a Function of Time", In *Proceedings of the 27th Meeting of the International Association of Forensic Toxicologists*, pp.19~23.
  8. Hlastala, Michael P.(1998), "The alcohol breath test-a review. *J. Appl. Physiol.* 84(2): pp.401-408.
  9. Jones, A. W., Jonsson, K. A.(1994), "Food-induced lowering of blood-ethanol profiles and increased rate of elimination immediately after a meal", *Journal of Forensic Science*, Vol.39, No.4, pp.1084~1093.
  10. Jones, A. W.(1993), "Disappearance rate of ethanol from the blood of human subjects: Implication in Forensic toxicology", *Journal of Forensic Sciences*, Vol.38, No.1, pp.104~118.
  11. Jones, A. W.(1978), "Variability of the blood : breath alcohol ratio in vivo", *Journal of Studies on Alcohol*, Vol.39, pp.1931~1939.
  12. Kennedy R. T., Breath Alcohol Testing and Daubert Criteria: The Jurisprudence of Science in DWI Cases. <http://www.druglibrary.org/schaffer/Misc/driving/s20p4.htm>.
  13. Lands, W. E. M.(1998), "A Review of Alcohol Clearance in Humans", *Alcohol*, Vol.15, No.2, pp.147~160.
  14. Labianca, D. A., In Fitzgerald, E. F.(2000), 'Intoxication Test Evidence', 2nd ed., West Group: St. Paul, MN, Chap, 41, pp.12~13.
  15. Mason, M. F., Dubowski, K. M.(1974), "Alcohol, Traffic, and Chemical Testing in the United States: A Résumé and Some Remaining Problems", *Clinical Chemistry*, Vol.20, pp.126-140.
  16. Melethil, S. K.(2007), "Breath tests for blood alcohol determination: Partition ratio", *ForensicEvidence.com*, 2002. Available at: [http://www.forensic-evidence.com/site/Biol\\_Evid/Breath\\_Tests.html](http://www.forensic-evidence.com/site/Biol_Evid/Breath_Tests.html). Accessed April 2.
  17. Moore, R.(1991), "Concerning breath alcohol measurements during absorption and elimination", *Journal of Analytical Toxicology*, Vol.15, pp.346~347.
  18. Simpson, G.(1987), "Accuracy and precision of breath-alcohol measurements for a random subject in the postabsorptive state", *Clinical Chemistry*, Vol.33, No.2, pp.261~268.
  19. Simpson, G.(1989), "Uncertain validity of Widmark calculations for estimating blood alcohol concentrations", *Journal of Analytical Toxicology*, Vol.13, No.6, pp.242~244.
  20. Thompson, R. Q.(1997), "The Thermodynamics of Drunk Driving", *Journal of Chemical Education*, Vol.74, pp.532~536.
  21. Winek, C. L., Esposito, F. M.(1985), "Blood Alcohol concentrations: factors affecting predictions", *Legal Medicine*, pp.34~61.

✉ 주 작 성 자 : 이원영

✉ 교 신 저 자 : 고명수

✉ 논문투고일 : 2008. 8. 25

✉ 논문심사일 : 2008. 10. 15 (1차)

2008. 11. 25 (2차)

2008. 11. 28 (3차)

✉ 심사판정일 : 2008. 11. 28

✉ 반론접수기한 : 2009. 4. 31

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필