

# 자가응답과 코티닌 측정에 의한 간접흡연 노출률 비교: 생체지표 활용의 정책적 필요성

박명배<sup>1</sup> · 심보람<sup>2</sup>

<sup>1</sup>배재대학교 실버보건학과, <sup>2</sup>건강보험심사평가원 심사평가연구소

## Differences in Environmental Tobacco Smoke Exposure between Self-reporting and Cotinine Test: The Application of Biomarkers

Myung-Bae Park<sup>1</sup>, Boram Sim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Gerontology Health and Welfare, Pai Chai University, Daejeon; <sup>2</sup>Review and Assessment Research Division, Health Insurance Review & Assessment Service, Wonju, Korea

**Background:** In monitoring exposure to environmental smoke (ETS), biomarkers can overcome the subjectivity and inaccuracy of self-reporting measurements, and have the advantage of reflecting ETS exposure in all places. This study aims to evaluate the effectiveness of ETS exposure measurement using biomarkers such as urine cotinine.

**Methods:** This study used the Korea National Health and Nutrition Survey data from 2009 to 2018. A total of 28,574 non-smokers with urine cotinine data were selected for the study. The cotinine concentration and ETS exposure rate using urine cotinine was estimated and then compared with the self-reporting measurements. The degree of agreement among measurements of ETS exposure was confirmed.

**Results:** As a result of measuring ETS exposure with urine cotinine, 23,594 (83.8%) out of 28,574 subjects were classified as to exposure groups. This estimate differs significantly from measurements made by self-reporting. In addition, the average concentration of cotinine in non-smokers has decreased to a 10th level over the past 10 years. Based on the biomarker, the sensitivity of the self-reporting was 8.5%–29.0%, the specificity was 16.4%–19.5%, and the kappa value was 2.0%–5.8%.

**Conclusion:** The findings of our study show that self-reporting measurement does not well reflect the extent to which non-smoker's exposure to smoking materials. Whereas cotinine concentration has decreased significantly over the past 10 years, the ETS exposure rate has not reduced. It strongly suggests the need for intervention in the group of non-smokers exposed to low concentrations of smoke. Therefore, an assessment using biomarkers such as cotinine-based measurement should be made in the Health Plan 2030.

**Keywords:** Environmental smoke; Self-reporting; Cotinine; Biomarker; Health Plan

### 서 론

간접흡연(environmental smoke)이란 일반적으로 비흡연자가 들 이마시는 담배연기를 말하며, 흡연자가 담배를 피운 후 입으로 담배 연기를 내뿜는 주류연(main stream)과 담배 자체가 연소되면서 나오

는 부류연(side stream)으로 구분할 수 있다[1]. 이러한 간접흡연에는 약 7,000여 개의 화학물질로 구성되며, 이 성분들 중에는 수백 개의 유 독성분과 70여 개의 발암물질이 있는 것으로 알려져 있다[2]. 간접흡 연에의 노출은 뇌졸중, 폐암, 관상동맥심질환과 같은 여러 건강문제 의 위험요인이 될 수 있다. 특히 간접흡연 노출은 아동과 임산부의 건

Correspondence to: Boram Sim  
Review and Assessment Research Division, Health Insurance Review & Assessment Service, 60 Hyeoksins-ro, Wonju 26465, Korea  
Tel: +82-33-739-0981, E-mail: simbr12@hira.or.kr  
Received: August 21, 2020, Revised: October 05, 2020, Accepted after revision: October 20, 2020

© Korean Academy of Health Policy and Management  
This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

강에 심각한 위해를 입힌다. 간접흡연에 노출된 아동은 중증 천식이 나 호흡기감염, 중이염, 그리고 신생아돌연사망증후군(sudden infant death syndrome)에 이를 수 있다[3].

문제는 간접흡연이 가정, 직장, 대중교통, 바 등 일상적으로 접근 가능한 모든 환경에서 쉽게 발생한다는 점이다[1]. 세계보건기구(World Health Organization)는 전 세계 아동의 40%, 그리고 성인 비흡연자 남성과 여성의 33%, 35%가 간접흡연에 노출되고 있는 것으로 발표했다[3]. 결과적으로 매년 60만 명의 비흡연자가 간접흡연으로 인해 사망하는 것으로 추정되고 있다. 이는 전 세계 질병부담의 1%, 그리고 흡연으로 야기되는 질병부담의 10%-15%에 해당하는 수치이며, 보건의료비 같은 직접비용 외에도 생산성 저하와 같은 간접비용 등 사회적 비용 지출 증가의 원인이 되기도 한다[4].

이에 간접흡연 노출률은 대표적인 국제적인 건강행태 관련 지표 중의 하나이다. 조사방법의 체계로 인하여 대부분 국가에서는 건강설문조사를 통한 자가응답을 통해 간접흡연율을 모니터링하고 있다. 하지만 미국의 경우 Centers for Disease Control and Prevention에서 “National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES)”를 통해 수집한 혈액 코티닌(serum cotinine)으로 간접흡연 노출률을 모니터링하고 있다. 코티닌은 직접흡연은 물론 간접흡연을 측정하는 가장 대표적인 생화학물질이다[5]. 인체 내에서 실험분석학적으로 코티닌이 일정 수준 이상 검출된다면 간접흡연 노출자로 분류할 수 있다. 미국의 경우 코티닌을 통한 간접흡연 노출률은 1988년 87.5%에서 2014년 25.2%로 크게 감소하였으나, 여전히 4명 중 1명은 간접흡연에 노출되고 있는 상황이다[6]. 영국의 경우 National Health Survey에서 매년 발표하는 “Health Survey for England”에서 자가응답과 타액 내 코티닌(saliva cotinine)을 활용하여 간접흡연 노출률을 모니터링한다. 2017년 기준 영국 16세 이상 비흡연자에서 자가응답에 의한 간접흡연 노출률은 26%, 코티닌을 이용한 노출률은 24% 수준이었다[7].

이와 같은 생화학지표를 통한 모니터링 결과는 간접흡연으로 인한 인체 내 영향과 그로 인한 질병부담을 측정하고, 흡연통제프로그램의 효과를 평가하는 데 유용하게 활용된다[8]. 단, 이러한 목적에 모니터링 결과를 활용하기 위해서는 간접흡연 노출을 정확히 측정 가능한 측정방법이 전제되어야 한다. 현재 가장 널리 사용되는 방법은 간접흡연 노출 경험에 대해 자가응답으로 조사하는 방법이다. 그러나 자가응답식 측정방법에서는 개인의 주관성이나 방법론적인 부정확성의 한계가 지적된다[9,10]. 이에 앞선 미국과 영국의 사례에서는 혈액, 타액 내 코티닌을 측정하는 생체지표도 함께 활용하고 있다. 생체지표는 체내에 축적된 니코틴과 독성물질의 생물학적 활성용량을 계량적으로 측정하는 방법이다[9]. 생체지표는 자가응답에 의한 주관성

및 부정확성을 극복할 수 있으며, 모든 장소에서의 간접흡연 노출을 반영할 수 있다. 또한 2차 흡연뿐만 아니라 3차 흡연까지 포괄적으로 측정할 수 있는 장점이 있다. 3차 흡연이란 흡연으로 인해 발생된 담배 연기 및 미세입자와 같은 담배부산물에 흡연자의 피부, 머리카락, 옷 또는 벽, 커튼, 소파 등의 생활공간에 잔존하며 흡연물질에 노출되는 것을 말한다. 이러한 이유로 생체지표로 측정할 추정치는 자가응답조사로 측정할 추정치보다 일반적으로 높게 나타난다[11,12].

우리나라는 “국민건강영양조사”에서 자가응답을 통해 간접흡연을 측정하며, 소변 내 코티닌도 측정하고 있다. 그러나 공식적으로 간접흡연 노출률을 발표하거나 건강증진종합계획을 수립할 때에는 자가응답에 의한 결과만 활용된다[13,14]. 자가응답 추정치 기준, 비흡연자 성인의 직장 실내 간접흡연 노출률은 2009년 45.8%에서 2018년 11.9%로 감소하였고, 가정 실내 노출률은 2009년 14.9%에서 2018년 4.7%로 감소하였으며, 공공장소 실내 노출률은 2013년 58.0%에서 2018년 16.9%로 현저히 감소하는 성과를 보였다[15]. 그러나 여러 연구에서 자가응답식 조사와 생체지표 측정 간의 간접흡연 노출의 차이를 밝혀온 만큼, 건강증진종합계획과 같은 국가전략 수립 시에는 자료의 신뢰성을 보강할 방안이 마련되어야 한다. 이에 우리의 연구에서는 생체지표 중 소변 내 코티닌을 이용한 간접흡연 측정의 효용성을 평가하고자 한다.

이를 위한 구체적인 목적은 다음과 같다. 첫째, 비흡연자의 연도별 체내 코티닌 농도를 측정하며, 코티닌과 자가응답에 의한 간접흡연 노출률을 산출한다. 둘째, 코티닌과 자가응답에 의한 간접흡연 노출률에 대한 일치성을 확인하기 위해 코티닌 기반 추정치를 기준으로 하여 자가응답(직장 실내, 가정 실내, 공공장소 실내)에 의한 간접흡연 노출률과의 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 카파(kappa) 값을 측정한다.

## 방 법

### 1. 연구대상 및 자료

본 연구는 2009-2018년도의 국민건강영양조사 자료를 이용하였다. 국민건강영양조사는 질병관리본부에 의해 매년 수행되며, 국가의 대표성을 반영하기 위해 연령, 성별, 지역별로 층화하여 매년 4,000여 가구를 선정하여 약 10,000명 정도를 조사한다[15]. 이 조사는 가구 조사와 개인의 건강행태 수준을 조사하는 건강설문조사, 폐·구강질환을 포함하여 소변·혈액의 검체 분석을 위한 검진조사, 식품 및 영양소섭취현황, 식생활행태 등을 조사하는 영양조사로 구성된다. 조

사항목은 대상자의 생애주기별 특성에 따라 적용된다. 소변 내 코티닌은 2008년부터 조사하기 시작하였으며, 2012, 2013년도에는 조사가 중단되었다가 2014년부터 재개되었다. 따라서 본 연구는 2009-2018년의 국민건강영양조사 참여자 83,284명 중 코티닌 조사가 중단되었던 2012년과 2013년의 대상자(16,075명)와 소변 내 코티닌 측정치가 결측인 대상자(25,332명), 그리고 궤련형 담배 및 전자담배 흡연자(13,302명)를 제외한 총 28,574명의 자료를 사용하였다.

연구에 사용된 모든 자료는 질병관리청(전 질병관리본부) 국민건강영양조사 홈페이지를 통해 사전 승인 후 다운받아 이용이 가능하며, 이번 연구에 사용된 모든 자료는 질병관리청 연구윤리심의위원회의 승인을 받은 후 수집되었다(IRB approval no., 2009-01CON-03-2C, 2010-02CON-21-C, 2013-07CON-03-4C, 2011-02CON-06-C, 2013-12EXP-03-5C, 2018-01-03-P-A).

## 2. 간접흡연

### 1) 자가응답

국민건강영양조사에서는 “최근 7일 동안 실내에서 다른 사람이 피우는 담배연기를 맡은 적이 있습니까?”라는 응답에 “예”라고 응답한 비율을 간접흡연 노출률로 정의한다. 직장 실내와 가정 실내에서의 간접흡연 노출 여부는 2005년부터, 공공장소 실내에서의 노출 여부는 2013년부터 자가응답방식으로 조사하고 있다.

### 2) 생체지표

생체지표로 간접흡연 노출 여부를 평가하는 방법은 국가별로 다양하다. 먼저, 미국은 공식적으로 혈액 코티닌 농도로 간접흡연을 측정한다. 미국 NHANES의 측정 초기에 혈액 코티닌의 검출한계(limit of detection)는 0.05 ng/mL이었다. 또한 미국에서 혈액 코티닌으로 흡연자와 비흡연자를 판별하는 구분점(cut-off point)은 10 ng/mL로 알려져 있다. 따라서 미국은 전체 비흡연자 중 혈액 코티닌의 농도가 0.05-10.0 ng/mL인 경우 간접흡연에 노출된 것으로 정의한다. 물론 실험분석방법론의 발전으로 인해 2001년부터 검출한계가 0.015 ng/mL로 낮아졌으나, 연속성 있는 비교(historical comparison)를 위해 여전히 0.05 ng/mL를 하한선으로 하여 간접흡연 노출을 모니터링하고 있다[6,16].

한국에서는 혈액이 아닌 소변 내 코티닌 자료가 이용 가능하며, 따라서 간접흡연을 측정하기 위한 코티닌 농도의 기준도 달라질 수밖에 없다. 국민건강영양조사에서 소변 내 코티닌의 검출한계는 0.27399 ng/mL 미만이다[17]. 하지만 흡연자와 구별하기 위한 상한선은 매우 다양한데, 일반적인 수준에서의 구분점은 20-200 ng/mL로 알려져 있

다[18]. 국제금연학회(Society for Research on Nicotine and Tobacco)에서는 50 ng/mL를 가장 널리 사용할 수 있다고 제안하였지만[19], 한국인을 대상으로 한 Kang 등[20]의 연구에서는 20 ng/mL을 제안하였으며, Park 등[21]의 연구에서는 이 두 기준을 절충한 30 ng/mL을 제안하기도 하였다. 하지만 우리의 연구는 코티닌을 통해 흡연자를 판별하는 연구가 아니며, 자가응답과 코티닌에 따른 간접흡연 노출률에 대한 비교 및 일치도를 확인하는 연구로, 비흡연자 중 거짓 응답자를 판별하기 위한 상한선은 설정하지 않고자 한다. 따라서 이 연구에서는 소변 내 코티닌 농도가 검출한계 이상인 경우 간접흡연 노출군으로 정의하였다.

## 3. 분석방법

분석방법은 대상자들의 특성을 파악하기 위하여 성별, 연령별, 지역, 소득수준에 따라서 빈도분석을 실시하였다. 그리고 간접흡연 노출률에 대한 증감을 확인하기 위해 코티닌과 자가응답에 의한 연도별 노출률과 코티닌 농도를 분석하였다. 코티닌은 일반적으로 정규성을 보이지 않고 편향된(skewness) 분포를 보이기 때문에 기하평균(geometric means)을 사용하였다[22].

마지막으로 생체지표와 자가응답의 간접흡연 노출률에 대한 일치성을 확인하였다. 즉 소변 내 코티닌으로 측정된 간접흡연 노출률 기준, 직장 실내, 가정 실내, 공공장소 실내 노출에 대한 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 카파값을 산출하였다. 분석은 국민건강영양조사 분석지침서에서 제안하는 복합표본추출에 따른 가중치를 반영하였으며, 통계분석은 SAS for Window ver. 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하였다.

## 결 과

### 1. 대상자 특성별 간접흡연 노출률

소변 내 코티닌으로 간접흡연 노출 여부를 측정한 결과, 전체 대상자 28,574명 중 23,594명(83.8%)이 노출군으로 분류되었다. 남성의 노출률(87.5%)은 여성(81.3%)보다 높았고, 연령별로는 19세 이하의 노출률(87.1%)이 가장 높았으며, 70세 이상의 노출률(78.7%)이 가장 낮았다. 도시지역 거주자의 노출률(84.1%)은 농촌지역 거주자의 노출률(82.5%)보다 높았다. 소득수준별로는 소득이 가장 낮은 4분위의 노출률은 82.8%, 가장 높은 1분위의 노출률은 85.1% 수준이었다(Table 1).

**Table 1.** Environmental tobacco smoke exposure rate among non-smokers using urine cotinine level

| Variable          | No. of participants (weighted %) | Exposed people  |               |
|-------------------|----------------------------------|-----------------|---------------|
|                   |                                  | No. of exposure | Weighted %±SE |
| Total             | 28,574                           | 23,594          | 83.8±0.4      |
| Sex (n=28,574)    |                                  |                 |               |
| Male              | 10,035 (40.4)                    | 8,656           | 87.5±0.5      |
| Female            | 18,539 (59.6)                    | 14,938          | 81.3±0.5      |
| Age (n=23,594)    |                                  |                 |               |
| ≤19               | 303 (1.5)                        | 259             | 87.1±2.1      |
| 20-29             | 3,132 (17.0)                     | 2,657           | 85.6±0.8      |
| 30-39             | 4,239 (17.0)                     | 3,464           | 82.8±0.8      |
| 40-49             | 4,991 (19.7)                     | 4,135           | 84.0±0.7      |
| 50-59             | 5,679 (20.3)                     | 4,829           | 86.3±0.7      |
| 60-69             | 5,443 (13.5)                     | 4,491           | 82.9±0.7      |
| ≥70               | 4,787 (11.0)                     | 3,759           | 78.7±0.8      |
| Region (n=23,594) |                                  |                 |               |
| Urban             | 22,992 (84.2)                    | 19,089          | 84.1±0.4      |
| Rural             | 5,582 (15.8)                     | 4,505           | 82.5±1.1      |
| Income (n=23,476) |                                  |                 |               |
| 1Q                | 6,651 (24.0)                     | 5,556           | 85.1±0.6      |
| 2Q                | 7,043 (24.7)                     | 5,862           | 84.5±0.6      |
| 3Q                | 7,182 (24.9)                     | 5,907           | 83.0±0.6      |
| 4Q                | 7,560 (26.3)                     | 6,151           | 82.8±0.7      |

SE, standard error.

## 2. 연도별 소변 내 코티닌 농도 및 간접흡연 노출률

비흡연자의 체내 코티닌의 평균 농도는 2009년 10.10 ng/mL에서 2018년 1.02 ng/mL로 지난 10년간 지속적으로 감소하였다. 이와 달리 코티닌으로 측정된 간접흡연 노출률은 2009년 80.5% 이후 2014년 96.1%까지 증가하였다가 다시 감소하는 경향을 보였다. 2018년 기준 간접흡연 노출률은 81.0% 수준이었다.

이러한 결과는 자가응답 측정결과와 상당한 차이를 보인다. 2009-2018년 코티닌 기반 노출률의 평균은 83.8%였던 반면, 자가응

답으로 조사한 직장 내 노출은 26.9%, 가정 내 노출은 7.6%, 공공장소에서의 노출률은 26.8%이었으며, 세 장소에서의 간접흡연 노출률 모두 지난 2009년 이후 현저히 감소하였다(Table 2, Figure 1).

## 3. 자가응답과 코티닌 측정방법의 일치도 분석

소변 내 코티닌 농도가 검출한계 이상인 경우 간접흡연 노출군으로 정의하고, 이를 기준으로 자가응답 조사결과와 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성예측도를 산출하였다. 두 측정방법 간의 일치도는 카파 값으로 확인하였다. 먼저 직장 실내에서의 노출률은 민감도 29.0%, 특이도 86.0%, 양성예측도 16.4%, 음성예측도 83.6%였으며, 코티닌 측정치와의 일치도를 보여주는 카파값은 5.4%였다. 가정 실내에서의 노출률은 민감도 8.5%, 특이도 97.2%, 양성예측도 17.0%, 음성예측도 83.0% 수준이었으며, 카파값은 2.0%였다. 마지막으로 공공장소 실내의 결과는 민감도 29.0%, 특이도 84.3%, 양성예측도 19.5%, 음성예측도 80.5%였으며, 카파값은 5.8%였다(Table 3).

## 고 찰

이 연구에서는 간접흡연 노출률 측정에 있어 자가응답의 한계를 보완하기 위한 생체지표의 효용성을 확인하고자 수행되었다.

먼저 소변 내 코티닌의 연도별 농도는 2009년 10.10 ng/mL에서 2018년 1.02 mg/mL로 지난 10년간 현저히 감소하였다. 이러한 결과는 한국이 지난 20년간 간접흡연 방지를 위한 보건교육 및 캠페인, 흡연규제정책 등의 효과로 보아야 할 것이다[23,24]. 우리나라는 1995년 국민건강증진법 제정으로 공공장소에서의 흡연에 대한 국가적 규제를 처음 도입한 이후 점진적으로 확대해 왔다. 그 결과 간접흡연 노출위험에 대한 인식이 확산되었고, 금연 관련 법령에 대한 흡연자의 태도도 긍정적으로 변화하였다[24]. 이에 따라 자가응답으로 조사한

**Table 2.** UCo and environmental tobacco smoke exposure rate by year

| Characteristic                 | Overall   | Year       |           |           |           |           |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                |           | 2009       | 2010      | 2011      | 2014      | 2015      | 2016      | 2017      | 2018      |
| Concentration (geometric mean) |           |            |           |           |           |           |           |           |           |
| UCo (n=28,574)                 | 1.80±0.03 | 10.10±0.61 | 6.26±0.47 | 4.47±0.26 | 1.79±0.07 | 1.57±0.07 | 1.06±0.04 | 1.06±0.04 | 1.02±0.04 |
| Exposure rate (weighted %)     |           |            |           |           |           |           |           |           |           |
| UCo (n=28,574)                 | 83.8±0.4  | 80.5±1.6   | 92.7±1.1  | 93.7±1.2  | 96.1±0.5  | 90.7±0.9  | 76.1±1.1  | 74.0±1.0  | 81.0±0.9  |
| Workplaces (n=16,825)          | 26.9±0.5  | 44.0±1.5   | 53.8±2.0  | 49.6±2.3  | 40.9±1.5  | 28.0±1.4  | 17.8±1.0  | 13.6±0.8  | 12.2±0.7  |
| Home (n=28,569)                | 7.6±0.2   | 13.4±0.8   | 13.5±1.3  | 11.4±1.0  | 10.2±0.7  | 7.8±0.5   | 6.1±0.5   | 4.6±0.4   | 3.7±0.3   |
| Public places (n=22,203)       | 26.8±0.5  | -          | -         | -         | 50.0±1.2  | 33.2±1.1  | 20.7±0.9  | 19.4±0.9  | 15.4±0.7  |

Values are presented as mean±standard error.

UCo, urine cotinine concentration.

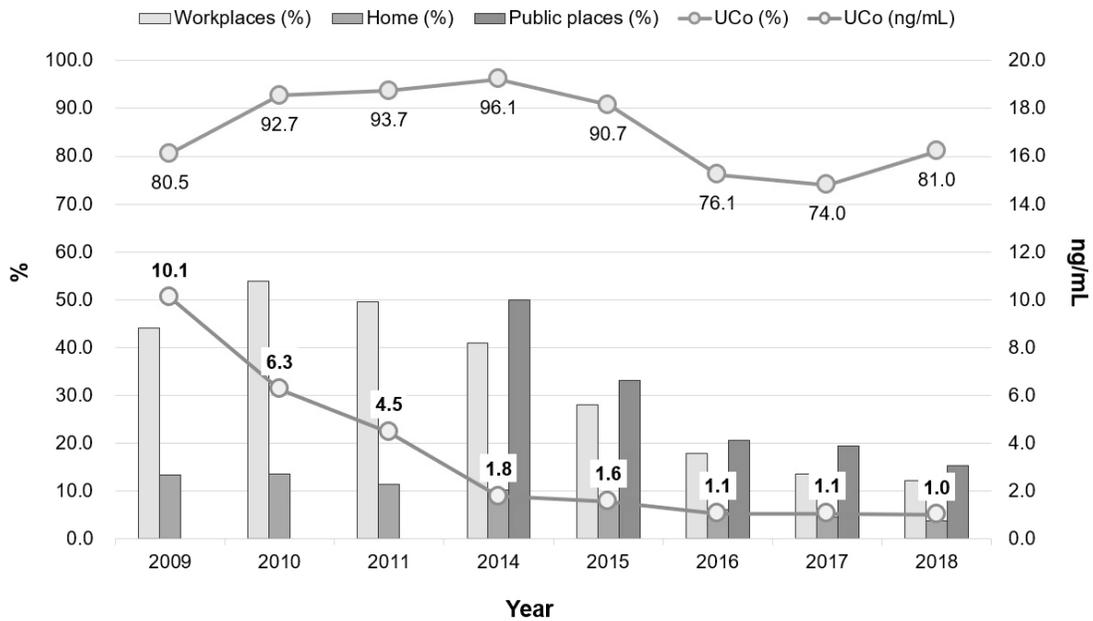


Figure 1. UCo and environmental tobacco smoke exposure rate by year. UCo, urine cotinine concentration.

Table 3. Sensitivity, specificity, PPV, NPV, and kappa of self-reporting measurements in the assessment of environmental tobacco smoke exposure rate (unit: %)

| Respondents                          | Sensitivity | Specificity | PPV  | NPV  | Kappa |
|--------------------------------------|-------------|-------------|------|------|-------|
| Exposure at workplaces (n=16,825)    | 29.0        | 86.0        | 16.4 | 83.6 | 5.4   |
| Exposure at home (n=28,569)          | 8.5         | 97.2        | 17.0 | 83.0 | 2.0   |
| Exposure at public places (n=22,203) | 29.0        | 84.3        | 19.5 | 80.5 | 5.8   |

Weights were applied to the sensitivity, specificity, PPV, and NPV. PPV, positive predictive value; NPV, negative predictive value.

간접흡연 노출률도 대폭 감소되어 상당한 효과를 보였다. 2018년 기준, 직장·가정·공공장소 실내에서의 간접흡연 노출률은 3.7%~15.4%로 지난 10년간 지속적인 감소추세를 보여 왔다[15]. 그러나 우리 연구에서 소변 내 코티닌으로 간접흡연 노출 여부를 측정 한 결과, 전체 대상자 중 83.8%가 간접흡연에 노출되고 있는 것으로 확인되어, 자가응답에 의한 추정치와 상당한 편차가 있음을 확인하였다. 또한 남성, 19세 이하 연령, 도시지역, 고소득군에서 간접흡연 노출률이 높게 나타난 우리 연구결과는 국민건강영양조사의 자가응답 자료로 간접흡연 노출률을 측정 한 기존 연구결과와 비교해볼 만하다. 즉 자가응답으로 측정 한 경우에도 낮은 연령과 도시지역의 간접흡연 노출률이 높게 나타났다. 그러나 성별의 경우 가정에서는 여성이, 직장에서는 남성의 노출률이 높았고, 소득에 따라서도 가정 내 노출률은 저소득군에서, 직장 내 노출률은 고소득군에서 높았다[25-27].

코티닌과 자가응답을 이용한 노출률 간 차이가 발생하는 것에 대한

여러 가지 이유를 추론할 수 있다. 첫째, 자가응답은 눈에 잘 보이지 않는 담배연기를 시각과 후각만으로 판단하므로 정확한 평가가 어려울 수 있기 때문이다[11]. 더욱이 전자담배 및 켈런형 전자담배로 인한 간접흡연에 대해서는 노출에 대한 인지가 더 떨어질 가능성이 높다 [28]. 둘째, 자가응답은 흡연물질이 흡연 발생 이후 흡연자의 피부, 옷 그리고 벽, 카펫, 등에 흡착되었다가 다시 방출되는 3차 흡연을 반영하지 못한다. 셋째, 개인이 인식하는 간접흡연의 노출 여부는 이에 대한 사회적 관용수준(social tolerance level)에 따라 달라질 수 있다[29]. 넷째, 자가응답 조사결과는 노출된 시간, 흡연자의 수, 장소의 사이즈, 환기량 등 노출 당시 상황과 관련된 여러 측면을 반영하지 못한다 [30]. 예를 들어, 공공장소, 직장 실내에서의 흡연은 비교적 단기간 노출될 가능성이 큰 반면, 가정 내 노출은 장기간 노출될 가능성이 크다 [31]. 전체 응답자 대비 흡연에 노출된 비율은 이와 같은 노출 강도를 보여주지는 못한다. 다섯째, 자가응답이 “지난 7일간 해당 장소에서

의 노출 경험”에 대해 물었다면, 코티닌은 체내에 가장 1개월까지 축적되므로 더 오랜 기간의 노출을 반영할 수 있다는 것이다[5].

이러한 이유들로 인하여 민감도, 양성예측도, 카파값은 매우 낮은 수준을 보였을 가능성이 높다. 직장 실내 및 공공장소 실내 노출률의 민감도는 29.0%로 조사되었고, 특히 가정 실내 노출률의 민감도는 8.5%로 매우 낮았다. 또한 세 장소 노출 여부 응답의 양성예측도도 16.4%~19.5%로 매우 낮은 반면, 특이도는 84.3%~97.2%, 음성예측도는 80.5%~83.6%로 상대적으로 높았다. 즉 실제 흡연물질에 노출되고 있음에도 불구하고 자가응답이 이를 잘 반영하고 있지 못함을 의미하며, 결과적으로 대상자가 인지하지 못한 노출률이 생체지표에서는 반영되기 때문이다. 그러나 이러한 차이를 고려하더라도 지난 10년간 비흡연자들의 코티닌 농도가 감소하고 있는 것은 분명 긍정적인 결과이다. 하지만 미국의 Surgeon General’s report에서는 간접흡연에 있어 위험하지 않은 수준(risk-free level)은 없다고 보고하였으며 [6], 흡연물질은 농도에 비례하여 위험이 증가하는 것이 아니라 아주 낮은 농도일지라도 노출되는 순간 질병위험이 급격히 증가하기 때문에 단순히 비흡연자들의 코티닌 농도 수치가 낮아졌다고 하여 안심할 수는 없다[32]. 따라서 우리의 결과는 금연정책에 있어 간접흡연에 저농도로 노출되는 다수의 비흡연자에 대한 개입이 필요함을 매우 강력히 시사한다.

우리나라와 같이 공식적으로 자가응답 결과만을 활용하는 경우 실제 인체 내 간접흡연 노출수준을 제대로 반영하지 못할 수 있으며, 나아가 국민건강증진종합계획과 같은 국가보건의전략 수립 시에 간접흡연 노출실태를 적절하게 반영하지 못할 가능성이 있다.

물론 자가응답은 각 장소별 간접흡연 노출수준에 대한 구체적인 정보를 제공한다는 데 이점이 있다. 하지만 단순히 간접흡연에 노출되었는지 여부를 조사하는 것만으로는 간접흡연이 실제 인체 내에 미치는 영향을 정확하게 반영하지는 못한다. 이러한 한계를 보완할 수 있는 것이 우리 연구에서 활용한 생체지표인 코티닌 기반의 측정이다. 코티닌 기반의 측정은 자가응답조사에서 발생할 수 있는 인구집단의 과소보고 문제를 해소하고[33-35], 간접흡연 측정의 질을 향상시킬 수 있다[13]. 또한 체내 축적된 니코틴과 독성물질을 통해 모든 장소에서의 노출 정도와 인지하지 못하는 노출에 대하여 정량적으로 측정이 가능하다[10].

자가응답식 조사와 코티닌 기반 측정의 간접흡연 노출률 간 차이가 있다는 이 연구의 결과에 따라 향후 정책적 제안사항은 다음과 같다. 먼저, 국민건강증진종합계획(Health Plan)에서 코티닌 기반 측정과 같은 생체지표를 이용한 평가가 이루어져야 한다. 현재 제4차 건강증진종합계획(Health Plan 2016-2020)의 이행이 마무리되고 5차 계획에 대한 전략을 세우는 시점인 만큼, 생체지표를 활용하여 정책

의 효과를 평가하고, 금연에 대한 정책목표 수립 시 이를 반영해야 할 것이다.

## 감사의 글

이 논문은 한국연구재단의 연구비를 지원받아 수행되었다(No. NRF-2020R1C1C1007913). This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. NRF-2020R1C1C1007913).

## ORCID

Myung-Bae Park: <https://orcid.org/0000-0002-1892-6632>;

Boram Sim: <https://orcid.org/0000-0003-0981-5102>

## REFERENCES

- Oberg M, Woodward A, Jaakkola MS, Peruga A, Pruss-Ustun A. Global estimate of the burden of disease from second-hand smoke. Geneva: World Health Organisation; 2011.
- US Department of Health and Human Services. The health consequences of smoking: 50 years of progress: a report of the Surgeon General. Atlanta (GA): US Department of Health and Human Services, National Center for Chronic Disease, Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health; 2014.
- Oberg M, Jaakkola MS, Woodward A, Peruga A, Pruss-Ustun A. Worldwide burden of disease from exposure to second-hand smoke: a retrospective analysis of data from 192 countries. *Lancet* 2011;377(9760):139-146. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)61388-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61388-8).
- Makate M, Whetton S, Tait RJ, Dey T, Scollo M, Banks E, et al. Tobacco cost of illness studies: a systematic review. *Nicotine Tob Res* 2020;22(4):458-465. DOI: <https://doi.org/10.1093/ntr/ntz038>.
- Avila-Tang E, Al-Delaimy WK, Ashley DL, Benowitz N, Bernert JT, Kim S, et al. Assessing secondhand smoke using biological markers. *Tob Control* 2013;22(3):164-171. DOI: <https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2011-050298>.
- US Department of Health and Human Services. The health con-

- sequences of involuntary exposure to tobacco smoke: a report of the Surgeon General. Atlanta (GA): US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Coordinating Center for Health Promotion, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health; 2006.
7. Osborne B, Cooper V. Health Survey for England 2017: adult health related behaviours. Leeds: NHS Digital; 2018.
  8. Tsai J, Homa DM, Gentzke AS, Mahoney M, Sharapova SR, Sosnoff CS, et al. Exposure to secondhand smoke among nonsmokers: United States, 1988-2014. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2018;67(48):1342-1346. DOI: <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6748a3>.
  9. Apelberg BJ, Hepp LM, Avila-Tang E, Gundel L, Hammond SK, Hovell MF, et al. Environmental monitoring of secondhand smoke exposure. *Tob Control* 2013;22(3):147-155. DOI: <https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2011-050301>.
  10. Hsieh SJ, Ware LB, Eisner MD, Yu L, Jacob P 3rd, Havel C, et al. Biomarkers increase detection of active smoking and secondhand smoke exposure in critically ill patients. *Crit Care Med* 2011; 39(1):40-45. DOI: <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181fa4196>.
  11. Rosen LJ, Lev E, Guttman N, Tillinger E, Rosenblat S, Zucker DM, et al. Parental perceptions and misconceptions of child tobacco smoke exposure. *Nicotine Tob Res* 2018;20(11):1369-1377. DOI: <https://doi.org/10.1093/ntr/ntx169>.
  12. Max W, Sung HY, Shi Y. Deaths from secondhand smoke exposure in the United States: economic implications. *Am J Public Health* 2012;102(11):2173-2180. DOI: <https://doi.org/10.2105/AJPH.2012.300805>.
  13. Kwak J, Jeong H, Chun S, Bahk JH, Park M, Byun Y, et al. Effectiveness of government anti-smoking policy on non-smoking youth in Korea: a 4-year trend analysis of national survey data. *BMJ Open* 2017;7(7):e013984. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-013984>.
  14. Ministry of Health and Welfare; Korea Health Promotion Institute. The 4th Health Plan (2016-2020). Sejong: Ministry of Health and Welfare of Korea; 2015.
  15. Ministry of Health and Welfare; Korea Centers for Disease Control and Prevention. 2018 Korea health statistics. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2019.
  16. Homa DM, Neff LJ, King BA, Caraballo RS, Bunnell RE, Babb SD, et al. Vital signs: disparities in nonsmokers' exposure to secondhand smoke: United States, 1999-2012. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2015;64(4):103-108.
  17. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Raw data guideline for the 7th Korea National Health and Nutrition Health Examination Survey. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2019.
  18. Kim S. Overview of cotinine cutoff values for smoking status classification. *Int J Environ Res Public Health* 2016;13(12):1236. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph13121236>.
  19. SRNT Subcommittee on Biochemical Verification. Biochemical verification of tobacco use and cessation. *Nicotine Tob Res* 2002;4(2):149-159. DOI: <https://doi.org/10.1080/14622200210123581>.
  20. Kang YH, Lee YJ, Kim HK, Yun YH, Jeong SY, Lee JS, et al. Usefulness of urinary cotinine test to distinguish smokers from nonsmokers. *Ann Lab Med* 2003;23(2):92-97.
  21. Park MB, Kim CB, Nam EW, Hong KS. Does South Korea have hidden female smokers: discrepancies in smoking rates between self-reports and urinary cotinine level. *BMC Womens Health* 2014;14:156. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12905-014-0156-z>.
  22. Feng C, Wang H, Lu N, Chen T, He H, Lu Y, et al. Log-transformation and its implications for data analysis. *Shanghai Arch Psychiatry* 2014;26(2):105-109. DOI: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-0829.2014.02.009>.
  23. Jeong BY, Lim MK, Yun EH, Oh JK, Park EY, Lee DH. Tolerance for and potential indicators of second-hand smoke exposure among nonsmokers: a comparison of self-reported and cotinine verified second-hand smoke exposure based on nationally representative data. *Prev Med* 2014;67:280-287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.yjmed.2014.07.003>.
  24. Park E, Cho SI, Seo HG, Kim Y, Jung HS, Driezen P, et al. Attitudes of Korean smokers towards smoke-free public places: findings from the longitudinal ITC Korea Survey, 2005-2010. *BMJ Open* 2019;9(8):e025298. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-025298>.
  25. Sun LY, Cheong HK, Lee EW, Kang KJ, Park JH. Affecting factors of secondhand smoke exposure in Korea: focused on different exposure locations. *J Korean Med Sci* 2016;31(9):1362-1372. DOI: <https://doi.org/10.3346/jkms.2016.31.9.1362>.
  26. Lee BE, Ha EH. Exposure to environmental tobacco smoke among South Korean adults: a cross-sectional study of the 2005 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Environ Health* 2011;10:29. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-29>.
  27. Kang EK, Lee HY, Yoo SH, Lee JA, Cho HJ. Factors affecting secondhand smoke exposure at home and in workplace among non-smoking Korean adults. *Korean J Fam Pract* 2016;6(5):

- 395-403. DOI: <https://doi.org/10.21215/kjfp.2016.6.5.395>.
28. Park MB, Choi JK. Differences between the effects of conventional cigarettes, e-cigarettes and dual product use on urine cotinine levels. *Tob Induc Dis* 2019;17:12. DOI: <https://doi.org/10.18332/tid/100527>.
29. Kim J, Lee K. Characterization of urinary cotinine in non-smoking residents in smoke-free homes in the Korean National Environmental Health Survey (KoNEHS). *BMC Public Health* 2016;16:538. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3212-9>.
30. Wong SL, Malaison E, Hammond D, Leatherdale ST. Secondhand smoke exposure among Canadians: cotinine and self-report measures from the Canadian Health Measures Survey 2007-2009. *Nicotine Tob Res* 2013;15(3):693-700. DOI: <https://doi.org/10.1093/ntr/nts195>.
31. Yang L, Tong EK, Mao Z, Hu TW. Exposure to secondhand smoke and associated factors among non-smoking pregnant women with smoking husbands in Sichuan province, China. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2010;89(4):549-557. DOI: <https://doi.org/10.3109/00016341003713851>.
32. Hackshaw A, Morris JK, Boniface S, Tang JL, Milenkovic D. Low cigarette consumption and risk of coronary heart disease and stroke: meta-analysis of 141 cohort studies in 55 study reports. *BMJ* 2018;360:j5855. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.j5855>.
33. Prochaska JJ, Grossman W, Young-Wolff KC, Benowitz NL. Validity of self-reported adult secondhand smoke exposure. *Tob Control* 2015;24(1):48-53. DOI: <https://doi.org/10.1136/tobacco-control-2013-051174>.
34. Kim BJ, Kang JG, Kim JH, Seo DC, Sung KC, Kim BS, et al. Association between secondhand smoke exposure and hypertension in 106,268 Korean self-reported never-smokers verified by cotinine. *J Clin Med* 2019;8(8):1238. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm8081238>.
35. Max W, Sung HY, Shi Y. Who is exposed to secondhand smoke?: self-reported and serum cotinine measured exposure in the U.S., 1999-2006. *Int J Environ Res Public Health* 2009;6(5):1633-1648. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph6051633>.