

식당 종업원의 환경 담배 연기(ETS)의 노출과 머리카락 중 생체지표 연구

조 성 준

존스 홉킨스대학교 보건대학원

The Study to ETS Exposure and Their Biomarkers in Hair of Restaurant Workers

Seong-Joon Jo

*Johns Hopkins University, Bloomberg School of Public Health
Environmental Health Science, Baltimore, USA*

ABSTRACT

ETS (environmental tobacco smoke) is composed of exhaled mainstream smoke (MS) from the smoker, sidestream smoke (SS) emitted from the smoldering tobacco between puffs and contaminants that diffuse through the cigarette paper and mouth between puffs. These emissions contain both vapor phase and particulate contaminants. ETS is a complex mix of over 4,000 compounds. This mix contains many known or suspected human carcinogens and other toxic agents. More of these toxic compounds are found in SS than in MS.

Workplace exposure to ETS can result in significant smoke intake, and passive smoke exposure may be related to impair respiratory function and an increase risk of lung cancer in nonsmokers. For nonsmokers sharing a work environment with cigarette smokers, the workplace must be considered hazardous independently of any specific industrial toxic exposure. The risk is particularly important when a high percentage of the workers smoke or where smokers and nonsmokers work in poorly ventilated areas.

Nicotine is converted in the body to cotinine; cotinine therefore can be used as an indirect measure of a person's recent exposure to tobacco smoke. Levels of nicotine in hair and levels of cotinine in body fluids (saliva and urine) have been shown to increase with increasing environmental nicotine levels and with self-reported ETS exposure. The measurement of nicotine or cotinine in hair may be more appropriate for longer-term exposure to tobacco.

The purpose of this study is to comparing airborne nicotine levels and hair cotinine level in restaurant workers.

Concentration of airborne nicotine and hair nicotine (and cotinine) is closely related to exposed frequency of sidestream smoke in the workplace. Nicotine in hair is a better predictor of airborne nicotine than hair cotinine. Hair nicotine can be a useful tool to assess ETS exposure interventions.

It may have limiting levels of ETS exposure by placing regulatory restrictions on smoking in workplaces and in public spaces.

Key words : ETS, environmental tobacco smoke, biomarker, personal exposure, nicotine, cotinine, hair

※ To whom correspondence should be addressed.

Tel: +1-410-614-5751, E-mail: sjjo@jhsph.edu

서 론

현대 산업사회에서 질병과 사망의 예방 가능한 원인 중 가장 확실한 것은 흡연이다. 미국의 경우 연간 사십만 명 이상이 흡연으로 인하여 관상동맥 심장 질환, 폐 암 및 만성폐쇄폐질환이 발생하여 사망하는 것으로 알려져 있다(Joseph, 1997).

현재 미국 성인의 약 25%-우리나라는 29.8% (남성-56.7%, 여성-3.5%, 대한금연운동협의회, 2003)-가 흡연을 하고 있으며(CDC, 1997), 이들의 직업에 따른 분포는 균일하지 않아, 학력 수준이 높은 직업군의 노동자나 사무직 노동자의 경우 흡연율이 낮으며 상대적으로 농업 종사자를 포함한 생산직 노동자 집단은 흡연율이 높을 뿐더러 타르 함량도 높은 담배를 선호하는 것으로 알려져 있다(Covey *et al.*, 1992). 일부 연구에서는 생산직 노동자의 흡연율은 80% 이상 되는 것으로 조사 되기도 하지만, 현재 공식적으로 생산직 노동자는 45% 흡연율을 보이는 것으로 알려져 있다. 보건학적으로 이들에게 가중되는 변수는 작업 시 발암 물질 등도 함께 노출되고 있다는 점이다(Covey *et al.*, 1992).

ETS (environmental tobacco smoke)은 흡연자의 호기로 배출되는 주류연 (mainstream smoke, MS)과 타고 있는 담배로부터 배출되는 부류연 (sidestream smoke, SS)으로 구분된다(Guerin and Jenkins, 1992). ETS에는 가스상 물질과 분진이 함께 구성되며, 4,000여종이 넘는 화학물질로 이루어져 있다. 이들 물질 중에는 발암물질을 포함한 인체 독성을 나타내는 물질이 다수 포함되어 있다(Eatough *et al.*, 1989; Guerin and Jenkins, 1992). 기본적으로 주류연과 부류연에는 같은 독성물질이나 발암물질이 포함되어 있으나, 특히 부류연의 경우에는 연소 온도가 주류연에 비하여 상대적으로 낮아 nicotine을 포함하는 일부 독성물질은 더 많은 양이 포함되어 있는 것으로 알려져 있다(Eriksen *et al.*, 1988).

지난 수 십 년 동안 흡연(active smoking)과 질병 및 사망에 대한 관계는 잘 알려지고 있다. 수년 전부터는 비흡연자의 간접흡연(passive smoking)과 관련된 건강 피해가 관심의 대상이 되고 있으며, 현재 ETS라 함은 간접 흡연을 뜻하는 것으로 받아들여지고 있다(Lukachko *et al.*, 1999).

미국 국립보건통계센터(U.S. Centers for Disease

Control, NCHS)에 의하면 미 성인 중 흡연 미경험자의 20%, 과거 흡연 경험자 23%가 가정이나 직장에서 일상적으로 ETS에 노출되고 있다고 한다(Mannino *et al.*, 1997). 이와 같이 비흡연자의 ETS 노출은 주 생활 공간에서 이루어지고 있으며, 특히 작업장에서 노출되는 ETS는 노동자의 건강에 악영향을 줄 것이다. 1994년 미국 Occupational Safety and Health Administration (OSHA)에서는 실내 공기 질에 대한 새로운 규정을 만들면서 작업장내에서 ETS에 대한 위해성 평가(risk assessment)를 시행토록 권고 하고 있다(U.S. Department of Labor, 1994).

위해성을 평가 하기 위해서는 수용체(receptor)가 어느 정도의 ETS에 노출 되고 있는지를 아는 것이 제일 우선이 된다. 잘 알려진 바 대로 각 개인의 노출(personal exposure)이 중요하지만, 여전히 노출 경로에 대한 불확실성은 배제하기 어렵다. 그래서 생체 지표(biomarker)를 이용한 인체 노출평가를 하게 되고 좀더 쉽고 정확한 생체 지표를 찾기 위해 다각도로 연구되어 오고 있는 것이다.

대기 중 ETS의 환경 노출 평가를 위해서는 CO, CO₂ 혹은 UVPM (ultraviolet-absorbing particulate matter) 등의 물질을 측정하여 간접적으로 ETS에 대한 노출을 평가 하기도 하지만, 담배 연소물의 대표적인 물질인 nicotine을 대기 중에서 측정하여 ETS의 노출을 평가하는 것이 가장 타당성 있는 것으로 받아들여지고 있다(LaKind *et al.*, 1999). 이에 따라 biomarker도 nicotine과 관련된 것을 측정하는 것이 노출(exposure)과 내부 용량(dose)을 관련 짓기에 좋을 것이다. 공기 중 ETS 노출에 대한 biomarker로써 carbon monoxide, carboxyhemoglobin, thiocyanate, nicotine, cotinine, deoxyribonucleic acid 및 protein adducts 같은 것으로 노출을 평가하기도 하지만(Al-Delaimy *et al.*, 2001), 노출된 nicotine의 모체(parent compound)나 그 대사체인 cotinine을 측정하는 것이 가장 정확하게 노출을 대변하는 것으로 알려지고 있다.

ETS의 biomarker를 선정하는 데 있어서 또한 중요한 변수로는 장기간 노출(long-term exposure)를 볼 수 있어야 한다는 것이다. 그 이유는 단기간 노출(short-term exposure)만으로는 개인별, 시간별 혹은 장소별로 일어나는 노출의 변수가 너무 많이 존재하기 때문이다(Benowitz, 1996). 이 때문에 혈

Table 1. Descriptions of study participants

	Median	Mean	Range
Number of participants	30 (male = 7, female = 23)		
Age	23	26.3	17~53
Number of smoker in workplace (persons)	9.5	10.6	2~23
Number of cigarettes smoked by smokers in workplace (each)	23	25.3	8~49
*Number of cigarettes in home	0	0	-
*Number of cigarettes smoked by smokers in home (persons)	0	0	-
Number of smokers in other than in home or at work (persons)	0	0.1	0~2

*We recruited a nonsmokers who is living with a nonsmokers

액 (blood), 뇨 (urine) 또는 침 (saliva)에서 nicotine의 biomarker를 측정하는 것 보다 머리카락 (hair) 중 nicotine의 biomarker를 측정하면 수 일에서 수 개월 동안의 노출을 볼 수 있으므로 많은 장점을 가지고 있다. 또한 머리카락은 다른 생체 시료에 비하여 시료 얻기가 수월하다는 장점을 가지고 있다.

이 연구는 비흡연자 식당 종업원을 대상으로 이들의 간접 흡연으로 인한 위해 (risk) 정도를 알기 위해 근무 중 nicotine 노출을 알아 보고, 이들의 머리카락에서 nicotine과 cotinine을 측정 함으로써 ETS에 대한 노출 평가를 하고, 노출 (exposure)와 내부용량 (dose)의 상관 관계를 살펴 봄으로써 불확실성을 배제한 위해성 평가 (risk assessment)의 기초 자료를 마련하고자 한다.

재료 및 방법

연구 대상

같이 살고 있는 가족 중에 담배를 피우는 사람이 없는 비흡연자를 대상으로 하였다. 전체 대상자는 30명이며, 이들은 5곳의 식당에 각각 근무하였다. 남자 7명, 여자 23명이었으며, 평균 23세 (중앙값, 범위; 17~53세)로 조사 기간 동안 이들이 직장에서 노출된 담배의 개수는 평균 23개피였다.

Table 1에 대상자에 대하여 정리하였다.

시료 채취

환경 노출 및 개인 노출을 위해 Hammond 등

(1987)에 따라 passive monitor를 만들어 사용하였다. 직경 37 mm의 glass fiber filters를 4% sodium bisulfate와 5% ethanol 처리하여 건조 시킨 후 windscreen, support pad 및 filter cassette와 함께 조립하여 passive monitor를 만들었다.

만들어 진 passive monitor를 식당 종업원이 근무하는 시간 (8시간) 동안 식당 (5곳)의 중앙에 걸어 환경 시료를 채취하였으며, 같은 시간 동안 종업원 (30명)의 호흡역 (breath zone)에 달아 개인 노출을 측정하였다. 또한 종업원들이 집에 머무르는 동안 각자의 집 거실 혹은 주 생활 공간의 중앙에 monitor를 달아 노출량을 측정하였으며, 같은 시간 동안 종업원들의 호흡역에서 개인 노출을 측정하였다.

인체 시료는 대상자 전원의 머리카락 50~100 mg을 머리 뒤쪽과 옆쪽에서 고르게 채취하였다. 채취한 머리카락을 종이 봉투에 넣어 상온에 보관하였다.

전처리 및 분석

환경 및 개인 시료 채취에 사용된 passive monitor를 분해 한 후 filter를 꺼내 HDPE 재질의 centrifuge tube에 넣고 5% aqueous ethanol을 첨가 하여 초음파 추출을 하였다. 여기에 10N sodium hydroxide 2 ml을 첨가하여 다시 초음파 추출을 한 후 1% triethylamine (TEA)가 첨가된 암모니아로 처리된 Heptane 250 μ l, d3-cotinine (internal standard -25 μ l, 20 μ g/ml)을 첨가, vortex하여 최종 분석물질을 추출하였다. 분석 대상물질이 추출된 Heptane 층을 GC auto-sampler vial에 옮겨 분석하였다. 대기 중 농도 환산은 passive monitor의 sampling rate (25 ml/min, Hammond, 1987)에 분석 농도에 대한 채취 시간의 비를 곱하여 계산 하였다.

Biomarker 분석을 위해 채취된 머리카락을 잘게 자르고 이 중 30mg을 dichloromethane를 사용하여 초음파 세척하였다. 이 세척으로 머리카락 표면에 묻어있던 nicotine과 cotinine이 98% 이상 제거된다는 보고가 되어있다 (Dimich-Ward *et al.*, 1997). 1 M sodium hydroxide를 이용하여 100°C에서 10 min 동안 단백질을 분해 한 후 상온에 두어 식혔다. Diethyl ether 5ml와 internal standard인 d3-cotinine (2.0 μ g/ml)을 첨가하여 교반 후 원심 분리하여 용매 층을 취하였다. 여기에 nicotine의 증발 손실을 막기 위해 octanol을 첨가하였다. Diethyl ether를

증발시키고 15 μ l의 dichloromethane로 녹인 후 분석하였다.

위와 같이 처리된 환경 및 개인 노출 시료와 생체 시료 1 μ l를 GC/MS (HP6890, Hewlett Packard, USA)에 주입하여 분석하였다. Column은 BP-5 (30 m \times 0.32 mm I.D., 0.5 μ m, 5% phenyl, 95% methyl Silicone, J&W)를 사용했으며, 이동상으로는 Helium 0.9 ml/min을 사용하였다. 주입구 온도는 280°C로 고정 시켰으며, 오븐 온도는 140°C에서부터 분당 25°C씩 270°C까지 증가 시킨 후 1분간 clean time을 주었다. 이온 소스를 70 eV로 고정하였고 transfer line 온도는 280°C로 사용하였다.

SI Mode에서 nicotine은 84, 133 m/z, cotinine은 98 and 176 m/z 그리고 내부표준물질인 d3-cotinine은 101, 179 m/z를 검출하도록 프로그램 하였다. 검출한계는 최소 농도를 10회 측정하여 그의 표준편차에 정규분포를 가정하고 구한 99%의 t-값을 곱하여 구하였다. 물질별 검출한계는 대기 중 nicotine이 0.025 μ g/m³, 머리카락 중 nicotine은 0.03 ng/mg 그리고 머리카락 중 cotinine은 0.01 ng/mg이었다. 회수율(recovery)은 농도에 따라 79~116%의 범위였다.

통계 분석

자료의 집계 및 분석은 SPSS/PC+(Window Version 8.0) 통계 package를 사용하였다.

환경 및 개인의 작업 중 노출과 집에 머무르는 동안의 노출 분포 비교를 보기 위해 t-test를 하였으며, 각 노출 변수 간의 관계를 보기 위해 pearson correlation을 하였다.

개인 노출과 머리카락 중 nicotine 및 cotinine 그리고 머리카락 중 nicotine과 cotinine의 관계를 알기 위해 회귀 분석을 하였다.

결과 및 고찰

대상 식당은 다섯 곳이었다. 이곳 식당에서 담배를 피우지 않으며, 식구 중에 집에서 담배를 피우는 사람이 없는 30명의 종업원을 조사 대상으로 하였다. 식당 다섯 곳의 환경 노출과 종업원 30명의 근무 중 개인 노출을 측정 하였으며, 각 종업원

Table 2. Summary of airborne nicotine concentrations in restaurant and in workers homes and personal airborne nicotine concentrations while working and staying home
Unit: μ g/m³

	Environmental		Personal	
	In restaurant**	In home	Working*	Staying home
N	5	30	30	30
Mean	25.27	0.32	16.16	0.28
Median	21.13	0.27	12.33	0.23
Minimum	10.17	0.08	1.76	0.06
Maximum	41.88	1.74	45.60	1.29
S.D.	12.010	0.296	13.006	0.230

** (P<0.01)

집의 환경 노출과 종업원이 집에 머무르는 동안의 개인 노출을 측정하였다.

Table 2는 이들의 측정 결과이다. 근무 중 환경 노출과 개인 노출 간에는 통계학적으로 유의한 차이 (p<0.01)를 보였으나, 집에 머무르는 동안에는 환경과 개인 노출의 차이는 보이지 않았다. 근무 중 환경 노출은 평균 25.27 μ g/m³ 이었으며, 개인 노출은 16.16 μ g/m³였다. 집에 머무르는 동안의 환경 노출은 0.32 μ g/m³ 개인 노출은 0.28 μ g/m³였다. 집에 머무르는 동안의 ETS 노출은 없었던 것으로 생각된다. 하지만, 검출된 노출의 빈도를 보아 종업원 혹은 가족들의 의복이나 휴대품에 흡착되어 있던 nicotine이 집안의 대기로 확산되었거나, 일반적인 환경의 바탕값일 것으로 예상되나, 차후 ETS에 대한 바탕값 확인이 뒤 따라야 할 것이다.

노동자의 호흡역에서 측정하게 되는 nicotine 노출의 guide line으로는 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)의 규정을 따라 50 μ g/m³ (8시간)으로 규제하고 있다. 이 ASHRAE의 규정은 American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) 기준의 1/10에 해당한다 (Goyer, 1990). 식당이나 술집 종업원을 대상으로 한 연구에서 평균 3.4 μ g/m³ (Jenkins *et al.*, 1991)에서 65.50 μ g/m³ (Oldaker and Conrad, 1989)의 nicotine을 측정되었으며, 최고 150 μ g/m³ (Hepworth, 1987)가 검출된 적도 있으나 근래 들어 식당 등의 금연 규제 등이 잘 이루어지고 있어 현재는 종업원들의 간접 흡연이 많이 줄었을 것으로 생각된다. 최근 측정된 자료를 보면 법 규제를 받는 곳에서는 1

Table 3. Summary of hair nicotine and cotinine concentrations in restaurant workers Unit; ng/mg

	Nicotine**	Cotinine**
N	30	30
Mean	2.54	0.80
Median	2.02	0.75
Minimum	0.36	0.21
Maximum	6.80	1.65
S.D.	1.87	0.37

** (P<0.01)

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 낮으며, 일반 사무실에서는 $2\sim 6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 술집을 포함한 식당에서는 $3\sim 8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 그리고 생산직 노동자의 작업장에서는 $1\sim 6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이 검출되고 있다. 또한 흡연자가 있는 집에서는 $1\sim 3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 nicotine이 검출되고 있다(Hammond, 1999).

식당(특히 술을 함께 파는 식당)에서의 흡연이 일반화되어 있는 우리나라의 실정에서 다소 높은 nicotine 노출을 보이고 있어 근무 시간 동안 ETS에 계속 노출 될 수 밖에 없는 비 흡연 종업원들의 건강 장애가 우려 된다. 이를 위해 법적인 조치가 시급하다고 하겠으나, 선행 되어야 할 것은 환기 시설의 보완이 되어야 하겠다.

Table 3은 조사 대상자의 머리카락에서 측정된 nicotine의 biomarkers 농도이다. 30명의 조사 대상자의 머리카락에서 nicotine은 평균 $2.54\text{ ng}/\text{mg}$ ($0.36\sim 6.80\text{ ng}/\text{mg}$)이 검출되었으며, cotinine은 $0.80\text{ ng}/\text{mg}$ ($0.21\sim 1.65\text{ ng}/\text{mg}$)이 각각 검출되었다. 두 농도의 분포는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.01$).

대기 중 ETS의 노출의 지표로써 nicotine을 측정하는데, 이는 CO, CO₂ 혹은 UVPM (ultraviolet-absorbing particulate matter) 등의 다른 가스상 물질에 비하여 ETS의 노출 정도를 설명하는데 있어서 보다 정확한 정보를 준다(LaKind *et al.*, 1999). 외부 노출(exposure) 정도를 측정하기 위해서 개인 노출이나 인체 노출 평가를 하여 위해성을 평가 하게 되는데, 이 때는 다경로(피부 접촉 등), 다매체(식품 등)에서 오는 불확실성을 배제하기 위해 체내 용량(dose)을 측정하는 것이 가장 좋은 방법이다. 이 때문에 간접 흡연 정도도 생체 지표를 통한 인체 노출의 보는 것이 가장 정확하다고 하겠다. 물론 이 연구에서 사용한 ETS의 지표인 nicotine을 함유한 식

품이 있으며 늘 섭취하고 있으나, 이 nicotine이 체내에 흡수 되어 측정 가능한 농도를 나타내는 것은 극히 희박해 보이므로(Nafstad *et al.*, 1997; Peterson *et al.*, 1997), nicotine 대사체의 체내 용량 측정은 불확실성을 배제한 간접 흡연을 대표 한다고 볼 수 있다.

머리카락을 채취 할 때는 머리의 옆 쪽 혹은 뒤 쪽에서 뿌리 근처에서부터 잘라 채취하게 되는데 그 이유는 머리의 옆 쪽과 뒤 쪽이 비교적 일정한 성장 패턴을 보이며 다른 곳에 비하여 성장 속도($1\text{ cm}/\text{개월}$)가 빠르기 때문이다. 또한 nicotine은 melanin fragment에 흡착되어 있으므로 염색 한 머리카락에서는 낮은 농도의 nicotine과 cotinine이 검출될 수 밖에 없다(Al-Delaimy 등, 2001).

Al-Delaimy (2002) 등의 보고에 의하면 ETS에 노출되지 않은 어린이의 머리카락 중 평균 nicotine 농도는 $0.5\text{ ng}/\text{mg}$, 집 밖에 나가 흡연을 하는 가족과 함께 사는 어린이의 머리카락에서는 평균 $2.68\text{ ng}/\text{mg}$, 집 안에서 흡연하는 가족과 함께 사는 어린이의 머리카락에서는 평균 $5.62\text{ ng}/\text{mg}$ 의 nicotine이 검출되었다. 또한 Kintz (1992)의 연구에 의하면 비 흡연자의 머리카락에서 nicotine은 $0.06\sim 1.82\text{ ng}/\text{mg}$, cotinine은 $0.01\sim 0.13\text{ ng}/\text{mg}$ 이 검출 되었으며, 흡연자의 머리카락에서는 nicotine이 $0.91\sim 33.89\text{ ng}/\text{mg}$, cotinine이 $0.09\sim 4.99\text{ ng}/\text{mg}$ 이 검출 되었다고 한다. 이들의 연구가 본 연구의 대상자(어린이와 어른)와 목적(간접 흡연과 직접 흡연 등) 등이 다르긴 하지만, 농도 분포 면에서 비슷한 양상을 보여 주며, 특히 Kintz 연구에서 보듯이 흡연자의 머리카락에서 검출된 nicotine과 cotinine의 농도가 본 연구 대상자인 비 흡연자의 머리카락 중 농도와 유사하다는 것은 흡연이 아니더라도 직업적 간접 흡연에 의하여 내부 용량(dose)이 흡연자와 같은 수준임을 보여 주고 있다.

노출 측정 시 일반적인 사항을 비롯하여 근무 시간 중 주변에서 담배를 피우는 사람 및 피운 담배의 개수를 기록하게 하였다. 이들 변수 간의 correlation을 보았다(Table 4). 근무 중 노출된 간접 흡연(NSWP-number of smokers in work place, NCWP-number of cigarettes in work place)에 대하여 환경 노출(ENV_WOR-environmental exposure), 개인 노출(PER_WOR-personal exposure in working), 인체 노출(NICO_HAIR-nicotine in hair, COTIN_HAIR-

Table 4. Correlations matrix for exposure variables

(n = 30)

	GENDER	AGE	NSWP	NCWP	ENV_WOR	ENV_HOM	PER_WOR	PER_HOM	NICO_HAI	COTI_HAI
GENDER	1.000									
AGE	-	1.000								
NSWP	-	-	1.000							
NCWP	-	-	.924**	1.000						
ENV_WOR	-	-	.894**	.965**	1.000					
ENV_HOM	-	-	-	-	-	1.000				
PER_WOR	-	-	.933**	.962**	.942**	.388*	1.000			
PER_HOM	-	-	-	-	-	.951**	.397**	1.000		
NICO_HAI	-	-	.937**	.964**	.933**	-	.984**	-	1.000	
COTI_HAI	-	-	.541**	.539**	.582**	.663**	.600**	.661**	.544**	1.000

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

NSWP(Number of Smokers in Work Place), NCWP(Number of Cigarettes in Work Place, Each), ENV_WOR (Environmental Exposure), ENV_HOM (Environmental Exposure), PER_WOR (Personal Exposure at Working), PER_HOM (Personal Exposure in Staying Home), NICO_HAIR (Nicotine in Hair), COTIN_HAIR (Cotinine in Hair).

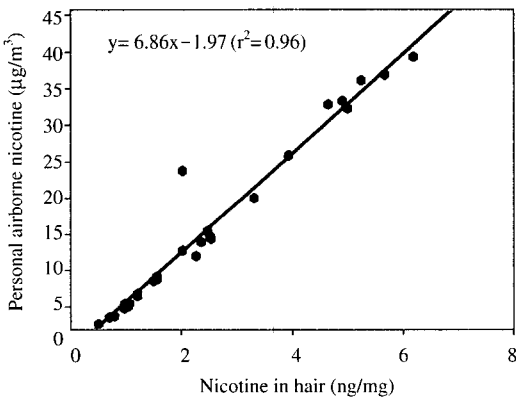


Fig. 1. Correlation between personal exposure and biomarker as nicotine.

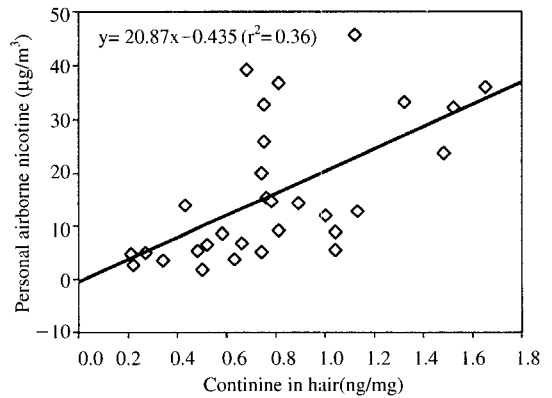


Fig. 2. Correlation between personal exposure and biomarker as cotinine.

cotinine in hair)은 높은 상관관계를 보여 주고 있다. 또한 근무 중 개인 노출은 머리카락 중의 nicotine과 cotinine 노출 농도와 높은 상관성을 보여 주고 있다. 하지만, 설문 조사에서 간접 흡연이 없었던 집안에 머무는 동안의 환경 및 개인 노출과 머리카락 중 cotinine의 농도의 상관성은 앞의 결과에서도 언급했듯이 외부에서 간접 흡연 노출 시 의복이나 소지품에 흡착되어 온 nicotine의 영향인 것으로 생각된다. 집에 머무는 동안의 환경 및 개인 노출과 머리카락 중 nicotine 및 cotinine의 농도의 상관성에서 머리카락 중 cotinine 노출이 nicotine 노출에 비하여 상관성을 보인 것은 외부의 nicotine 노출에

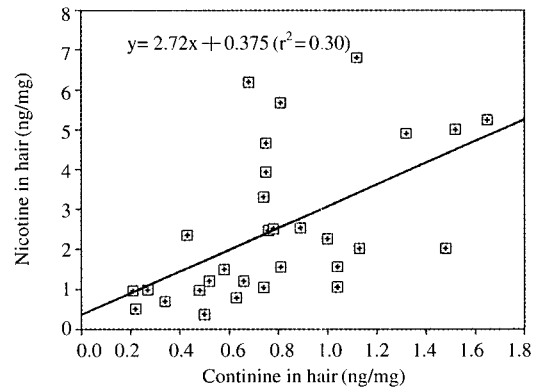


Fig. 3. Correlation between nicotine and cotinine in hair.

대한 대사의 시간 및 경로 차이에서 오는 것이라 생각 되나, 더 많은 조사 대상자를 대상으로 연구해 보아야 할 과제이다.

개인 노출과 인체 노출 간의 회귀 분석을 하였다 (Figs. 1, 2). 그리고 Fig. 3에서는 두 생체 지표 간의 모형을 구하여 보았다. 변수에서 개인 노출은 작업장에서 근무 시간 동안 노출을 의미 한다.

개인 노출과 머리카락 중 nicotine노출의 회귀 모형은 $y=6.86x-1.197$ 로 r^2 가 0.96으로 매우 좋은 직선성을 보여 주고 있다(Fig. 1). 개인 노출과 cotinine 노출의 회귀 모형은 $y=20.87x+0.435$ 였으며, r^2 는 0.36으로 머리카락 중 nicotine 노출과 개인 노출에 비하여 다소 좋지 않은 직선성을 보였다.

두 생체 지표 간의 직선성은 r^2 값으로 0.30, 회귀 모형은 $y=2.72x+0.375$ 였다.

이 연구에서는 nicotine의 내부 용량이 cotinine의 내부 용량에 비하여 대기 중 nicotine의 농도를 더 잘 설명할 수 있는 biomarker로 판단된다.

결 론

대기 중 nicotine의 농도와 머리카락 중 nicotine 및 cotinine 농도는 식당 종업원의 간접 흡연 노출과 밀접한 관계가 있었다. 또한 머리카락 중 nicotine은 머리카락 중 cotinine에 비하여 대기 중 nicotine의 노출을 더 정확하게 예측할 수 있었다. 이를 통하여 보면 머리카락 중 nicotine은 ETS 노출 연구의 유용한 도구로 사용 될 수 있을 것이다.

식당과 같은 공공 장소에서의 간접 흡연을 줄이기 위해서는 실내 환기율을 높여야 하며 더욱 바람직한 것은 ETS의 원천 제거, 즉 금연을 시행하는 것이다. 식당이나 술집과 같은 공공장소에서의 간접 흡연은 그곳을 이용하는 고객에게는 간헐적 노출에 그치지만, 그곳에서 일하는 사람들에게는 지속적인 노출이 이루어지므로 흡연에 대한 규제조치를 통해 간접 흡연 수준을 낮추는 적극적인 노력이 필요하다.

참 고 문 헌

대한금연운동협의회. http://www.kash.or.kr/user/0_data_

01.htm.

- Al-Delaimy WK, Crane J and Woodward A. Passive smoking in children: Effect of avoidance strategies at home as measured by hair nicotine levels, Archives of Environmental Health 2001; 56(2): 117-122.
- Al-Delaimy, Crane J, Woodward A. Is the hair nicotine level a more accurate biomarker of environmental tobacco smoke exposure than urine cotinine?, J Epidemiol Community Health 2002; 56: 66-71.
- Benner CL, Bayona JM, Caka FM, Tang H, Lewis L, Crawford J, Lamb JD, Lee NL, Lewis EA, Hansen LD, and Eatough DJ. Environ. Sci. Technol 1989; 23: 688-699.
- Benowitz NL. Cotinine as a biomarker of environmental tobacco smoke exposure, Epidemiol Rev 1996; 18(2): 43.
- Caka FM, Eatough DJ, Lewis EA, Tang H, Hammond SK, Leaderer BP, Koutrakis P, Spengler JD, Fasano A, McCarthy J, Ogden MW and Lewtas J. Environ. Sci. Technol 1990; 24: 1196-1203.
- Centers for Disease Control and Prevention. State-specific prevalence of cigarette smoking among adults, and children's and adolescent's exposure to environmental tobacco smoke-United States, 1996. MMWR 1997; 46 (44): 1038-1043.
- Covey *et al.* Cigarette smoking and occupational status: 1970 to 1990. Am. J. Public Health 1992; 82: 230.
- Daisey JM, Mahanama KKR and Hodgson AT. Toxic Volatile Organic Compounds in Environmental Tobacco Smoke: Emission Factors for Modeling Exposures of California Populations; LBNL-36379; Lawrence Berkeley National Laboratory: Berkeley, 1994.
- Dimich-Ward *et al.* J Occup Environ Med 1997; 39(10): 946-948.
- Eatough DJ, Benner C, Mooney RL, Bartholomew D, Steiner DS, Hansen LD, Lamb JD and Lewis EA. Proceedings of the 79th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association; Air Pollution Control Assoc.: Minneapolis 1986: 86-68.
- Eatough DJ. In Modeling of Indoor Air Quality and Exposure; ASTM STP 1205; Nagda, N.L., Ed.; American Society for Testing and Materials: Philadelphia, 1993: 42-63.
- Eatough DJ, Benner CL, Tang H, Landon B, Richards G, Caka FM, Crawford F, Lewis EA, Hansen LD and Eatough NL. Environment International 1989; 15: 19-28.
- Eatough DJ, Benner DL, Bayona JM, Richards G, Lamb JD, Lee ML, Lewis EA and Hansen LD. Environ. Sci. Technol 1989; 23: 679-687.

- Eriksen MP, LeMaistre CA, Newell GR. Health hazard of passive smoking, *Ann Rev Public Health* 1988; 9: 47-70.
- Gayer N. Chemical Contaminants in Office Buildings, *Am Ind Hyg Assoc J* 1990; 51(12): 615-619.
- Guerin MR, Jenkins RA and Tomkins BA. *The Chemistry of Environmental Tobacco Smoke Composition and Measurement*, Chelsea, MI: Lewis Publishers, 1992.
- Hammond SK, Leaderer BP, Roche AC and Schenker M. *Atmospheric Environment* 1987; 21: 457-462.
- Hammond SK. Exposure of U.S. Workers to Environmental Tobacco Smoke, *Environmental Health Perspectives* 1999; 107(2): 329-340.
- Hepworth S. Senior Honors Thesis, Worcester, MA: Worcester Polytechnical Institute, 1987.
- Jenkins RA, Moody RL, Higgins CE, Moneyhun JH. Nicotine in environmental tobacco smoke (ETS): comparison of mobile personal and stationary area sampling. Unpublished presentation at the proceedings of the EPA/AWMA Conference on Measurement of Toxic and Related Air Pollutants, Durham, North Carolina 1991.
- Jordan TE. *Vapor Pressure of Organic Compounds*; Nescience Publisher: New York, 1954.
- Joseph LaDou. *Occupational & Environmental Medicine*; A Simon & Schuster Co 1997, 2nd Edi., pp 718.
- Kintz P, Ludes B and Mangin P. Evaluation of Nicotine and Cotinine in Human Hair, *Journal of Forensic Sciences* 1992; 37(1): 72-76.
- LaKind JS, Ginevan ME, Naiman DQ *et al.* Distribution of exposure concentrations and dose for constituents of environmental tobacco smoke, *Risk Analysis* 1999; 19(3):375-390.
- Leaderer BP and Hammond SK. *Environ. Sci. Technol* 1991; 25: 770-777.
- Lencka M, Szafranski A and Macynski A. *Verified Vapor Pressure Data vol. 1: Organic Compounds Containing Nitrogen*; PWN-Polish Scientific Publishers: Warszawa, 1984.
- Löfroth, G. *Tobacco Control* 1993; 2: 222-225.
- Löfroth G, Burton RM, Forehan L, Hammond SK, Sella RL, Zweldinger RB and Lewtas. *J Environ Sci Technol* 1989; 23: 610-614.
- Lukachko AM *et al.* *Environmental Tobacco Smoke: Health Risk or Health Hype? A Special Report*. American council on science and health 1999.
- Mannino DM, Siegel M, Rose D, Marshall RJ *et al.* Exposure to Environmental tobacco smoke exposure in the home and worksite and health effects in adults: results from the 1991 National Health Interview Survey. *Tobacco Control* 1997; 6(4): 296-305.
- Nafstad P, Jaakkola JJ, Hagen JA, Zahlsten K and Magnus P. Hair nicotine concentrations in mothers and children in relation to parental smoking, *J Expo Anal Environ Epidemiol.* 1997; 42: 272-279.
- Nelson PR, Heavner DL, Collie BB, Maiolo KC and Ogden MW. *Environ Sci Technol* 1992; 26: 1909-1915.
- Nelson PR, Ogden MW, Maiolo KC, Heavner DL and Collie BB. *Indoor Air '90*, Proceeding of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate 2; International Society for Indoor Air Quality: Toronto, 1990; 367-373.
- Oldaker GB III and Conrad FW Jr. Result from measurements of nicotine in a tavern. In: *EPA/AWWA International Symposium on Measurement of Toxic and Related Air Pollutants*, Raleigh, North Carolina 1989 ; 577-582.
- Peterson EL, Johnson CC and Ownby DR. Use of urinary cotinine and questionnaires in the evaluation of infant exposure to tobacco smoke in epidemiologic studies. *J Clin Epidemiol* 1997; 7: 917-923.
- U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. 29 CFR Parts 1910, 1915, 1926, and 1928 *Indoor Air Quality; Proposed Rule*. 1994.