

우리나라 성인 중 비흡연자에 대한 코티닌 노출수준 및 영향요인 분석 - 국민환경보건 기초조사(2009-2017) 결과 -

전혜리 · 홍수연 · 주영경 · 권영민 · 정선경 · 이철우 · 유승도 · 유지영[†]
국립환경과학원 환경건강연구부 환경보건연구과

Urinary Exposure Levels of Cotinine and Influence Factors among Non-smokers in Korean Adults - Korean National Environmental Health Survey (2009-2017) -

Hye Li Jeon, Sooyeon Hong, Youngkyung Joo, Young Min Kwon,
Sun Kyoung Jung, Chulwoo Lee, Seung Do Yu, and Jiyoung Yoo[†]

Environmental Health Research Department, National Institute of Environmental Research

ABSTRACT

Objectives: The aim of this study is to identify temporal trends in urinary cotinine levels and exposure factors among Non-smokers in Korean adults.

Methods: Biological samples and questionnaire data were collected from representative Korean adults recruited in the Korean National Environmental Health Survey from 2009 to 2017. Multiple regression analysis was performed to determine the factors affecting urinary cotinine concentrations of non-smokers.

Results: The urinary cotinine levels of Korean non-smokers decreased in Cycle 2 (1.04 µg/L, 2012-2014) compared to Cycle 1 (1.93 µg/L, 2009-2011) but increased slightly in Cycle 3 (1.37 µg/L, 2015-2017). Among the diverse variables, the main factors of cotinine exposure were secondhand smoke exposure and the presence of smokers in the family.

Conclusions: The results of this study identified temporal trends in cotinine exposure among non-smokers in the Korean adult population. These findings will be used to develop further assessment and environmental health policies on secondhand smoke exposure.

Key words: Cotinine, secondhand smoke, non-smoker, KoNEHS

I. 서 론

니코틴은 담배(식물)에 자연적으로 존재하며 켈런, 엽켈런, 파이프 담배 등을 통해 노출 될 수 있다.¹⁾ 담배연기는 4,000여개 이상의 화학물질을 함유하고 있으며 암을 유발하는 70가지가 넘는 화학물질이 포함되어 있다고 알려져 있다.²⁾ 담배에는 중독성이 강

한 정신 활성 약물인 니코틴이 포함되어 있으며, 니코틴은 신체적, 심리적 의존성을 유발한다.³⁾

현재 인구집단에서 발생하는 암 중 30-40%는 담배로 인해 발생하며, 특히 폐암의 경우 83%가 흡연에 의한 것으로 밝혀져 있다.^{4,5)} 특히 흡연문제는 흡연자 자신에게만 국한되지 않아서 수동적으로 노출되는 간접흡연에 따른 위해성을 고려해야 한다.⁶⁾ 담

[†]**Corresponding author:** Environmental Health Research Department, National Institute of Environmental Research, Hwankyong-ro 42, Seo-gu, Incheon, 22689, Republic of Korea, Tel: +82-32-560-7129, Fax: +82-32-568-2035, E-mail: yjy0216@korea.kr

Received: 1 April 2020, Revised: 16 April 2020, Accepted: 16 April 2020

배연기의 2/3는 피우는 사람의 폐 속으로 들어가지 않고 공기 중으로 퍼지는데 이를 환경흡연(Environmental tobacco smoke, ETS)이라 한다.⁷⁾ 간접흡연(Secondhand smoke, SHS)은 직접흡연 보다 폐암 발병률이 높다는 연구결과가 있으며,⁸⁾ 심장 질환, 뇌졸중, 저체중아와 관련이 있다.⁹⁾ 간접흡연 노출이 건강에 악영향을 미친다는 많은 연구들을 근거로 여러 국가에서는 공공장소 및 실내에서의 금연 규정을 시행하여 간접흡연 노출을 줄이고 있다.^{10,11)} 국내에서는 1995년 국민건강증진법 제정에 따라 금연구역 설정 등 흡연을 규제하면서 본격적인 금연정책이 추진되었다. 2006년부터 실내 금연구역을 확대하고, 2015년 1월부터는 면적에 관계없이 일반 음식점 등 모든 업소에서 전면 금연구역으로 지정되어 실내 흡연은 할 수 없다.¹²⁾ 하지만 금연구역 확대가 추진된 이후 비흡연자에서 간접흡연의 지표인 요중 코티닌 농도 연구는 부족한 실정이다.

코티닌은 니코틴의 주요 대사 산물로 코티닌을 측정하는 것은 환경담배연기에 노출된 흡연자와 비흡연자 모두에게 니코틴의 노출을 확인하는 방법이며,¹³⁾ 비흡연자와 현재 흡연자를 구별하기에 좋은 바이오마커로 간주된다.¹⁴⁾

환경부는 환경보건법 제14조에 따라 2009년부터 3년 주기로 생체 내 환경유해물질의 농도와 영향요인을 파악하고 대략값을 산출하는 국민환경보건 기초조사를 진행하고 있다.¹⁵⁾ 코티닌은 1기부터 현재 4기까지 모니터링 항목으로 유지되어 조사하고 있다. 본 연구는 우리나라 국민을 대표할 수 있는 1-3기(2009-2017년) 국민환경보건 기초조사 자료를 활용하여 성인 중 비흡연자의 요중 코티닌 노출수준 및 설문자료와의 분석을 통해 영향 요인을 파악하고 경시적 변화를 확인함으로써 간접흡연 노출에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구대상

국민환경보건 기초조사는 우리나라 국민을 대표할 수 있는 바이오모니터링 프로그램이다. 표본설계는 인구주택총조사 자료를 기본 추출틀로 사용하였으며, 행정구역과 해안층으로 1차 층화하였고, 사회·경제적 수준에 따라 2차 층화를 하였다. 추가적으로

중금속 측정망 설치지역을 고려하여 표본 조사구를 선정하였으며, 지역별 배분은 인구제공근비례 방식을 적용하였다.

만 19세 이상 성인을 대상으로 1기(2009-2011) 6,311명, 2기(2012-2014) 6,478명, 3기(2015-2017) 3,787명을 조사 완료하였다. 참여자에게 일대일 면접조사를 통한 설문조사를 실시하였고, 교통 및 이동수단, 실내환경, 인구학적·사회경제적 특성, 식습관, 생활습관 등 환경유해물질과 관련이 있는 문항에 대한 정보를 수집하였다.

본 연구는 국립환경과학원 생명윤리위원회(IRB) 검토 및 승인을 받았으며(NIER-2015-BR-006-01), 사전 동의를 받은 대상자에 한하여 조사를 수행하였다.

2. 생체시료 분석

요중 코티닌의 생체시료 채취 및 분석은 국립환경과학원에서 발간한 국민환경보건 기초조사 분석매뉴얼과 생체시료 관리 지침서에 따라 수행하였다.^{16,17)} 소변시료 채취는 대상자들에게 채뇨법을 숙지시킨 후 일시뇨를 채취하였으며, 채취된 시료는 안정성 확보를 위하여 이송 시 온도데이터 로거를 장착하여 일정 온도가 유지되는지 확인하였다. 분석 전까지 -20°C에서 동결 보관하였고, 이후 분석기관에서 일괄 분석하였다. 내부표준용액 250 µL, 0.1 M 수산화나트륨 용액 50 µL와 클로로포름 0.5 mL을 첨가한 다음 원심 분리하여 상층을 제거하였다. 상층이 제거된 용액에 황산나트륨 0.2 g을 넣어 잔여수분을 제거하고 3 µL를 기체크로마토그래피 질량분석기(GC-MS)로 분석을 진행하였다. 방법검출한계(MDL)는 분석한 결과의 표준편차×3.14에 해당하는 값을 사용하였으며, 요 중 코티닌의 방법검출한계는 0.3 µg/L 였다. 검출율은 1기 93.9%, 2기 89.6%, 3기 93.3%로 나타났다.

생체시료 분석결과에 대한 신뢰성을 확보하기 위해 연 2회 이상 국내외 정도관리 프로그램(독일 GEQUAS, 국립환경과학원 숙련도 평가 등)에 참여하였으며, 주기적으로 내부정도관리를 실시하였다.

3. 통계분석

통계분석은 층화변수, 집합변수, 가중치 등의 복합표본 설계를 반영한 SAS 분석법(PROC SURVEYFREQ, PROC SURVEYMEANS, PROC SURVEYREG)을

사용하였다. 대상자의 코티닌 농도 분포가 한쪽으로 치우친 분포를 보여 로그변환 후 분석을 진행하였으며, 검출한계 미만의 값은 검출한계의 $1/\sqrt{2}$ 로 대체하였다.¹⁸⁾ 참여 대상자 중 설문에 현재 흡연을 하는 경우와 요중 코티닌 농도가 흡연자 감별의 기준값 (cut off point) 보다 높은 경우, 통계 분석에서 제외하였다. 설문에서 흡연 여부 타당도 검증을 위해 여러 연구에서 흡연자 감별 기준값을 제시하고 있으며,^{19,20)} 본 연구에서는 국민환경보건 기초조사 결과로 수행한 선행연구에서 제시된 53 µg/L을 이용하였다.^{21,22)} 결과는 기하평균(GM), 95% 신뢰구간으로 나타내었으며, 통계적 유의수준은 $p<0.05$ 로 설정하였다. 요중 코티닌 농도와 설문조사 결과와의 차이를 알아보기 위해 t-test, ANOVA 분석을 진행하였으며, 영향요인과의 관련성 분석을 위하여 성, 연령, 주택형태, 소득수준, 교육수준, 음주횟수, 간접흡연 노출시간, 가족 중 흡연자 유무, 대중교통 사용을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다. 모든 자

료의 통계분석은 SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, US) 통계 프로그램을 사용하였다.

III. 연구 결과

1. 대상자의 일반적 특성

본 연구의 비흡연자는 1기 4,618명, 2기 5,049명, 3기 3,035명으로 전체 대상자 중 각각 73.2, 77.9, 80.1%로 나타났다. 기수별로 비교했을 때 비흡연자의 비율은 증가하는 경향을 나타내었다. 1-3기 모두 남성에 비해 여성에서 비흡연자의 비율이 높았으며, 40-59세의 비흡연자 비율이 가장 높게 나타났다. 2-3기에서는 60세 미만의 비흡연자 비율은 감소하는 경향을 나타내었지만, 60세 이상의 비흡연자 비율은 증가하는 경향을 나타내었다. 거주지역별로는 도시 지역은 비흡연자의 비율이 감소하는 경향을 나타내었으며, 읍면, 해안지역의 경우 비흡연자의 비율이 증가하는 경향을 나타내었다(Table 1).

Table 1. Characteristics of non-smokers in the Korean adult population

	Cycle 1		Cycle 2		Cycle 3	
	N	Weighted (%)	N	Weighted (%)	N	Weighted (%)
Total	4,618	100	5,049	100	3,035	100
Gender						
Male	1,556	33.7	1,643	32.5	1,055	34.8
Female	3,062	66.3	3,406	67.5	1,980	65.2
Age (years)						
19-39	1,277	36.0	1,111	34.5	620	34.2
40-59	2,076	40.0	2,068	40.5	1,137	38.4
≥60	1,265	24.0	1,870	25.0	1,278	27.4
Residential area						
Rural	3,644	78.9	3,948	78.2	2,126	70.0
Urban/Coastal	432	9.4	556	11.0	645	21.3
Heavy metal monitoring	542	11.7	545	10.8	264	8.7
Household income (US\$/month) ^a						
<2,600	1,573	34.1	1,829	36.2	1,191	39.2
2,600-6,500	2,262	49.0	2,195	43.2	1,364	44.9
≥6,500	783	17.0	1,025	20.3	467	15.4
Education levels						
≤Middle school	1,701	36.8	1,920	38.0	1,106	36.4
High school	1,374	29.8	1,425	28.2	877	28.9
≥College	1,543	33.4	1,704	33.7	1,052	34.7

^aCycle 3 Others n=13

Table 2. Urinary cotinine concentrations (µg/L) of non-smokers in the Korean adult population

	Cycle 1			Cycle 2			Cycle 3		
	N	GM	(95% CI)	N	GM	(95% CI)	N	GM	(95% CI)
Total	4,618	1.93	(1.76-2.12)	5,049	1.04	(0.96-1.12)	3,035	1.37	(1.27-1.49)
Gender									
Male	1,556	2.00	(1.80-2.23)	1,643	1.09	(1.00-1.20)	1,055	1.50	(1.35-1.66)
Female	3,062	1.90	(1.73-2.09)	3,406	1.01	(0.93-1.10)	1,980	1.30	(1.19-1.41)
Age (years)									
19-39	1,277	1.94	(1.71-2.20)	1,111	1.07	(0.96-1.19)**	620	1.43	(1.25-1.63)
40-59	2,076	1.95	(1.75-2.16)	2,068	1.08	(0.99-1.18)	1,137	1.39	(1.26-1.53)
≥60	1,265	1.90	(1.67-2.16)	1,870	0.94	(0.85-1.04)	1,278	1.28	(1.18-1.38)
House Type									
Detached house	1,603	2.09	(1.83-2.39)**	1,759	1.05	(0.93-1.19)**	1,108	1.52	(1.32-1.74)*
Row/Town house	935	2.14	(1.75-2.62)	863	1.13	(1.01-1.27)	507	1.40	(1.13-1.75)
Apartment	2,080	1.74	(1.52-1.99)	2,427	1.00	(0.90-1.13)	1,420	1.30	(1.17-1.44)
Household income (US\$/month) ^a									
<2,600	1,573	2.09	(1.85-2.34)**	1,829	1.08	(0.96-1.20)**	1,191	1.39	(1.26-1.54)
2,600-6,500	2,262	1.89	(1.69-2.11)	2,195	1.11	(1.01-1.21)	1,364	1.39	(1.24-1.55)
≥6,500	783	1.83	(1.54-2.16)	1,025	0.90	(0.78-1.03)	467	1.31	(1.14-1.51)
Education levels									
≤Middle school	1,701	2.15	(1.93-2.39)**	1,920	1.05	(0.95-1.16)**	1,106	1.31	(1.20-1.43)
High school	1,374	2.02	(1.80-2.27)	1,425	1.15	(1.05-1.26)	877	1.42	(1.28-1.57)
≥College	1,543	1.73	(1.53-1.95)	1,704	0.97	(0.88-1.08)	1,052	1.38	(1.22-1.55)
Alcohol consumption ^b									
rarely and 1-2/month	916	1.84	(1.62-2.08)**	1,355	1.01	(0.90-1.12)**	1,476	1.35	(1.23-1.47)*
1-2/week	964	2.01	(1.78-2.28)	862	1.15	(1.03-1.29)	517	1.44	(1.25-1.64)
≥3/week	502	2.65	(2.34-3.00)	498	1.33	(1.16-1.52)	342	1.70	(1.45-2.00)
SHS exposure (times/week) ^c									
No	2,935	1.65	(1.50-1.82)**	4,035	0.92	(0.85-1.00)**	2,713	1.33	(1.23-1.44)**
1-2	579	1.89	(1.59-2.25)	413	1.24	(1.06-1.44)	158	1.54	(1.19-1.98)
3-6	406	2.37	(2.03-2.77)	266	1.62	(1.38-1.90)	109	1.57	(1.11-2.21)
Every day	694	3.31	(2.90-3.78)	335	2.44	(2.12-2.80)	55	2.48	(1.71-3.59)
Presence of smokers in the family ^d									
No	1,977	1.24	(1.12-1.38)	-			2,264	1.20	(1.11-1.30)**
Yes	1,061	2.36	(2.09-2.66)	-			771	1.94	(1.69-2.22)
Use of public transportation									
No	1,990	1.94	(1.76-2.15)	2,462	1.03	(0.95-1.12)	1,741	1.37	(1.26-1.49)
Yes	2,628	1.92	(1.73-2.14)	2,587	1.05	(0.96-1.15)	1,294	1.37	(1.23-1.52)

Abbreviations: SHS; Secondhand Smoke

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

^aCycle 3 Other n=13

^bFor effectively comparison, categorized alcohol consumption in Cycle 1, Cycle 1 Others n=2

^cCycle 1 Non-response n=4

^dCycle 1 (2009) No questionnaire data, Non-response n=6; Cycle 2 No questionnaire data

2. 요 중 코티닌 농출수준

1-3기 비흡연자의 요중 코티닌 농도는 Table 2에 나타내었다. 1기 1.93 µg/L, 2기 1.04 µg/L, 3기 1.37 µg/L로 1기에 비해 2기에 농도가 낮아졌으나 3기에

는 다시 증가하는 경향을 나타내었다. 성별에 따른 코티닌 농도는 남자(1기 2.00 µg/L, 2기 1.09 µg/L, 3기 1.50 µg/L)가 여자(1기 1.90 µg/L, 2기 1.01 µg/L, 3기 1.30 µg/L)보다 높게 나타났으나, 통계적으로

Table 3. Multiple regression analysis of urinary cotinine concentrations of non-smokers

	Cycle 1			Cycle 2			Cycle 3		
	β	(95% CI)	p-value	β	(95% CI)	p-value	β	(95% CI)	p-value
Gender									
Male	ref.								
Female	-0.084	(-0.174, 0.006)	0.068	-0.068	(-0.135, -0.001)	0.045	-0.234	(-0.346, -0.121)	<.0001
Age (years)									
19-39	ref.								
40-59	-0.116	(-0.241, 0.009)	0.069	-0.069	(-0.171, 0.033)	0.182	0.019	(-0.113, 0.150)	0.778
≥60	-0.209	(-0.403, -0.016)	0.034	-0.209	(-0.345, 0.073)	0.003	-0.029	(-0.189, 0.131)	0.721
House Type									
Detached house	ref.								
Row/Town house	0.032	(-0.169, 0.233)	0.755	0.132	(0.045, 0.219)	0.003	-0.104	(-0.332, 0.124)	0.371
Apartment	-0.121	(-0.312, 0.069)	0.210	0.027	(-0.045, 0.100)	0.462	-0.148	(-0.321, 0.024)	0.092
Household income (US\$/month)									
<2,600	ref.								
2,600-6,500	-0.056	(-0.183, 0.071)	0.385	-0.015	(-0.177, 0.147)	0.855	-0.108	(-0.292, 0.075)	0.244
≥6,500	-0.048	(-0.230, 0.135)	0.609	-0.160	(-0.355, 0.036)	0.110	-0.101	(-0.310, 0.108)	0.343
Education levels									
≤Middle school	ref.								
High school	-0.223	(-0.360, -0.086)	0.002	-0.062	(-0.146, 0.022)	0.148	0.071	(-0.060, 0.203)	0.286
≥College	-0.414	(-0.585, -0.242)	<.0001	-0.240	(-0.337, 0.142)	<.0001	0.028	(-0.138, 0.193)	0.742
Alcohol consumption									
rarely and 1-2/month	ref.								
1-2/week	0.091	(-0.039, 0.221)	0.167	0.082	(-0.011, 0.175)	0.085	0.046	(-0.096, 0.188)	0.521
≥3/week	0.336	(0.189, 0.483)	<.0001	0.170	(0.055, 0.286)	0.004	0.202	(0.050, 0.354)	0.010
SHS exposure (times/week)									
No	ref.								
1-2	0.132	(-0.021, 0.286)	0.091	0.240	(0.130, 0.350)	<.0001	0.045	(-0.178, 0.267)	0.692
3-6	0.369	(0.211, 0.527)	<.0001	0.488	(0.358, 0.617)	<.0001	0.024	(-0.299, 0.347)	0.883
Every day	0.655	(0.520, 0.789)	<.0001	0.949	(0.825, 1.073)	<.0001	0.377	(0.023, 0.731)	0.037
Presence of smokers in the family^a									
No	ref.								
Yes	0.577	(0.459, 0.697)	<.0001	-	-	-	0.510	(0.384, 0.636)	<.0001
Use of public transportation									
No	ref.								
Yes	0.011	(-0.085, 0.108)	0.817	0.027	(-0.033, 0.088)	0.377	-0.014	(-0.113, 0.085)	0.776

Abbreviations: SHS; Secondhand Smoke

^aCycle 2 No questionnaire data

유의하지는 않았다. 연령별로는 60세 이상에서 농도가 가장 낮게 나타났으며, 2기 결과에서 통계적으로 유의하게 나타났다($p<0.01$). 주택형태에 따른 노출수준은 1기와 2기에서는 연립 및 다세대 주택에 거주하는 경우 농도가 높게 나타났으며, 3기에서는 단독주택에 거주하는 경우에 농도가 높게 나타났다. 1-3기 모두 아파트에 거주하는 경우 농도가 가장 낮게 나타났으며, 통계적으로 유의하게 나타났다. 소득수준에 따른 농도는 소득수준이 높을수록 농도가 감소하는 경향을 나타내었으며, 1-2기에서 통계적으로 유의하게 나타났다($p<0.01$). 음주여부의 경우 주 3회 이상 음주를 하는 경우 가장 높은 농도를 나타내었으며, 음주 횟수가 증가할수록 농도가 유의하게 증가하였다. 간접흡연에 따른 노출수준은 간접흡연 노출 시간이 증가할수록 농도가 유의하게 증가하였으며($p<0.01$), 간접흡연 경험이 없는 사람보다 매일 간접흡연 경험을 하는 경우 약 2배 이상의 높은 농도를 나타내었다. 가족 중 흡연자가 있는 경우 농도가 높게 나타났으며, 3기 결과에서 통계적으로 유의하게 나타났다($p<0.01$).

3. 다중회귀분석

비흡연자의 코티닌 농도에 영향을 미치는 요인들을 알아보기 위해 다중회귀분석을 실시하였다(Table 3). 1기, 2기, 3기 공통적으로 유의한 영향을 주는 변수는 주 3회 이상 음주여부, 매일 간접흡연 노출, 가족 중 흡연자 유무였다. 성별로는 남성보다 여성에게서(2기 $\beta = -0.068$, $p<0.05$; 3기 $\beta = -0.234$, $p<0.01$), 연령별로는 60세 이상에게서 유의한 음의 상관성을 나타내었다(1기 $\beta = -0.209$, $p<0.05$; 2기 $\beta = -0.209$, $p<0.01$). 단독주택에 비해 아파트에 거주하는 경우에 음의 회귀 계수를 나타내었지만, 통계적으로 유의하지 않았다. 소득이 많을수록, 교육수준이 높을수록 음의 회귀 계수를 나타내었으며, 주 3회 이상 음주를 하는 경우 유의한 양의 상관성을 나타내었다(1기 $\beta = 0.336$, $p<0.01$; 2기 $\beta = 0.170$, $p<0.01$; 3기 $\beta = 0.202$, $p<0.01$). 간접흡연 노출 횟수가 증가할수록 유의한 양의 상관성을 보였으며, 가족 중 흡연자가 있는 경우에도 유의한 양의 상관성을 나타내었다(1기 $\beta = 0.577$, $p<0.01$; 3기 $\beta = 0.510$, $p<0.01$).

IV. 고찰

본 연구에서는 1-3기 국민환경보건 기초조사 중 비흡연자를 대상으로 한국 성인의 요중 코티닌 노출수준을 확인하고, 설문자료와의 분석을 통해 영향요인과 경시적 변화를 확인하였다.

비흡연자의 요중 코티닌을 분석한 결과 여성보다는 남성에게서 농도가 높게 나타났으며, 다른 연구 결과에서도 유사한 결과를 나타내었다.^{23,24)} 남성의 경우 여성에 비해 간접흡연에 더 빈번하고 집중적으로 노출되기 때문인 것으로 보여진다. 연령별로는 19-39세, 40-59세에 비해 60세 이상에서 농도가 낮게 나타났으며, 1, 2기의 경우 유의한 음의 상관성을 나타내었다($p<0.05$, $p<0.01$). 60세 이상의 연령은 60세 미만의 연령에 비해 경제활동참가율이 낮아 근무 환경이나 생활 환경의 차이로 인한 것으로 보여진다.²²⁾

주택형태에 따른 농도차이를 분석한 결과 아파트에 거주하는 경우에 비하여 단독주택이나 연립 및 다세대 주택에 거주하는 경우 농도가 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 연립 및 다세대 주택에 거주하는 경우에 함께 거주하는 가족 중 흡연자의 비율이 단독주택이나 아파트보다 다소 높은 것으로 나타났으며, 간접흡연에 노출되는 비율도 높은 것으로 나타났다. 다른 연구에서도 다세대 주택에 거주하는 경우 아파트에 거주하는 경우 보다 높은 농도를 나타내었는데, 다세대 주택의 경우 복도 등 공용 장소를 통해 간접흡연 노출이 증가할 수도 있다고 하였다.^{25,26)}

사회경제적 요인인 소득수준과 교육수준에 따른 결과 소득이 많을수록, 교육수준이 높을수록 코티닌 농도가 낮아지는 경향을 보이고 있으며, 1-2기의 경우 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p<0.01$). 회귀분석 결과에서도 대학교 이상의 교육수준에서 유의한 음의 상관성을 나타내었다(1기 $\beta = -0.414$, $p<0.01$; 2기 $\beta = -0.240$, $p<0.01$). 국내에서의 연구결과는 대부분 이와 비슷한 결과를 보였다. 국민건강영양조사 결과에서도 소득수준이 높은 경우보다 낮은 경우에 현재흡연을, 비흡연자의 간접흡연 노출률이 더 높게 나타났다.²⁷⁾ 사회경제적 요인은 코티닌

농도의 중요한 예측인자였으며,²⁸⁾ 사회경제적 위치가 낮을수록 간접흡연에 노출될 가능성이 최대 3배나 높게 나타났다.²⁹⁾ 교육수준이 낮고, 소득이 낮은 경우 환경담배연기에 노출될 가능성도 증가한 것으로 나타났다.³⁰⁾ 다른 국가들에서도 사회경제적 위치가 낮은 집단에 속하는 경우 흡연과 관련된 문제들이 더 많이 나타났다.³¹⁾

음주여부에 따른 분석 결과, 거의 마시지 않거나 월 1-2회 음주를 하는 경우 보다 주 3회 이상 음주를 하는 경우 코티닌 농도가 높게 나타났다. 2015년 이후 음식점 안에서의 흡연은 금지되어 있지만 실제로는 음식점 바로 앞 혹은 근처에서 흡연이 가능하여 그 연기가 음식점 내부로 유입되는 경우가 많다. 음주섭취 빈도가 높은 경우 음식점이나 술집 등의 이용 빈도가 높을 수 있어 간접흡연에 더 노출될 수 있으며, 음식점 등에서 근무한 사람의 요충 코티닌 농도가 다른 직업 종사자들보다 높게 나타났다.³²⁾

간접흡연 노출시간과 가족 중 흡연자 유무는 요충 코티닌 농도의 중요한 영향요인으로 나타났다. 1기, 2기, 3기 모두 간접흡연 노출시간이 증가할수록 농도가 증가하는 경향을 나타내었으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.01$). 회귀분석 결과에서도 간접흡연에 전혀 노출되지 않는 경우보다 간접흡연 노출시간이 증가할수록, 특히 매일 간접흡연에 노출되는 경우 유의한 양의 상관성을 나타내었다. 가족 중 흡연자가 있는 경우 1기에서는 약 1.9배 높은 농도를 나타내었으며, 유의한 양의 상관성을 나타내었다($p < 0.01$). 선행 연구에서도 유사한 결과를 나타내었으며,³³⁾ 가족 중 부모 흡연은 자녀의 코티닌 농도를 증가시키는 요인으로 나타났다.^{34,35)}

1기($1.93 \mu\text{g/L}$)에 비해 2기($1.04 \mu\text{g/L}$)에서는 코티닌 농도가 감소하였으나, 3기($1.37 \mu\text{g/L}$)에서 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 비흡연자 중 과거 흡연자의 비율이 1기 21.1%, 2기 18.9%, 3기 23.4%로 나타났는데 2015년 담뱃값 인상 이후 성인 남성의 흡연률이 감소하면서 비흡연자 중 과거흡연자의 비율이 증가하게 된 것으로 보여진다.²⁷⁾ 과거 흡연자의 경우(1기 $2.17 \mu\text{g/L}$, 2기 $1.19 \mu\text{g/L}$, 3기 $1.61 \mu\text{g/L}$) 전혀 흡연경험이 없는 비흡연자(1기 $1.87 \mu\text{g/L}$, 2기 $1.01 \mu\text{g/L}$, 3기 $1.31 \mu\text{g/L}$)에 비해 농도가 높게 나타났다. 과거 흡연자의 흡연 경험 여부가 농도에 영향을 미친 것으로 추정되나 코티닌의 반감기를 고

려하여 최근 노출을 반영할 수 있는 추가 분석이 필요하다고 사료된다.

미국의 경우 2010년 이후 전자담배의 사용이 상당히 증가하였는데,³⁶⁾ 일부 연구에서 전자담배는 일반담배보다 니코틴 섭취를 감소시키고, 중독성이 덜한 것으로 보고되어 금연에 잠재적으로 도움이 된다고 하였다. 또한 전자담배는 담배 연소로 발생하는 연기를 발생시키지 않아 일반담배보다 안전하다고 보고되었다.^{37,38)} 우리나라에서도 전자담배 사용률은 2013년 이후 꾸준히 증가하고 있으며, 2014년보다 2015년도에 약 1.7배 정도 상승하였다.²⁷⁾ 2014년 하반기 담배 가격의 인상 발표 이후 전자담배 수입이 급증한 반면, 일반담배는 감소하였다. 담배값 인상과 금연구역 확대 등 정부의 금연정책 강화에 따라 금연에 효과가 있다고 알려진 전자담배를 찾는 사람이 증가했을 것으로 보여진다.³⁹⁾ 일반적으로 전자담배의 증기는 무해하다는 인식으로 인해 실내에서 전자담배를 피는 경우가 많으며, 가정 내 간접흡연율이 높을수록 전자담배 사용률이 높았다.^{40,41)} 그러나 전자담배와 관련된 건강영향에 대한 데이터가 충분하지 않아 전자담배 사용이나 노출의 잠재적인 위험에 대한 경고를 하고 있으며,²⁾ 전자담배 또한 니코틴에 대한 간접노출이 가능할 수 있다.⁴²⁾ 3기 비흡연자의 코티닌 농도가 2기 보다 다소 증가한 것은 2015년 이후 급증한 전자담배의 간접흡연 노출도 영향이 있을 것으로 추정되나 3기부터 전자담배 설문문항이 추가되었으며, 2기에는 가족 중 흡연자 유무에 대한 설문문항이 없어 정확한 요인을 파악하기에는 한계가 있었다.

성인을 대상으로 한 국가단위 바이오모니터링 조사 가운데 독일 GerES III에서 비흡연자의 요충 코티닌 농도는 $3.2 \mu\text{g/L}$ 였다.⁴³⁾ 본 연구결과에 비해 높은 농도를 나타내었지만, 1997-1999년 결과로 비교하기에는 다소 제한점이 있다. 캐나다(CHMS, Cycle 1, 2)의 경우 검출한계 미만의 비율($\% < \text{LOD}$)이 80% 이상으로 나타나 농도값은 확인할 수 없었다.^{44,45)} 국외 바이오모니터링 연구에서 요충 코티닌 농도에 대한 최근 자료는 거의 없다.

본 연구는 우리나라 국민을 대표하는 자료를 이용하여 비흡연자의 요충 코티닌 농도 및 영향요인을 분석한 연구로서 추후 간접흡연 노출에 대한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다. 하지만 단면연구로서

인과적 관계를 설명하기에는 어려움이 있으며, 1-3기의 설문조사 항목 및 항목별 범주가 각 조사기수별로 상이하여 노출요인을 비교하고 파악하는데 제한적이었다. 비흡연자의 간접흡연 노출은 요증 코티닌 농도에 중요한 요인이므로 직장이나 가정에서의 간접흡연 노출이나 거주지역 등 다양한 영향요인 및 코티닌 노출수준에 영향을 미칠 수 있는 잠재적 변수에 따른 추가적인 분석이 필요하다. 하루 간접흡연 시간, 실내외 장소별 간접흡연 시간, 전자담배 사용 등에 대한 설문문항의 추가 및 보완이 진행된다면 흡연으로 인한 노출경로를 파악하는데 유용할 것이다. 또한 국민환경보건 기초조사의 통합DB 및 통합가중치를 산출한다면 보다 정확하고 다양한 영향요인에 대한 분석이 가능할 것으로 기대된다.

V. 결 론

본 연구에서는 한국에서 진행된 국가단위 바이오모니터링 프로그램인 국민환경보건 기초조사 결과(2009-2017년)를 이용하여 성인 비흡연자의 요증 코티닌 농도와 설문결과와의 분석을 통한 노출요인 및 경시적 변화를 파악하였다. 1기에 비해 2기에서는 코티닌 농도가 감소하였으나, 3기에서 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 주택형태, 소득수준, 교육수준, 음주횟수, 간접흡연 노출시간과 가족 중 흡연자 유무는 비흡연자의 요증 코티닌 농도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 지속적인 바이오모니터링을 통한 노출 경향 및 농도 수준의 파악은 간접흡연으로 인한 노출저감 정책 방향 설정을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 논문은 환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행하였습니다. 제1기 국민환경보건기초조사, 제2기 국민환경보건기초조사(2014-01-01-074), 제3기 국민환경보건 기초조사(NIER-2017-01-01-001).

References

1. Benowitz NL, Jacob P. Metabolism of nicotine to

cotinine studied by a dual stable isotope method. *Clinical Pharmacology and Therapeutics*. 1994; 56(5): 483-493.

2. World Health Organization. Electronic nicotine delivery systems. 2014, 2015. p. 1-13.

3. Nichter M, Cartwright E. Saving the Children for the Tobacco Industry. *Medical Anthropology Quarterly*. 1991; 5(3): 236-256.

4. Peto R, Lopez AD, Boreham J, Thun M, Heath C, Doll R. Mortality from smoking worldwide. *British Medical Bulletin*. 1996; 52(1): 12-21.

5. International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Human. Tobacco smoke and involuntary smoking. 2004; 83: 1-1438.

6. Oh HY, Paek YJ. The Biomarkers of Active and Passive Smoke Exposure. *Journal of the Korean Society for Research on Nicotine and Tobacco*. 2011; 2(2): 79-88.

7. Al-Delaimy W. Hair as a biomarker for exposure to tobacco smoke. *Tob Control*. 2002; 11(3): 176-182.

8. World Health Organization. WHO Framework Convention on Tobacco Control updated reprint 2004, 2005 [Accessed 12 March 2020].

9. U.S. Department of Health and Human Services. The Health Consequences of Smoking-50 Years of Progress: A Report of the Surgeon General. U.S. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/n/surgsmoke50/pdf> [Accessed 15 March 2020].

10. Kim JH, Kwon HJ, Lee KY, Lee DH, Paek YJ, Kim SS, et al. Air Quality, Biomarker levels, and health effects on staff in Korean restaurants and pubs before and after a Smoking Ban. *Nicotine&Tobacco Research*. 2015; 17(11): 1337-1346.

11. Farrelly MC, Nonnemaker JM, Chou R, Hyland A, Peterson KK, Bauer UE. Changes in hospitality workers exposure to secondhand smoke following the implementation of New York's smoke-free law. *Top Control*. 2005; 14: 236-241.

12. Ministry of Health and Welfare. Law for the promotion of nation's health enforcement. Available: <http://www.law.go.kr/lsSc.do?lsiSeq=149119#searchId1> [Accessed 20 March 2020].

13. Centers for Disease Control and Prevention. Fact-sheet. Available: https://www.cdc.gov/biomonitoring/Cotinine_FactSheet.html [Accessed 23 February 2020].

14. Goniewicz ML, Eisner MD, Lazcano-Ponce E, Zielinska-Danch W, Koszowski B, Sobczak A, et al. Comparison of Urine Cotinine and the Tobacco-Specific Nitrosamine Metabolite 4-(Methylnitrosa-

- mino)-1-(3-Pyridyl)-1Butanol (NNAL) and Their Ratio to Discriminate Active From Passive Smoking. *Nicotine&Tobacco Research*. 2011; 13(3): 202-208.
15. Korean Ministry of Environment. News release. Available: <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?menuId=286&boardMasterId=1&boardCategoryId=39&boardId=894730> [Accessed 29 January 2020].
 16. Yoo JY, Kim SY, Kwon YM, Jung SK, Lee CW, Yu SD. Manual for Laboratory Procedures on The Third Stage Korean National Environmental Health Survey (Organic compounds), 3rd ed. Incheon: National Institute of Environmental Research; 2018. p. 19-31.
 17. Yoo JY, Kim SY, Hong SY, Lee CH. Biological Sample Management Guidelines on The Third Stage Korean National Environmental Health Survey, 3rd ed. Incheon: National Institute of Environmental Research; 2019. p. 11-44.
 18. United States Environmental Protection Agency. Available: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NERL&dirEntryId=64046 [Accessed 08 January 2020].
 19. Caraballo RS, Giovino GA, Pechacek TF, Mowery PD. Factors associated with discrepancies between self-reports on cigarette smoking and measured serum cotinine levels among persons aged 17 years or older: Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *American Journal of Epidemiology*. 2001; 153(8): 807-814.
 20. Wong SL, Shields M, Leatherdale S, Malaison E, Hammond D. Assessment of validity of self-reported smoking status. *Health Reports*. 2012; 23(1): 47-53.
 21. Choi WH, Park KH, Kim HJ, Ryu JM, Yu SD, Choi KH, Kim SJ. Validity Assessment of Self-reported Smoking Status : Results from the Korean National Environmental Health Survey(KoNEHS) 2009-2011. *Journal of Environmental Health Sciences*. 2014; 40(6): 495-501.
 22. Park JH, Lee CK, Kim KH, Son BC, Kim JH, Suh CH, et al. Decrease in the urine cotinine concentrations of Korean non-smokers between 2009 and 2011 following implementation of stricter smoking regulations. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2016; 219: 123-128.
 23. Jung SM, Lee IS, Kim SB, Moon CS, Jung JY, Kang YA, et al. Urine Cotinine for Assessing Tobacco Smoke Exposure in Korean: Analysis of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey(KNHANES). *The Korean Academy of Tuberculosis and Respiratory Diseases*. 2012; 73(4): 210-218.
 24. Levine H, Berman T, Goldsmith R, Göen T, Spungen J, Novack L, et al. Exposure to tobacco smoke based on urinary cotinine levels among israeli smoking and nonsmoking adult: a creoss-sectional analysis of the first Israeli human biomonitoring study. *BMC Public Health*. 2013; 13: 1241.
 25. Moon SY, Kim TW, Kim YJ, Kim YK, Kim SY, Kang DM. Public Facility Utility and Third-Hand Smoking exposure without first and second-hand smoking according to urinary cotinine level. *Environmental Research and Public Health*. 2019; 16: 855.
 26. King BA, Travers MJ, Cummings KM, Mahoney MC, Hyland AJ. Secondhand Smoke Transfer in Multiunit Housing. *Nicotine & Tobacco Research*. 2010; 12(11): 1133-1141.
 27. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Health statistics 2018: Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Available: https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/sub04/sub04_04.do [Accessed 2 March 2020].
 28. Berman T, Barnett-Itzhaki Z, Axelrod R, Keinan-Boker L, Shimony T, Goldsmith R, et al. Socioeconomic inequalities in exposure to environmental tobacco smoke in children in Israel. *Environment International*. 2018; 121: 643-648.
 29. Orton S, Jones L, Cooper S, Lewis S, Coleman T. Predictors of Children's Secondhand Smoke Exposure at home: A Systematic Review and Narrative Synthesis of the Evidence. *PLOS ONE*. 2014; 9(11).
 30. Chen X, Stanton B, Hopper J, Khankari N. Sources, Locations, and Predictors of Environmental Tobacco Smoke Exposure Among Young Children From Inner-city Families. *Journal of Pediatric Health Care*. 2011; 25(6): 365-372.
 31. Mackenbach JP, Stirbu I, Roskam AJ, Schaap MM, Menvielle G, Leinsalu M, et al. Socioeconomic inequalities in health in 22 European countries. *The New England Journal of Medicine*. 2008; 358(2): 2468-2481.
 32. Kim JH, Lee KY. Changes in urinary cotinine concentrations in non-smoking adults from the Korean National Environmental Health Survey (KoNEHS) II (2012-2014) after implementation of partial smoke-free regulations. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2020; 224: 113419.
 33. Matsumoto A, Matsumoto A, Ichiba M, Payton

- NM, Oishi H, Hara M. Simultaneous measurement of urinary total nicotine and cotinine as biomarkers of active and passive smoking among Japanese individuals. *Environmental Health and Preventive Medicine*. 2013; 18: 244-250.
34. Minatoya M, Araki A, Miyashita C, Ikeno T, Kobayashi S, Kishi R. Environmental tobacco smoke exposure among children at 7 years of age in Japan: Associated factors and urinary cotinine levels. *Environmental Health Perspectives*. 2018; 28(1).
 35. Aurrekoetxea JJ, Murcia M, Rebagliato M, Guxens M, Fernández-Somoano A, López MJ, et al. Second-hand smoke exposure in 4-year-old children in Spain: Sources, associated factors and urinary cotinine. *Environmental Research*. 2016; 145: 116-125.
 36. King BA, Alam S, Promoff G, Arrazola R, Dube SR. Awareness and Ever-Use of Electronic Cigarettes Among U.S. Adults, 2010-2011. *Nicotine & Tobacco Research*. 2013; 15(9): 1623-1627.
 37. Marsot A, Simon N. Nicotine and Cotinine Levels With electronic cigarette: A Review. *International Journal of Toxicology*. 2016; 35(2): 179-185.
 38. Rom O, Pecorelli A, Valacchi G, Reznick AZ. Are E-cigarettes a safe and good alternative to cigarette smoking?. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2015; 1340: 65-74.
 39. Park EC, Bae SH, Lee MS. Factors associated with Electronic Cigarettes Use in Korean Adults. *Journal of the Korea Academia-Industrial*. 2019; 20(8): 47-55.
 40. Wi SJ, Park DM, Kim HJ, Park MJ, Hong HC. The Relationship between Attitude and Coping Skills toward Secondhand E-cigarette Smoking among Nonsmoking College Students. *Journal of Korean Biological Nursing Science*. 2019; 21(2): 114-122.
 41. Park MH, Song HY. Comparison of the Factors for attempts to quit smoking by Adolescent using Tobacco Cigarettes only and those Adolescents using Tobacco Cigarettes together with Electronic Cigarettes. *Journal of Korean Public Health Nursing*. 2019; 12: 340-353.
 42. Goniewicz ML, Lee L. Electronic cigarettes are a source of thirdhand exposure to nicotine. *Nicotine & Tobacco Research*. 2014; 17(2): 256-258.
 43. Heinrich J, Hölscher B, Seiwert M, Carty CL, Merkel G, Schulz C. Nicotine and cotinine in adults' urine The German Environmental Survey 1998. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 2005; 15: 74-80.
 44. Health Canada. Results on Human Biomonitoring of Environmental Chemicals in Canada. Available: <http://www.canada.ca/biomonitoring> [Accessed 20 March 2020].
 45. Health Canada. Second Results on Human Biomonitoring of Environmental Chemicals in Canada. Available: <http://www.canada.ca/biomonitoring> [Accessed 20 March 2020].

<저자정보>

전혜리(전문위원), 홍수연(전문위원), 주영경(전문위원), 권영민(전문위원), 정선경(조사연구원), 이철우(과장), 유승도(부장), 유지영(연구관)