

PC방에서의 간접흡연에 따른 요증 코티닌의 농도

박용선 · 노영만[†] · 김치년*

가톨릭대학교 산업의학센터 *연세대학교 산업보건연구소

Urinary cotinine concentration by passive smoking in the PC game room

Yong Sun Park · Youngman Roh[†] · Chi Nyon Kim*

Catholic Industrial Medical Center, The Catholic University of Korea

*Department of Occupational Health, Yonsei University

ABSTRACT

Tobacco smoke was confirmed as a human carcinogen by many research results. Because many adolescents stay long time in the PC game room, they are exposed to much of tobacco smoke.

To evaluate the effect of passive smoking in the PC game room, airborne nicotine concentrations in 2 PC game rooms in Sung-nam city and urinary cotinine concentrations were measured for 20 adolescents. And the subjects were interviewed for duration and time in PC game room and smoking pattern. Subjects are composed of each of 10 smokers(5 males and 5 females) and 10 nonsmokers(5 males and 5 females). They stayed for three hours in the PC game room without smoking. Concentrations of nicotine in smokers and nonsmokers were 129.72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 99.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. Urinary cotinine concentrations were increased as time goes on after exposure to nicotine and showed maximum value at 9.45 hours after nicotine exposure and were 32.21 and 110.66 $\mu\text{g}/\text{L}$ for nonsmoker and smokers. The more using time and frequency in PC game room, the higher urinary cotinine maximum concentration and the longer using duration, also the more increase urinary cotinine concentration.

Urinary cotinine has a tendency to increase by passive smoking. Therefore, it is recommended that the effective control for indoor air quality and extensive research be needed to reduce nicotine concentration by passive smoking in the PC game room.

Keywords : nicotine, urinary cotinine, passive smoking

I. 서 론

간접 흡연은 직접 흡연과 마찬가지로 폐암을 유발 시킨다고 알려졌으며^{1,3)} 간접 흡연은 담배를 피우는 사람이 뿜어낸 담배연기를 타인이 들이 마시는 경우와 담배의 필터를 통해 걸러지지 않고 나오는 연기를 들이 마시는 경우가 있는데 특히 후자의 경우 해로운 물질이 2-3배 많다고 알려져 있다. 주로 폐암을 일으키는 담배연기에는 니코틴(1-methyl-2-(3-pyridyl)pyrrolidine)이라는 성분이 다량 함유되어 있는데 이는 저 농도에서도 위험한 급성 독성 장애를 일

으킬 수 있다.^{2,4)}

니코틴은 호흡기, 피부, 소화기를 통해 노출될 수 있는데 소량의 니코틴은 오심, 구토, 설사, 두통, 현기증, 신경자극, 심계항진, 고혈압, 발한, 그리고 타액분비 등을 유발하고 고농도의 니코틴에 노출될 경우 경련 및 심장의 부정맥 등을 일으킬 수 있으며 니코틴에 대한 NIOSH의 REL, OSHA의 PEL, ACGIH의 TLV 모두 8시간 시간가중평균치는 0.5 mg/m^3 이다. 위의 기준은 "피부" 표지를 하고 있는데 이것은 눈과 점막을 포함하는 피부경로가 잠재적으로 니코틴에 직접 접촉되어 체내로 흡수가 될 수 있다는 것을 언급하고 있는 것이다.^{2,4)}

담배 연기를 발암물질, 독성물질 그리고 자극성 물질로 나누어 관리한다는 것은 매우 어려워 담배연기를 전체적으로 측정 평가하기 위한 지표가 개발되어

[†]Corresponding author: Catholic Industrial Medical Center, Catholic Univ.
Tel: 02-3779-1408, Fax: 02-782-6017
E-mail: ymroh@catholic.ac.kr

왔는데 그 지표로는 니코틴, 호흡성 먼지, CO, NO_x, n-nitrosamines, aromatic hydrocarbons 그리고 흡연빈도 등이 있는데 최근 National Academy Science와 U. S. Surgeon General은 여러 연구를 검토하여 니코틴을 담배연기의 실제노출과 관련이 있는 지표로 결론을 내렸다.¹⁶⁾ 그리고 간접흡연자나 직접흡연자에서 담배 구성 성분의 체내 부하량을 정량적 추정하고자 몇몇 생물학적 지표로서 호기 중 일산화탄소, 혈 중 카르복시헤모글로빈, 요나 타액 중 티오시아나이드, 요 중 하이드록시프롤린 및 n-니트로소프롤린 등을 활용했지만 가장 광범위하게 사용되고 있는 것은 니코틴의 대사산물인 코티닌을 혈액, 타액 및 요 중에서 분석하는 것이다.^{15,23)} 체내로 흡수된 니코틴의 양은 혈 중 코티닌이 가장 잘 반영되지만 다양한 체액내의 코티닌 농도와 관련성이 높기 때문에 요 중 코티닌이 가장 많이 쓰이고 있다.¹¹⁾

PC방은 초고속 인터넷망과 고급 사양의 컴퓨터를 비롯한 첨단 정보 기기를 갖추고 전용선을 이용한 네트워크 게임과 CD 게임, PC 통신, 정보 검색, 문서 작성, 사이버 증권 거래 등의 서비스를 제공하고 있는 곳이다. 국내 PC방의 수는 1999년 10월 현재 12,245개가 있는 것으로 조사되었고 서울시에는 2000년 1월 현재 3,641개가 있는 것으로 서울시 문화관광부에 집계되었다.^{4,5)}

대부분의 PC방에서는 흡연이 가능하며 실제로 담배연기가 다량 발생하고 있다. 환기시설이나 공기정화장치가 설치되어 있는 PC방은 극히 적으며 또한 설치되어 있더라도 그 효과는 거의 없다. 담배연기를 제어하기 위한 가장 좋은 방법은 발생원을 제거하는 것이다. 즉 금연을 권장하는 것인데 아직 서비스업종에서는 손님들의 취향을 맞추기 위해 흡연을 허용하는 경우가 대부분이며 정책적으로 전면적인 금연정책이 없는 이러한 추세가 계속될 것으로 생각된다.

따라서 본 연구는 PC방을 대상으로 담배연기의 지표물질인 니코틴 농도를 측정하고 대상자들의 생활습관 및 PC방의 이용실태를 조사하여 이에 야기되는 간접흡연으로 인한 요 중 코티닌 농도와 비교하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

간접 흡연에 대한 영향을 파악함에 있어 PC방에 출입하는 사람 중 본 연구에 참여 의사가 있는 남자 흡연자 5명과 비흡연자 5명, 여자 흡연자 5명과 비흡

연자 5명을 각각대상자로 삼았고 대상 장소는 협조가 가능했던 성남에 위치한 PC방 2개소로 하였다.

시료 채취는 2001년 2월 17일 오후 3시경에 시행하였고 측정이 있기 전날 선정된 대상자들에게 연구 취지 및 목적과 방법을 설명하였으며 직접흡연으로 인해 발생하는 요 중 코티닌의 영향을 최소화하기 위하여 2월 16일 오후 21시부터 흡연자들에게 직접흡연을 금지시켰다.

대상자들의 나이는 21~29세로 평균 25.1세 이었으며 학생이 55%로 가장 많은 비율을 차지하였다. 그리고 대상 PC방 2곳 모두 흡연을 허용하고 있었으며 상업지구내에 위치하고 있었고 2곳 모두 3층에 위치하고 있었다.

2. 설문조사

이들 20명에게 실험을 시작하기 전 대상자에 대한 설문조사를 실시하였는데 대상자들의 생활습관과 PC방의 이용실태를 파악하고자 하였다. 설문조사 내용에는 연령을 비롯하여 본인의 흡연 경험, 평소의 흡연량 등 직접 흡연에 관한 사항이 포함되었다. 그리고 PC방의 사용 빈도, 사용 시간, 그 곳을 이용할 때 나타나는 자각증상을 조사하였으며 설문조사는 자기기입식으로 실시되었다.

3. 연구방법

1) 공기 중 니코틴의 포집과 분석

공기 중 니코틴의 포집은 NIOSH 공정시험법 (Manual of Analytical Methods [NMAM] 2551, 1998)을 따라 흡착튜브(XAD-4, 80/40mg, SKC)와 유량을 1.0 L/min(0.1~1.0 L/min)으로 교정한 개인 시료 포집기(AIRCHEKTM52, SKC)를 사용하여 각 개인의 호흡위치에서 3시간 동안 채취하였다. 그리고 시료는 차광상태로 5℃ 이하에서 냉장 보관하고 안정성을 고려하여 14일 이내에 분석했다.

니코틴의 분석 또한 NIOSH 공정시험법 2551에 따라 실행하였는데 그 내용은 다음과 같다.

표준용액 원액의 제조는 니코틴 100 mg을 0.01 %의 트리에틸아민이 함유되어 있는 에틸아세테이트 100 ml에 녹여 만들었고 표준용액은 농도의 범위가 0.63125~1,010 µg/ml가 되도록 0.01 %의 트리에틸아민이 함유되어 있는 에틸아세테이트로 희석하여 10단계로 제조하였다. 내부표준물질 원액은 퀴놀린 10 mg을 0.01 %의 트리에틸아민이 함유되어 있는 에틸아세테이트 100 ml에 녹여 제조하였다.

시료의 전처리는 각 샘플의 앞층과 뒷층을 분리하

Table 1. Operating condition of GC for the airborne nicotine analysis

Items	Conditions
GC	Hewlett Packard 5890 II. U.S.A
Detector	Flame-ionization detector
Injector	Capillary split mode
Column	HP-5 30 m x 0.32mm ID 0.5 μ m film thickness Hewlett Packard. U.S.A
Carrier gas	Helium
Flow rate	2.4 ml/min
Split vent	125 ml/min
Injector volume	1 μ l
Injector temp.	200 $^{\circ}$ C
Detector temp.	300 $^{\circ}$ C
Temp. program	60-200 $^{\circ}$ C(20 $^{\circ}$ C/min)

여 바이알에 각각 넣고 0.01%의 트리에틸아민이 함유되어 있는 에틸 아세테이트 1 ml을 가한 후 내부 표준물질인 퀴놀린 용액을 25 μ l를 첨가하였다. 또한 10 단계의 농도로 나누어진 표준용액도 1 ml씩 각각의 바이알에 넣고 위와 마찬가지로 퀴놀린 용액 25 μ l를 가했다. 이처럼 준비된 시료와 표준용액을 초음파로 2시간 동안 탈착시킨 후 가스크로마토그래피(Gas chromatography : GC : HP-5890 II)를 사용하여 분석하였다. GC의 조건은 표 1과 같다.

회수율은 공기 중 니코틴을 채취 할 때 사용했던 동일한 흡착튜브(XAD-4, 80/40 mg, SKC)에 니코틴을 0.63125~1,010 μ g/ml의 농도 범위에서 3단계로 니코틴을 첨가하여 실제 시료와 같은 방법으로 전처리한 후 살펴보았는데 그 값은 95.17 % 이었다.

2) 요 중 코티닌의 포집과 분석

요 중 코티닌의 채취는 대상자 20명의 요를 뚜껑이 있는 25 ml 용기에 공기 중 니코틴에 노출되기 이전과 3시간 동안 노출된 직후 그리고 그 후 3시간 간격으로 나누어 총 6회 채취하였다. 그리고 요 시료 이동시 0 $^{\circ}$ C이하로 유지하고 분석까지 -70 $^{\circ}$ C로 냉동 보관했다.

표준용액 원액의 제조는 코티닌 0.25 mg을 메탄올 100 ml로 녹여 만들었고 표준용액의 농도가 312.5~150,000 μ g/L의 범위에 들도록 고성능 액체크로마토그래피(High performance liquid chromatography, HPLC, Waters 600E. U.S.A.)의 이동상용액으로 희석하여 8단계로 제조하였다. 내부 표준물질의 원액은 리도카인 0.1 g을 증류수 100 ml에 녹여 만들었다.

실험대상자들의 요는 디클로로메탄을 이용한 액체-액체법으로 추출하였다. 우선 요 시료를 시험관에 2ml 넣고 내부표준물질인 리도카인용액(0.1 g/100 ml)을 50 μ l 넣은 후 흔들어 섞는다. 여기에 12.5 mol/L의 KOH 용액을 0.15 ml 넣은 후 섞어주고 디클로로메탄을 3 ml 넣고 15분간 수평교반기에서 충분히 흔든 후 15분간 5000 rpm으로 원심 분리한다. 아래층의 유기용제층을 뽑아내어 유리시험관에 옮긴다. 남은 수층에 1.5 ml의 0.5 mol/L HCl을 첨가하여 흔들어준 후 다시 12.5 mol/L KOH용액을 0.15 ml 첨가하여 흔들어 준다. 여기에 디클로로메탄을 2 ml 한번 더 가한 후 15분간 수평 교반기에서 흔들어 주고 또 다시 위와 동일한 조건으로 원심 분리를 한다. 분리된 유기용제층은 1차 추출액을 담은 유리시험관에 넣어 합하고 질소가스로 유기용제층을 증발 건조시킨 후 HPLC 이동상용액 0.2 ml로 유기용제가 증발 건조된 시료에 녹여준 후 10 μ l를 HPLC에 주입했다.

회수율은 건강한 비흡연자의 요를 사용하여 요 중 코티닌 농도가 312.5~150,000 μ g/L 범위에 들도록 코티닌을 요에 첨가하여 3단계로 만든 후 실험 요와 같은 방법으로 전처리를 한 후 동일한 방법으로 분석하였는데 그 값은 92.57 % 이었다.

이 때 HPLC의 조건은 표 2에서 보여주는 바와 같이 이동상용액은 아세트니트릴과 완충액(50 mmol/L potassium phosphate + 0.8 mmol/L heptanesulfonic acid)을 20 : 80으로 혼합하여 pH를 4.4로 맞추었고 헬륨가스로 이동상액의 가스를 제거해 주었다. 컬럼은 역상컬럼으로 분리능이 좋은 Novapak C₁₈(3.9

Table 2. Operating condition of HPLC for urinary cotinine analysis

Items	Conditions
HPLC	Waters 600E. U.S.A.
Column	Novapak C ₁₈ (3.9 x 150 mm) + μ Bondapak C ₁₈ (3.9 x 300 mm) Acetonitrile :
Mobile phase	Buffer(50 mmol/ℓ potassium phosphate + 0.8 mmol/ℓ heptanesulfonic acid) = 20 : 80(V/V)
Flow rate	0.6 ml/min
Detector	257 nm, UV detector(Waters 441. U.S.A)
Injection volume	10 μ ℓ

x 150 mm)컬럼과 μ Bondapak C₁₈(3.9 x 300 mm)컬럼을 이중 연결하여 사용하고 257 nm 파장에서 검출(UV detector. Waters 441. U.S.A.) 하였다.

III. 결과 및 고찰

PC방 실내 공기 중 니코틴 농도는 그림 1에서 보는 바와 같이 각 니코틴의 대수 값들이 비교적 선형을 나타내고 있으므로 공기 중 니코틴의 농도는 대수 정규 분포를 하고 있었다. 따라서 공기 중 니코틴의 농도를 기하 평균(Geometric Mean : GM)과 기하 표준편차(Geometric Standard Deviation : GSD)로 평가하였다.

표 3은 흡연자와 비흡연자를 남·녀로 구분하여 PC방 내의 담배연기 중 니코틴의 농도를 나타낸 것

이다. 흡연자 중 남자와 여자의 공기 중 니코틴 농도는 148.94 μ g/m³와 112.98 μ g/m³ 이었고 비흡연자 중 남자와 여자의 공기 중 니코틴 농도는 98.86 μ g/m³와 83.95 μ g/m³로 나타났다. 즉 흡연자·비흡연자 모두 여자 보다 남자에게 더 많은 양의 니코틴이 노출된 것으로 나타났다(P<0.05). 그리고 흡연자에서의 공기 중 니코틴 평균 농도와 비흡연자에서 공기 중 니코틴 평균 농도를 비교 해 볼 때 흡연자에서의 평균 농도 129.72 μ g/m³가 비흡연자의 평균 농도 90.99 μ g/m³ 보다 높아 흡연자에게 더 많은 양의 니코틴이 노출된 것으로 나타났다(P<0.05).

표 4는 3시간 동안 공기 중 니코틴에 노출된 20명의 요 중 코티닌 배설 농도를 시간대 별로 나타낸 것이다. 흡연자·비흡연자 모두 대기 중 니코틴에 노출되면서 요 중 코티닌의 농도가 점차 증가하는 것을 보여주고 있는데 노출 후 9시간째 요 중 코티닌의 농도가 최고치를 나타내고 있으며 그 후로 점차 감소를 하는 양상을 나타내고 있다(그림 2). 흡연자는 니코틴에 노출되기 전 110.66 μ g/L의 코티닌이 비흡연자는 32.21 μ g/L의 코티닌이 검출되었는데 흡연자는 비흡연자 보다 약 3.4배 높았다. 그리고 그 증감율도 노출 후 3시간, 6시간, 9시간, 12시간, 15시간으로 나누었을 때 각각 3.1, 3.2, 4.0, 3.9, 3.2배로 흡연자가 높았다. 그리고 흡연자와 비흡연자 각각의 남·녀 시간대 별 요 중 코티닌 농도는 유의한 차이를 보였고(P<0.05) 흡연자와 비흡연자간의 요 중 코티닌 농도 또한 유의한 차이를 보였다(P<0.05).

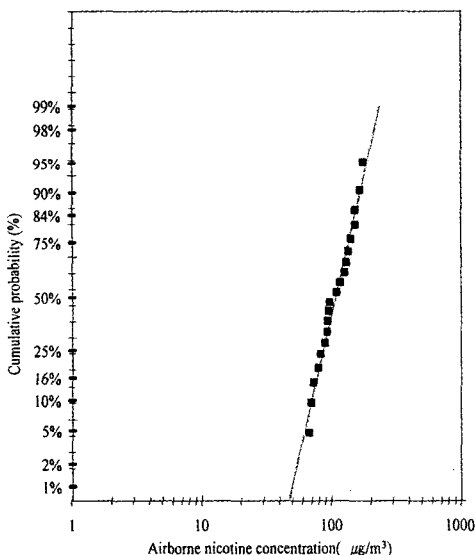


Fig. 1 Cumulative distribution of airborne nicotine concentration(■) in PC game room.

Table 3. Nicotine exposure amount for 3 hours in PC Game Room

				GM(GSD)
Group	Sex	Subjects	Nicotine conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Smoker	Male	5	148.94(1.15 ^a)	
	Female	5	112.98(1.28 ^{ab})	
	Subtotal	10	129.72(1.27 ^b)	
Non-smoker	Male	5	98.86(1.31 ^b)	
	Female	5	83.95(1.25 ^b)	
	Subtotal	10	90.99(1.28 ^b)	

a : P<0.05 significant difference between gender

b : P<0.05 significant difference between smoker and nonsmoker

Table 4. The urinary cotinine concentration by time interval after tobacco smoke for 3hrs

				GM(GSD)
Group	Sex	Subjects	Nicotine conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Smoker	Male	5	148.94(1.15 ^a)	
	Female	5	112.98(1.28 ^{ab})	
	Subtotal	10	129.72(1.27 ^b)	
Non-smoker	Male	5	98.86(1.31 ^b)	
	Female	5	83.95(1.25 ^b)	
	Subtotal	10	90.99(1.28 ^b)	

a : P<0.05 significant difference between gender

b : P<0.05 significant difference between smoker and nonsmoker

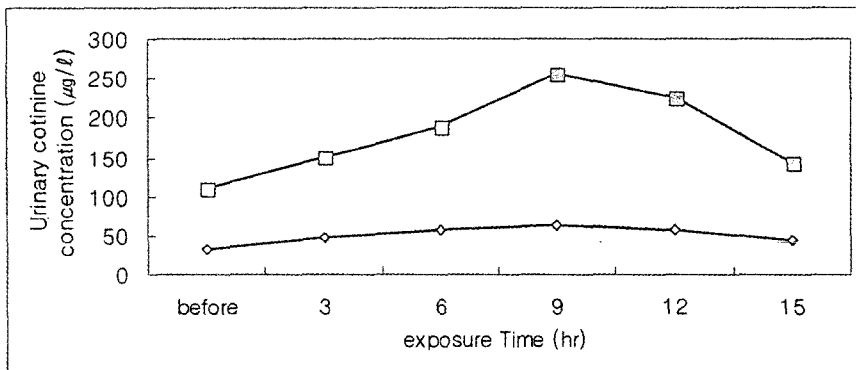


Fig. 2 The difference of urinary cotinine between smoker(■) and nonsmoker(◇).

표 5는 평소 흡연군의 하루 흡연량을 기준으로 공기 중 니코틴 농도와 요 중 코티닌 최대 농도로 살펴본 것이다. 하루 흡연량을 5개피 이하, 5-10개피, 11-15개피, 15개피 이상으로 나누었을 때 공기 중 니코틴 농도는 114.02, 95.72, 140.28, 154.88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 통계적으로 유의한 차이가 있으며(P<0.05), 요 중 코티닌의 농도는 70.79, 62.37, 164.44, 336.51

$\mu\text{g}/\text{L}$ 로 흡연자의 간접흡연만으로도 요 중 코티닌 농도에 유의한 차이가 있었다(P<0.05). 또한 흡연군과 비흡연군의 니코틴의 농도 및 요 중 코티닌 최대 농도를 살펴보면 공기 중 니코틴의 농도는 129.72와 90.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 유의한 차이가 있으며(P<0.05) 요 중 코티닌의 농도 또한 152.41과 27.80 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 유의한 차이가 있었다(P<0.05).

Table 5. Maximum urinary cotinine concentration assessed by usage frequency, spending time, and usage duration of PC game room

Item	Range	Mean \pm SD					
		Smoker		Nonsmoker		Total	
		Subject	Cotinine*	Subject	Cotinine*	Subject	Cotinine*
Usage frequency (No./week)	≤ 4	2	184.08 \pm 2.04	8	23.23 \pm 3.64	10	33.27 \pm 4.36 ^a
	> 4	8	145.21 \pm 2.68	2	74.65 \pm 1.16	10	127.06 \pm 1.10 ^b
Spending time (hr/day)	≤ 2	2	137.40 \pm 3.08	8	22.91 \pm 3.80	10	33.11 \pm 4.27 ^b
	> 2	8	156.32 \pm 2.55	2	59.84 \pm 1.58	10	128.83 \pm 2.51 ^b
Usage duration (month)	≤ 12	-	-	3	35.32 \pm 1.09	3	35.32 \pm 1.09
	> 12	10	152.41 \pm 2.48	7	25.12 \pm 4.58	17	72.44 \pm 4.37

* Urinary cotinine concentration ($\mu\text{g/L}$)

a : P<0.05 significant difference in usage frequency

b : P<0.05 significant difference in spending time

공기 중 니코틴의 농도와 요 중 코티닌의 농도의 상관계수는 0.839로 유의한 상관관계를 나타내었는데 (P<0.05) 그림 3은 공기 중 니코틴의 농도를 독립변수로 하고 요 중 니코틴의 농도를 종속변수로 하여 회귀분석을 한 결과로 회귀방정식은 $Y = 3.632X - 284.604$ 로 나타났다. 여기서 Y는 요 중 코티닌의 농도($\mu\text{g/L}$) 이고 X는 공기 중 니코틴의 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)이다.

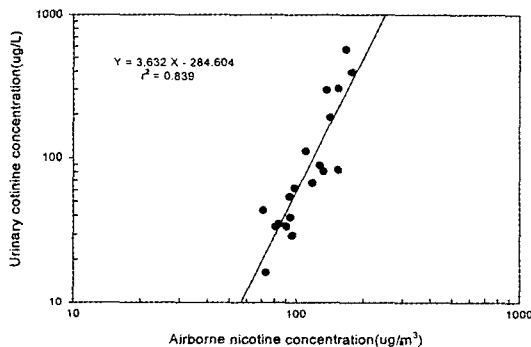


Fig. 3 Linear regression between airborne nicotine concentration and urinary cotinine concentration for passive smoke.

담배연기에는 여러 가지 성분이 포함되어 있는데 니코틴은 담배의 특수한 성분 중 하나로 알려져 있고 그 니코틴이 체내로 흡수되면 코티닌이라는 대사산물을 만든다. 따라서 체액 중 코티닌은 생물학적 니코틴의 생물학적 지표로 사용된다. 그러나 체액 내 코티닌은 표준분석방법이 없고, 대사 능력이 개인마다 다

르며, 흡연자가 담배를 피울 때 니코틴의 섭취량이 0.3~3.0 mg으로 변이가 크다¹¹⁾는 점에서 생물학적 지표로 활용하는데 제한이 있다는 주장이 있다. 하지만 보다 많은 연구들에서 체액 중 코티닌은 직접 흡연자뿐만 아니라 간접 흡연자에서도 일관성 있게 민감도와 특이도가 비교적 높아 노출지표로 활용되고 있고 HPLC를 이용한 분석방법도 개발되고 있어 점차적으로 신뢰를 얻고 있다.^{10,14)}

공기 중 니코틴 분석은 NIOSH 공정시험법 2544 (Manual of Analytical Methods [NMAM] 2544, 1994)에서 본 연구에서도 사용했던 NIOSH 공정시험법 2551 (Manual of Analytical Methods [NMAM] 2551, 1998)로 발전되었다. 그 이유는 기존의 방법은 농도가 낮은 환경성담배연기 (Environmental tobacco smoke, ETS) 연구에서 효과적인 포집이 어렵고 온실 연구에서와 같이 농도가 높을 때 정확한 평가가 어려웠기 때문이었다.²⁴⁾

연구대상을 선정하는 과정에서 협조가 가능했던 PC방과 대상자들을 임의로 선택하였기에 대표성에 문제가 있을 수 있겠으나 협조가 가능했던 PC방이나 대상자들이 다른 곳과 다른 대상자들과 비교했을 때 다르지 않을 것을 전제하여 실시하였다.

본 연구의 대상 장소였던 2곳의 PC방 공기 중 니코틴 농도는 68.34~177.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 공기 중 니코틴 포집이 동일 시간대에 이루어졌음에도 불구하고 이처럼 차이가 나는 것은 PC방의 구조, 환기상태, 대상자간의 위치와 자세 등으로 인해 야기되었다고 생각된다. 본 연구에서 포집된 담배연기 중 니코틴의 농도를 다른 국내 연구결과들과 비교해 보면 가정집

이 $1.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 음식점이 $4.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 다른 PC방이 $13.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도였으며^{1,3,7)} 본 연구에서 측정된 니코틴의 농도는 다른 PC방보다 약 4.9~12.7배 높았다. 이는 PC방의 특이성 때문이라 여겨지는데 PC방은 요일별 특히 주말과 공휴일, 시간대 별 특히 저녁시간대, 환기횟수와 연결되는 계절, PC방의 지역적 위치 등의 차이로 인하여 사람의 분포 밀도와 니코틴의 양이 현저히 차이가 나기 때문이다. 즉 본 연구가 시행되었던 토요일 저녁시간대를 감안해 볼 때 다른 연구 결과보다 그 농도가 높지 않았나 사료된다. 하지만 NIOSH의 REL, OSHA의 PEL, ACGIH의 TLV의 8시간 시간가중평균치 $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ 에는 미치지 못하는 수준이었다. 그리고 일반적으로 환경 중의 유해물질의 농도분포는 정규분포보다 대수정규분포를 하는 것으로 알려져 있는데⁹⁾ 본 연구에서도 대수정규분포를 했기에 공기 중 니코틴의 농도를 기하 평균(Geometric Mean : GM)과 기하 표준편차(Geometric Standard Deviation : GSD)로 평가하였다.

코티닌은 니코틴에 노출 후 6시간 후에 최대한 급속히 증가를 하고 12시간 동안 안정기로 유지 19시간 동안 지속적으로 그 농도가 감소한다.²²⁾ 그러나 본 연구에서는 니코틴에 노출 후 평균 9.45시간이 지나서야 최고치에 달했다. 이는 노출 시간과 관계가 있는 것으로 보여지는데 노출 후 6시간이 지나서 최고치에 달했을 때는 노출을 2시간 동안 시켰고 본 연구는 3시간 동안 노출시켰다.

연구 결과 노출되는 니코틴의 농도가 높으면 코티닌의 양도 증가하였는데($P < 0.05$) 이는 신진대사의 차이와 깊은 관련이 있고 성인보다 어린이에게 더 높은 요 중 코티닌 발생을 가져오나²²⁾ 본 연구는 거의 연령이 비슷한 성인을 대상으로 하였기에 그 양상의 변이는 살펴보기 못했다. 하지만 대상자들의 요 중 코티닌 발생은 일반적으로 비슷한 양상을 띠었다.

흡연량이 증가함에 따라 요 중 코티닌의 양 또한 증가하는데⁶⁾ 본 연구에서도 그 양상은 변함이 없었다($P < 0.005$). 외국에서 연구한 요 중 코티닌 농도의 참고치를 보면 46명의 간접 흡연군의 코티닌 농도는 $7.7 \mu\text{g}/\text{L}$ ¹⁸⁾, 85명의 성인 남자로 구성된 비흡연군에서의 코티닌 농도는 $19.7 \mu\text{g}/\text{L}$ ²⁷⁾로 검출되었고 Michael 등¹⁹⁾의 연구에서는 간접흡연군은 $9.2 \mu\text{g}/\text{L}$ 가 흡연군에서 하루 담배소비량이 10개피 미만인 자는 $646.8 \mu\text{g}/\text{L}$, 하루 담배소비량이 10개피 이상인 자는 $1100.7 \mu\text{g}/\text{L}$ 의 코티닌이 각각 검출되었다. 이것은 본 연구에 참여한 간접흡연군의 요 중 코티닌 농도보다 약 4.39~7.33배 낮은 농도였으며 흡연군의 요 중

코티닌 농도는 이보다 비교적 낮은 편으로 나타났다. 참고로 담배 중 니코틴이나 타르 함량을 볼 때 한라산, 하나로, 88라이트 등은 니코틴 함량이 담배 1개피 당 0.5~0.7 mg이고 타르의 함량은 5.5~8.5 mg인 반면 일본의 마일드세븐라이트는 니코틴 0.7 mg이고 타르는 8.1 mg이고 미국의 말보로와 버지니아 슬림은 니코틴과 타르가 각각 0.7~0.8 mg, 9.0~11.0 mg이 함유되어 있는데⁸⁾ 국산 담배에 니코틴이 적게 함유가 되어있음에도 불구하고 본 연구에 참여한 간접흡연자의 요 중 코티닌 농도가 현저히 높은 이유는 흡연에 대한 문화 차이, 민족간의 대사차이 외에도 흡연환경에 대한 보다 엄격한 규제 및 정책의 차이가 있기 때문인 것으로 보인다.

대상자들이 PC방을 이용하는 형태를 구분하여 요 중 코티닌의 양을 살펴본 바에 의하면 1주일에 PC방을 이용하는 횟수를 중심으로 사용 횟수가 주 1~4회 일 때 흡연자와 비흡연자의 요 중 최대 코티닌의 농도는 각각 $184.08 \mu\text{g}/\text{L}$ 와 $23.23 \mu\text{g}/\text{L}$ 이고, 주 4회 이상 일 때 흡연자와 비흡연자의 요 중 최대 코티닌의 농도는 $145.21 \mu\text{g}/\text{L}$ 와 $74.65 \mu\text{g}/\text{L}$ 이었는데 주 중 사용 횟수가 많을수록 요 중 코티닌의 농도가 높게 나타났다($P < 0.05$). 그리고 당일 PC방을 이용하는 시간을 중심으로 본 대상자들의 요 중 코티닌 농도는 사용 시간이 2시간 미만 일 때 흡연자와 비흡연자의 요 중 최대 코티닌 농도는 $145.21 \mu\text{g}/\text{L}$, $22.91 \mu\text{g}/\text{L}$ 가 검출되었고 2시간 이상 사용할 때 흡연자와 비흡연자 사이의 요 중 최대 코티닌 농도는 $156.32 \mu\text{g}/\text{L}$ 와 $59.84 \mu\text{g}/\text{L}$ 로 각각 검출되었다. 이 또한 대상자들이 PC방에서 보내는 시간이 많을수록 요 중 최대 코티닌 농도가 높게 나타났다($P < 0.05$). 끝으로 PC방을 이용했던 기간을 반영한 대상자들의 요 중 코티닌 최대 농도는 1년 미만에서 흡연자는 해당사항이 없었고 비흡연자에게서는 $35.32 \mu\text{g}/\text{L}$ 의 요 중 최대 코티닌 농도가 나왔다. 그리고 1년 이상 PC방을 이용한 흡연자와 비흡연자의 요 중 최대 코티닌 농도는 $152.41 \mu\text{g}/\text{L}$, $25.12 \mu\text{g}/\text{L}$ 로 각각 나타났다. 대상자들의 PC방 이용기간이 길수록 요 중 코티닌의 농도는 높았지만 통계적으로는 유의하지는 않았다. 이는 대상자의 수가 적었기 때문이라 사료된다.

PC방 이용자는 젊은 사람들이 많았다. 이들 중 12명(60%)은 일주일에 3~4회 PC방을 이용하며 사용 시간은 1~2시간 정도로 12명(60%)이 여기에 속했으며 이들의 65%(13명)는 PC방을 이용한지 1년 이상이 되었다. 그리고 흡연자는 비흡연자보다 PC방을 더 자주 사용하며($P < 0.05$) 시간상으로 보아도 흡연

자가 더 오래 PC방을 이용한다($P < 0.05$). 또한 그들이 PC방을이용하면서 느끼는 자각증상은 두통이 13명(65%)으로 가장 많았고 코의 자극, 호흡곤란, 기침이 각각 12명(60%), 10명(50%), 8명(40%)으로 나타났다.그 외에도 안통, 현기증, 답답함을 호소하였다.

본 연구의 제한점은 연구의 편이상 대상이 일부 청년층이었기 때문에 PC방의 주 이용 층인 청소년, 청년층의 상황을 대표하는데 무리가 있었다는 것과 배설량과 관계가 있는 수분섭취가 노출 후 얼마만큼 있었는가가 조사되지 않아서 생물학적 지표인 요 중 코티닌 분석에 감안하지 못했다. 이와 같은 제한점에도 불구하고 본 연구는 일부 청년층을 대상으로 이들 집단에서 PC방을 이용하면서 자신도 모르게 담배연기에 노출되는 간접흡연의 심각성을 제시하였고 현재 PC방의 현실에 맞는 금연정책의 필요성과 객관적인 지표를 통한 금연프로그램의 효과판정이 가능하다는 것을 피력하였다.

대부분의 PC방은 흡연실, 금연실이 없는 형태로 운영되고 있다. 하지만 동일한 PC방내 흡연실과 비흡연실로 구분지어 운영하는 곳의 니코틴 농도는 흡연실이 $4.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 금연실이 $0.88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 금연실이 흡연실 보다 약 5배가 낮은 수치를 보여주는 연구결과가 있는데⁷⁾ 그 두 곳을 구분지어 운영한다면 비흡연자들에게 만이라도 고농도의 니코틴에 폭로되는 상태를 막을 수 있는 효과를 가져 올 것이라 예측되어진다.

IV. 결 론

본 연구는 PC방을 대상으로 담배연기의 지표 물질인 니코틴 농도를 측정하여 실내공기 중 담배연기의 농도를 파악하고 평균연령이 25.1세인 성인 남녀 각각 10명씩 총 20명을 대상으로 그들의 생활습관 및 PC방의 이용실태를 조사하여 이에 야기되는 간접흡연의 영향을 생물학적 모니터링의 지표인 요 중 코티닌 농도와 비교하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. PC방 내 니코틴의 농도는 흡연군에서 $129.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 비흡연군에서 $90.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 검출되었으며 상대적으로 흡연군이 더 많은 양의 니코틴에 노출되었던 것으로 나타났다.
2. 흡연군과 비흡연군 모두 공기 중 니코틴에 노출된 후 시간의 경과에 따라 요 중 코티닌의 농도가 점차 증가하였고 노출 후 평균 9.45시간이 지

나서 그 최대치를 보였다가 점차 그 농도가 감소되는 양상을 나타내었다. 니코틴에 노출되기 전 비흡연군은 $32.21 \mu\text{g}/\text{L}$ 의 코티닌이, 흡연군은 약 3.4배가 높은 $110.66 \mu\text{g}/\text{L}$ 의 코티닌이 검출되었고 점차 시간이 경과되면서 흡연군 쪽에 더 많은 코티닌이 검출되었다($P < 0.05$). 그리고 시간대 별 코티닌의 증감율도 흡연군 쪽이 더 높게 나타났다.

3. 하루에 흡연을 5개피 이하, 5-10개피, 11-15개피, 15개피 이상 하는 흡연자가 금연 중 간접흡연에 노출되었을 때 요 중 최대 코티닌의 농도는 70.79, 62.37, 164.44, 336.51 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 각각 검출되었고 흡연자에게도 간접흡연은 요 중 코티닌 농도에 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$).
4. 공기 중 니코틴의 농도와 요 중 코티닌의 농도의 상관계수는 0.839로 유의한 상관을 나타내었다. 공기 중 니코틴의 농도와 요 중 코티닌의 농도의 회귀방정식은 $Y(\text{요 중 코티닌 농도, } \mu\text{g}/\text{l}) = 3.632X(\text{공기 중 니코틴 농도, } \mu\text{g}/\text{m}^3) - 284.604$ 로 나타났다.

간접흡연에 의해서도 요중 코티닌 농도가 증가하는 양상을 보였으며 이러한 결과로 볼 때 PC방을 비롯한 실내에서 간접흡연으로 인해 발생하는 니코틴 노출을 감소하기 위해서는 효율적인 실내공기관리와 이에 대한 지속적인 연구가 필요 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 가톨릭대학교 계산장학금 연구비의 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 1) 김윤신, 윤영훈, 백성욱, Roger Perry: 실내공간에서의 환경담배연기(ETS)에 관한 조사연구. 환경과 산업의학, 5(1), 1-10, 1996.
- 2) 백동기: 일부 청소년 남자들의 요중 코티닌 농도와 자매염색분체 교환 빈도수. 269-276, 2000.
- 3) 백성욱: 국내 실내공기질 관리의 중요성과 제도적 개선방안. 첨단환경기술, 18-21, 1998.
- 4) 서울특별시 문화관광과: 멀티게임장(PC방) 등록 현황. 2000.
- 5) 소비자보호원 생활경제국 소비문화팀: 청소년의

- PC방 이용실태 조사. 2000.
- 6) 이분수, 나도영, 황건중: 흡연자 및 비흡연자의 뇨 중 니코틴 및 코티닌 함량. *Journal of the Korean Society of Tobacco Science*, 19(1), 40-45, 1997.
 - 7) 황규석: 서울시내 PC방에서의 환경성담배연기 (ETS) 농도에 관한 연구. 24-26, 2000.
 - 8) UDS 금연연구소: 인간과 환경을 위한 금연운동. <http://uds.kitel.co.kr/6.html>, 2000.
 - 9) American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH): Air sampling instruments, 5, 696-703, 1997.
 - 10) Baranowski J, Pochopieri G, Baranowski I: Determination of nicotine, cotinine and caffeine in meconium using high-performance liquid chromatography. *J journal of Chromatography B*, 707, 317-321, 1988.
 - 11) Benowitz NL, Jacob P III, Denaro C: Stable isotope studies of nicotine kinetics and bioavailability. *Clin Pharmacol Ther*, 49, 207-277, 1991.
 - 12) Brownson RC, Eriksen MP, Davis RM, Warner KE. Environmental tobacco smoke: health effect and policies to reduce exposure. *Annu. Rev. Public Health* 1997; 18: 163-185.
 - 13) Dalager NA, Pickle LW, Mason TJ, et al. : The relation of passive smoking to lung cancer. *Cancer Res*, 46, 4808-4811, 1986.
 - 14) Dimich-Ward H, Gee H, Brauer M, V Leung: Analysis of nicotine and cotinine in the hair of hospitality workers exposed to environmental tobacco smoke. *JOEM*, 39(10), 946-602, 1997.
 - 15) Etzel RA: A review of the use of saliva cotinine as a marker of tobacco smoke exposure. *Clin Pharmacol Ther*, 49, 270-277, 1991.
 - 16) Hongmao Tang, Galen Richards, Cynthia L. Benner: A tracer for environmental tobacco smoke particles. *Environmental Science and Technology*, 24, 848-852, 1990.
 - 17) Humble CG, Samet JM, Pathack DR: Marriage to a smoker and lung cancer risk. *Am. J. Pub. Health*, 77, 598-602, 1987.
 - 18) Jarvis M, Tunstall-Peloe H, Feyerabend C: Biochemical markers of smoke absorption and self-reported exposure to passive smoking. *Journal Epidemiol Community Health*, 38, 335-339, 1984.
 - 19) Michael A, Wall MD, Jean J, Jacob P, Benowitz N, Cotinine in the serum, saliva and urine of nonsmokers, passive smokers and active smokers. *AJPH*, 78(6), 699-701, 1988.
 - 20) Oddezo C, Pauli AM, Pastor J: Rapid and Sensitive high-performance liquid chromatographic determination of nicotine and cotinine in nonsmoker human and rat urines. *Journal of Chromatography B*, 708, 95-32, 1998.
 - 21) Repace, J. L., A. H. Lowery. Indoor Air Pollution: Tobacco Smoke, and Public Health. *Science*, 208, 464, 1980.
 - 22) Stefan Willers, Gunnar Skarping, Marianne Dalene, Staffan skerfving: Urinary cotinine in children and adults during and after semiexperimental exposure to environmental tobacco smoke. *Archives of Environmental Health*, 50(2): 130-138, 1995.
 - 23) Stellman JM: Encyclopedia of Occupational Health and Safety, 97. 47-97. 49, 1998.
 - 24) Stephanie M, Pendergrass, Ann M. Krake, Larry B. Jaycox: Development of Versatile Method for the Detection of Nicotine in Air. *AIHAJ*, 61, 469-472, 2000.
 - 25) The National Institute of Occupational Safety and Health(NIOSH): Current Intelligence Bulletin 54, Environmental Tobacco Smoke in the Workplace - Lung Cancer and Other Health Effects. NIOSH Publication, 91-108, 1991.
 - 26) The National Institute of Occupational Safety and Health(NIOSH) Manual of Analytical Methods(NMAM): Fourth Edition, Meth No. 2551, 1998.
 - 27) Thomson SG, Stone R, Nanchahal K, Wald NJ: Relation of urinary cotinine concentration to cigarette smoking and to exposure to other people's smoke. *Thorax*, 45, 356-361, 1990.