

한국 성인에서 일반담배 또는 가열 전자담배를 이용한 흡연 형태와 폐 기능 검사 결과와의 관련성: 2014-2019년도 국민건강영양조사 자료를 이용하여

김일환¹ · 이일현² · 신새론^{3*}

¹원광대학교병원 가정의학과 전공의, ²StatEdu 통계연구소, ^{3*}원광대학교병원 가정의학과 교수

The Association between Pulmonary Function Test Result and Combustible Cigarette Smoking or Electrical Cigarette Smoking in Korean Adults : Using the 2014-2019 Korean national health and nutrition examination survey data

Il-hwan Kim¹ · Il-Hyun Lee² · Sae-Ron Shin^{3*}

¹Dept. of Family Medicine, Wonkwang University Hospital, Resident

²StatEdu Institute of Statistics, Researcher

^{3*}Dept. of Family Medicine, Wonkwang University Hospital, Professor

Abstract

Purpose : Smoking is a major factor in chronic obstructive pulmonary disease (COPD), but the effect of electrical cigarette smoking on COPD development is still uncertain. This study aimed to compare the functions of airways and lungs exposed to combustible cigarettes and electrical cigarettes based on the pulmonary function test (PFT) results from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES).

Methods : This study used data from 8,942 participants with PFT results out of 47,309 total subjects from the 6th to 8th Korean NHANES (2014-2015, 2016-2018, and 2019, respectively). Individuals with diseases such as cancer, ex-smokers, and dual tobacco users were excluded. The PFT results were analyzed according to the COPD diagnostic criteria. After adjusting for confounding variables, a complex sample generalized linear model ANOVA test was performed to investigate the association between PFT results and combustible smoker or electrical cigarette user groups.

Results : In an analysis based on the obstructive ventilatory disorders (forced expiratory volume in 1 second[FEV₁]/forced vital capacity[FVC]<.7), combustible cigarette smokers showed a 3.46 times higher risk of COPD compared to non-smokers, while electrical cigarette smokers exhibited no significant difference in terms of COPD-related risks compared to non-smokers. FEV₁ showed a negative relation with combustible cigarette smokers as reported elsewhere (B=-.07, p<.001). FEV₁/FVC was negatively related to both combustible cigarette smokers (B=-.03, p<.001) and electrical cigarette smokers (B=-.02, p<.001).

Conclusion : FEV₁/FVC decreases were observed in the long-term exposure to both combustible and electrical cigarettes. The lower FEV₁ in the combustible cigarette group implies the worsening of the severity of COPD, suggesting more damage to the airways and lungs in the short term. Therefore, the temporary electrical cigarettes use for the transition period in order to smoking cessation potentially aids to reduce the harmful effect of combustible cigarettes in COPD development.

Key Words : electrical cigarette, FEV₁, FEV₁/FVC, obstructive ventilation disorder

*교신저자 : 신새론, devilron@naver.com

※ This study was supported by Wonkwang University 2023 grant.

제출일 : 2023년 11월 28일 | 수정일 : 2024년 1월 25일 | 게재승인일 : 2024년 2월 16일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

흡연은 여러 질환의 조기 사망에 이르는 원인 중 가장 중요하고 예방 가능한 요인으로 악성 종양이나 심혈관계 질환, 만성 폐쇄성 폐질환 등을 유발한다(Carter 등, 2015). 과거부터 시행된 여러 연구에서 일반담배 흡연과 호흡기 질환 발생은 밀접한 연관이 있는 것으로 알려져 있다(Sethi & Rochester, 2000; Thorley & Tetley, 2007).

반면 최근 사용률이 증가한 가열 및 액상 전자담배 흡연에 관한 영향력에 대해서는 많이 알려지지 않았다. 국민건강영양조사(Korea centers for disease control and prevention, 2018) 내용에 따르면 대한민국 성인의 가열 및 액상 전자담배 사용률은 2016년에 2 %이었으나 2017년에는 3 %, 2018년에는 4 %로 증가하였다. 제15차 한국형 청소년건강행태조사(Korea centers for disease control and prevention, 2019)의 조사 내용에 따르면 청소년에서 액상 전자담배 사용률은 2017년에 2 %이었으나, 2018년에 3 %, 2019년에는 3 %로 증가하였으며 가열 전자담배 사용률은 2018년에 3 %, 2019년에는 5 %로 점차 증가하였다.

Van der Toorn 등(2018)의 연구에 의하면 전자담배 중 하나인 가열 전자담배가 폐암의 위험을 줄일 수 있다고 하였다. 또 다른 연구에서 가열 전자담배에서 생성되는 물질 중 일산화탄소 농도는 일반담배의 1/100 수준으로 나타났고 담배 특정 니트로사민(tobacco specific nitrosamine) 농도도 가열 전자담배에서 더 낮은 농도를 보였다(Bekki 등, 2017). 반면 2017년도에 발표된 스위스 연구에서는 가열 전자담배에서 휘발성 유기화합물(volatile organic compounds; VOC), 다환 방향족 탄화수소와 일산화탄소 방출량이 일반담배와 비교하여 적지 않다고 보고하였다(Tajiri 등, 2020). 또한 휘발성 유기화합물 물질은 일반담배의 20 % 수준으로 낮았으나 포름알데히드는 일반담배의 75 % 수준으로 확인되었다. 다환 방향족 탄화수소의 일종인 아세나프텐은 가열 전자담배에서 3배 높게 나타났다. 2017년도 일본에서 보고된 연구에서 가열 전자담배와 일반담배의 니코틴 배출량은 비슷한 수준으로 나타났고(Bekki 등, 2017) 같은 해에 시

행된 2017년도 그리스에서 시행된 연구에서도 가열 전자담배의 니코틴 농도 수준은 일반담배와 차이가 없다고 보고하였다(Farsalinos 등, 2018).

상충되는 결과가 도출되고 있는 가운데 담배 업계의 자금을 지원받은 여러 연구들은 가열 전자담배 흡연이 일반담배 흡연보다 인체에 덜 해롭다고 주장할 수 있는 결과들을 발표하였다(Wertz 등, 2011). 이러한 결과를 바탕으로 담배 업계는 가열 전자담배 흡연을 안전한 흡연이라는 명시적 또는 암시적 메시지의 광고를 통해 금연할 수 없거나 금연을 원하지 않는 흡연자에게 금연과 유사한 효과를 보이는 하나의 대안으로 제시하며 전 세계적으로 판매량을 늘리고 있다(Adriaens 등, 2018). 이와 관련하여 가열 전자담배가 흡연자에게 효과적인 금연 보조제로서 이득이 있는지에 대한 근거 확립을 위해 몇몇 대규모 관찰 연구가 진행되었다(Biener & Hargraves, 2015; Brose 등, 2015; Brown 등, 2014; Polosa & Caponnetto, 2017). 이 연구들에서 가열 전자담배를 사용하는 사람은 그렇지 않은 사람보다 금연의 시도 및 확률이 증가하였으나 명확한 의미의 흡연 중단과는 관련이 없는 것으로 확인되었다.

흡연 방법의 차이로 인해 다르게 생성되는 유해물질이 구체적으로 어떠한 영향을 주는지에 대한 연구들도 진행되었다. 쥐를 대상으로 실시한 Bhat 등(2021)의 연구에 따르면, 일반담배의 에어로졸과 가열 전자담배의 에어로졸을 단기적으로 흡입하였을 때 실질적으로 유사한 정도의 폐 손상 및 염증성 변화가 발생하였다는 결론을 도출하였다. 이에 따라 폐 기능 검사라는 객관적 검사를 통해 일반담배와 가열 전자담배 사용에 따른 호흡기 계통의 상태와 변화 정도를 확인하는 것은 흡연으로 인한 사회 경제적 손실을 줄이고 비 흡연자가 흡연을 시작하지 않게 하는 예방 정책과 흡연자들의 금연을 유도하기 위한 정책을 위해서 필요하다.

2. 연구의 목적

일반담배와 가열 전자담배 흡연을 비교하였을 때 상대적으로 가열 전자담배가 안전한 흡연임을 강조하는 담배 업계의 광고와 관련하여 이를 뒷받침할 만한 잠재적 이점이나 안정성에 대한 근거는 아직까지는 불확실

하며 이러한 이유로 인해 각 국가의 가열 전자담배에 대한 규제는 다양하다.

본 연구에서는 일반담배와 신종담배라고 할 수 있는 가열 전자담배의 사용 경험에 따른 호흡기 건강의 위해성 여부를 확인하기 위해 국민건강영양조사의 폐 기능 검사 결과를 분석하였다. 다만, 액상 전자담배의 경우 2019년 국민건강영양조사부터 항목이 추가되었기 때문에 부득이하게 가열 전자담배만 연구를 진행하였다. 이 결과를 통해 국가의 금연 정책과 관련하여 금연 또는 금연의 보조 역할 가능성 여부에 대해 고찰하고 장기적인 보건 정책 및 금연 교육과 관련한 내용의 제작에 기초가 되는 자료를 제공하는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 제6기(2014-2015년도), 7기(2016-2018년도), 8기(2019년도) 총 6개년 국민건강영양조사(KNHANES) 자료를 활용하였다. 전체 대상자 47,309명 중 폐 기능 검사 설문 대상에 포함되지 않는 40세 미만인 28,795명, 40세 이상이지만 폐 기능 검사를 시행하지 않은 1,318명, 암환자 343명, 외병일수가 15일 이상인 105명, 과거 흡연자 3,817명, 일반담배 흡연과 가열 전자담배 흡연을 같이 하는 흡연자 21명, 폐결핵이나 천식이 있는 51명, 결측값이 있는 3,968명이 제외되어 최종적으로 연구에 포함된 대상자는 8,891명이었다(Fig 1). 원광대학교병원 임상시험심의위원회(IRB no WKUH 2023-10-017)의 승인을 받아 시행하였다.

2. 연구에 사용한 변수

모든 폐 기능은 1022 digital computed spirometry (SensorMedics, Yorba Linda, CA, USA)를 사용하여 측정

하였다. 분석에 이용한 폐 기능 검사의 측정변수들은 강제폐활량(forced vital capacity; FVC), 1초 강제날숨량(forced expiratory volume in 1 second; FEV₁), 1초 강제날숨량의 폐활량에 대한 비율(FEV₁/FVC)이었다. 독립변수들은 연령, 성별, 키(cm), 몸무게(kg), 체질량지수(kg/m²), 음주횟수, 유산소 신체 활동 여부와 의사로부터 진단 받은 질병 유무이며 이와 관련된 질병은 고혈압, 이상지질혈증, 뇌졸중, 심근경색증 또는 협심증, 관절염, 골관절염, 당뇨병이었다. 종속변수들은 제한성 환기장애, 폐쇄성 환기장애, 폐 기능 검사의 측정 변수들이었다.

3. 통계 분석

본 연구 자료인 국민건강영양조사 자료는 복합 표본 데이터(complex survey data)이므로 가중치를 고려한 복합표본분석을 하였고 가중치는 질병관리본부 국민건강영양조사 원시자료 이용지침서에 따라 적용하였다. 폐질환 유무에서 비 연속변수간의 비교는 복합 표본 Rao-Scott 카이제곱 검정(complex sample Rao-Scott adjusted chi-square test)을 이용하였으며 연속변수의 경우에는 복합 표본 일반 선형 모형(complex sample generalized linear model)에서 분산 분석(analysis of variance; ANOVA)을 이용하였다. 사후분석(post hoc test)으로 Bonferroni-correction 검증을 이용하였다.

폐의 환기장애 유형에 관련된 변수들을 확인하기 위해 복합 표본 다항 로지스틱 회귀 분석(complex sample multinomial logistic regression analysis test)을 사용하였다. 일반담배 흡연자와 전자담배 흡연자 간 폐기능 검사 항목들과의 관련성을 보기 위해 복합 표본 로지스틱 회귀 분석(complex sample regression analysis test)을 사용하였다. 통계분석을 위해 SPSS for window version 26.0 통계프로그램을 사용하였으며, 통계적 유의성은 p<.05로 설정하였다.

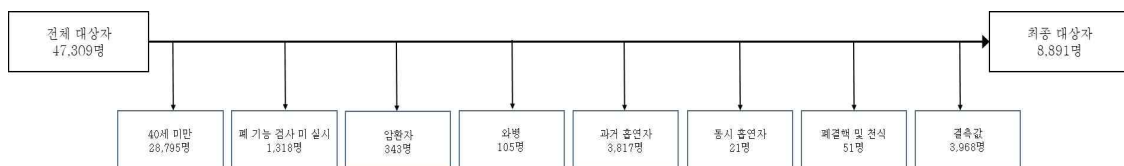


Fig 1. Study enrollment and outcomes

III. 결 과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구의 인구학적 특성은 다음과 같이 나타났다. 폐

Table 1. General characteristics of the study participants (n= 8,891)

Variables		Value
Ventilation disorder by pulmonary function test result	Normal	7,179 (81.20 %)
	Restrictive ventilation disorder (FVC<80.00 % predicted)	949 (10.60 %)
	Obstructive ventilation disorder (FEV ₁ /FVC<.7)	763 (8.30 %)
Age		54.55±.16
Sex	Male	2,521 (33.20 %)
	Female	6,370 (66.80 %)
Cigarette smoking method	Non-smoker	7,014 (75.50 %)
	Combustible cigarette	1,844 (24.00 %)
	Electrical cigarette	33 (0.40 %)
Alcohol drinking frequency	No	1,905 (20.30 %)
	<1/month	2,352 (25.50 %)
	=1/month	1,119 (12.40 %)
	2~4/month	2,111 (24.60 %)
	≥2~3/week	1,404 (17.30 %)
Aerobic exercise	No	4,994 (54.40 %)
	Yes	3,897 (45.60 %)
BMI (kg/m ²)	<18.50	705 (8.00 %)
	18.50~22.90	2,865 (32.00 %)
	23.0~24.90	2,250 (25.50 %)
	≥25	3,071 (34.50 %)
Hypertension	No	6,729 (77.10 %)
	Yes	2,162 (22.90 %)
Dyslipidemia	No	6,967 (79.20 %)
	Yes	1,924 (20.80 %)
Cerebral stroke	No	8,758 (98.70 %)
	Yes	133 (1.30 %)
Myocardial infarction or Cardiac angina	No	8,714 (98.30 %)
	Yes	177 (1.70 %)
Arthritis	No	7,473 (85.90 %)
	Yes	1,418 (14.10 %)
Osteoarthritis	No	7,599 (87.20 %)
	Yes	1,292 (12.80 %)
Diabetes	No	8,135 (91.60 %)
	Yes	756 (8.40 %)

BMI; body mass index

Values are presented as mean±standard error or unweighted number (weighted %)

기능 검사 결과는 국민건강영양조사 검진조사 조사 수행 지침서의 내용을 기준으로 FEV₁/FVC의 감소는 FEV₁/FVC<.7일 때, FVC의 감소는 FVC<80.00 % 예측치(% predicted)일 때로 정의하였다. 폐 기능 검사 결과의 판독 또한 국민건강영양조사 검진조사 조사수행지침서의 내용을 기준으로 시행하였고 FEV₁/FVC가 감소한 상태일 때는 FVC 수치와 관계없이 폐쇄성 환기장애로 판독하고 FEV₁/FVC가 감소하지 않은 상태일 때 FVC가 감소하였다면 제한성 환기장애로 판독하였다. 이러한 기준에 따라 연구 대상자는 정상 7,179명(81.2 %), 제한성 환기장애 949명(10.6 %), 폐쇄성 환기장애 763명(8.3 %)이었고, 평균 연령은 54.55±16세였다.

흡연 항목은 평생 흡연 이력이 없는 비 흡연 7,014명(75.5 %), 일반담배 흡연 1,844명(24.0 %), 가열 전자담배 흡연 33명(.4 %)이었다. 음주 횟수는 월 1회 미만인 2,352명(25.5 %), 월 2~4회 2,111명(24.6 %), 최근 1년간 전혀 마시지 않음이 1,905명(20.3 %), 주 2-3회 이상이 1,404명(17.3 %), 월 1회 정도가 1,119명(12.4 %)이었다.

유산소 신체활동은 1주일 동안 2시간 30분 이상의 중강도 신체활동 또는 1시간 15분 이상의 고강도 신체활동 또는 중강도 및 고강도 신체활동을 병행하여 각 활동에 상응하는 시간을 시행한 분율을 기준으로 하였다. 시행하지 않은 그룹은 4,984명(54.4 %), 시행한 그룹은 3,897명(45.6 %)이었다. 체질량지수(body mass index; BMI)는 만 19세 이상의 성인에서 25 kg/m² 이상인 분율을 기준으로 하였고 비만 3,071명(34.5 %), 정상 2,865명(32 %), 과체중 2,250명(25.5 %), 저체중 705명(8 %) 순이었다. 고혈압은 만 30세 이상 성인에서 수축기혈압 140 mmHg 이상이거나 이완기혈압 90 mmHg 이상 또는 고혈압 약물 복용을 기준으로 설정하였고 2,162명(22.9 %)이 고혈압 기준에 해당하였다. 이상지질혈증은 만 30세 이상 성인에서 혈중 총콜레스테롤 240 mg/dL 이상이거나 콜레스테롤 강하제를 복용하는 것을 기준으로 하였고 1,924명(20.8 %)이 해당하였다. 당뇨병은 만 30세 이상의 성인에서 공복혈당 126 mg/dL 이상이거나 의사 진단을 받았거나 혈당강하제복용 혹은 인슐린주사를 사용하는 것을 기준으로 하였으며 756명(8.4 %)이 이에 해당하였다. 뇌졸중은 133명이(1.3 %), 심근경색증 또는 협심증은 177명(1.7

%)이었고 관절염은 1,418명(14.1 %), 골관절염은 1,292명(12.8 %)으로 나타났다(Table 1).

2. 흡연 방법에 따른 일반적 특성

일반담배 및 가열 전자담배의 흡연 방법에 따른 차이는 연령(p<.001), 성별(p<.001), 음주 횟수(p<.001), 체질량지수(p<.001), 이상지질혈증(p=.041), 관절염(p<.001), 골관절염(p<.001), 당뇨병(p<.001), 폐 기능 검사(p<.001)에서 있었다. 연령은 비 흡연 군에서 55.39±17세로 제일 높았고 일반담배 흡연 군과 가열 전자담배 흡연 군 간 차이는 없었다. 성별과 관련하여 여성 중 비 흡연 비율은 84.4 %, 남성에서 일반담배 흡연 군은 87.4 %, 가열 전자담배 흡연 군은 91.2 %의 비율이었다. 주 2~3회 이상 음주를 시행하는 비율이 비 흡연 군에서 10.5 %, 일반담배 흡연 군에서 37.9 %, 가열 전자담배 흡연 군에서 52.6 %였다. 체질량지수를 기준으로 비만은 비 흡연 군에서 32.9 %, 일반담배 흡연 군에서 39 %, 가열 전자담배 흡연 군에서 68.2 %의 비율을 나타냈다. 이상지질혈증은 비 흡연 군에서 21.5 %, 일반담배 흡연 군에서 18.3 %, 가열 전자담배 흡연 군에서 26.2 %를 보였다. 관절염과 골관절염은 비 흡연 군에서 17.0 %, 15.5 %였고 일반담배 흡연 군에서 5.3 %, 4.5 %이며 가열 전자담배 흡연 군은 두 그룹 모두 4.2 %였다. 당뇨병의 비율은 비 흡연 군에서 7.7 %, 일반담배 흡연 군에서 10.3 %, 가열 전자담배 흡연에서 25.8 %였다.

폐 기능 검사 결과와 관련하여 강제폐활량(FVC) 수치는 일반담배 흡연 군(4.11±.02)과 가열 전자담배 흡연 군(4.22±.13)간의 차이는 없었으며 종류에 상관없이 흡연 군 모두 비 흡연 군(3.15±.01)보다 높았으며 강제폐활량 예측치(FVC %predicted)는 비 흡연 군(92.29±.16)이 가열 전자담배 흡연 군(89.77±1.94)보다 높았다. 1초간 강제날숨량(FEV₁)은 비흡연 군(2.50±.01)이 제일 작았고 일반담배 흡연 군(3.13±.02)과 가열 전자담배 흡연 군(3.28±.12)은 차이가 없었다. 1초간 강제날숨량 예측치(FEV₁ %predicted)는 비흡연 군(92.26±.17)이 일반담배 흡연 군(88.14±.32)보다 높았으며(p<.001), 1초간 강제날숨량/강제폐활량(FEV₁/FVC)은 비 흡연 군(.79±.01)이 일반담배 흡연 군(.76±.01)보다 높았다(Table 2).

Table 2. General characteristics among cigarette smoking method

Variables	Nonsmoker (A)	Combustible cigarette (B)	Electrical cigarette (C)	p-value	Bonferroni correction
Age	55.34±.17	52.13±.25	49.36±1.63	<.001 ^a	A>B,C
Sex					
Male	927 (15.60 %)	1,565 (87.40 %)	29 (91.20 %)	<.001 ^b	
Female	6,087 (84.40 %)	279 (12.60 %)	4 (8.80 %)		
Alcohol drinking frequency					
No	1,675 (23.10 %)	226 (11.40 %)	4 (12.10 %)	<.001 ^b	
<1/month	2,114 (29.70 %)	237 (12.60 %)	1 (2.30 %)		
=1/month	944 (13.40 %)	176 (9.20 %)	3 (6.90 %)		
2~4/month	1,581 (23.20 %)	524 (28.90 %)	9 (26.10 %)		
≥2~3/week	707 (10.50 %)	681 (37.90 %)	16 (52.60 %)		
Aerobic exercise					
No	3,906 (53.80 %)	1,069 (56.20 %)	19 (55.50 %)	.281 ^b	
Yes	3,108 (46.20 %)	775 (43.80 %)	14 (44.50 %)		
BMI (kg/m ²)					
<18.5	562 (8.20 %)	142 (7.60 %)	1 (1.70 %)	<.001 ^b	
18.5~22.9	2,361 (33.70 %)	497 (26.60 %)	7 (16.20 %)		
23~24.9	1,764 (25.20 %)	482 (26.80 %)	4 (13.90 %)		
≥25	2,327 (32.90 %)	723 (39.00 %)	21 (68.20 %)		
Hypertension					
No	5,329 (77.50 %)	1,377 (76.00 %)	23 (67.20 %)	.321 ^b	
Yes	1,685 (22.50 %)	467 (24.00 %)	10 (32.80 %)		
Dyslipidemia					
No	5,451 (78.40 %)	1,491 (81.70 %)	25 (73.80 %)	.041 ^b	
Yes	1,563 (21.50 %)	353 (18.30 %)	8 (26.20 %)		
Cerebral stroke					
No	6,913 (98.80 %)	1,812 (98.60 %)	33 (100 %)	.677 ^b	
Yes	101 (1.20 %)	32 (1.40 %)	0 (.00 %)		
Myocardial infarction / Cardiac angina					
No	6,878 (98.20 %)	1,803 (98.30 %)	33 (100 %)	.734 ^b	
Yes	136 (1.80 %)	41 (1.70 %)	0 (.00 %)		
Arthritis					
No	5,711 (83.00 %)	1,731 (94.70 %)	31 (95.80 %)	<.001 ^b	
Yes	1,303 (17.00 %)	113 (5.30 %)	2 (4.20 %)		
Osteoarthritis					
No	5,820 (84.50 %)	1,748 (95.50 %)	31 (95.80 %)	<.001 ^b	
Yes	1,194 (15.50 %)	96 (4.50 %)	2 (4.20 %)		
Diabetes					
No	6,476 (92.30 %)	1,633 (89.70 %)	26 (74.20 %)	<.001 ^b	
Yes	538 (7.70 %)	211 (10.30 %)	7 (25.80 %)		
Pulmonary function test					
FVC	3.15±.11	4.11±.20	4.22±.13	<.001 ^a	B,C>A
FVC % predicted	92.29±.16	91.04±.30	89.77±1.94	<.001 ^a	A>C
FEV ₁ (L)	2.50±.01	3.13±.02	3.28±.12	<.001 ^a	B,C>A
FEV ₁ % predicted	92.26±.17	88.14±.32	88.23±2.04	<.001 ^a	A>B
FEV ₁ /FVC	.79±.01	.76±.01	.77±.01	<.001 ^a	A>B

BMI; body mass index

^a was complex sample generalized linear model ANOVA test and post hoc test was done by Bonferroni correction^b was taken by complex sample Rao-Scott adjusted chi-square test

Table 3. General characteristics among ventilation disorder

Variables	Normal (n= 7,179)	Restricted ventilation disorder (n= 949)	Obstructive ventilation disorder (n= 763)	p-value	Bonferroni correction
Age	53.20±15 (A)	58.70±44 (B)	62.43±47 (C)	<.001 ^a	C>B>A
Sex					
Male	1,722 (29.20)	358 (42.40)	441 (60.50)	<.001 ^b	
Female	5,457 (70.80)	591 (57.60)	322 (39.50)		
Cigarette smoking method					
Non-smoker	5,898 (78.60)	716 (72.30)	400 (49.90)	<.001 ^b	
Combustible cigarette	1,256 (21.00)	228 (27.10)	360 (49.90)		
Electrical cigarette	25 (.40)	5 (.60)	3 (.30)		
Alcohol drinking frequency					
No	1,501 (19.90)	228 (22.40)	176 (21.20)	.001 ^b	
<1/month	1,955 (25.90)	236 (25.20)	161 (21.40)		
=1/month	922 (12.70)	114 (11.40)	83 (10.30)		
2~4/month	1,720 (24.90)	218 (23.70)	173 (23.20)		
≥2~3/week	1,081 (16.60)	153 (17.30)	170 (23.90)		
Aerobic exercise					
No	3,985 (53.60)	559 (57.60)	450 (58.10)	.020 ^b	
Yes	3,194 (46.40)	390 (42.40)	313 (41.90)		
BMI (kg/m ²)					
<18.5	602 (8.60)	37 (3.80)	66 (8.20)	<.001 ^b	
18.5~22.9	2,423 (33.40)	183 (19.40)	259 (33.40)		
23~24.9	1,849 (25.90)	206 (22.10)	195 (26.00)		
≥25	2,305 (32.10)	523 (54.70)	243 (32.40)		
Hypertension					
No	5,641 (79.80)	599 (64.20)	498 (66.60)	<.001 ^b	
Yes	1,538 (20.20)	359 (35.80)	265 (33.40)		
Dyslipidemia					
No	5,735 (80.70)	635 (67.70)	597 (79.20)	<.001 ^b	
Yes	1,444 (19.30)	314 (32.30)	166 (20.80)		
Cerebral stroke					
No	7,099 (99.10)	921 (97.50)	748 (97.00)	<.001 ^b	
Yes	80 (.90)	28 (2.50)	25 (3.00)		
Myocardial infarction / Cardiac angina					
No	7,072 (98.60)	906 (96.30)	738 (97.00)	<.001 ^b	
Yes	107 (1.40)	43 (3.70)	27 (3.00)		
Arthritis					
No	6,096 (86.70)	754 (81.60)	623 (82.70)	<.001 ^b	
Yes	1,083 (13.30)	195 (18.40)	140 (17.30)		
Osteoarthritis					
No	6,201 (88.10)	770 (83.00)	628 (83.20)	<.001 ^b	
Yes	978 (11.90)	179 (17.00)	135 (16.80)		
Diabetes					
No	6,665 (93.00)	801 (83.20)	669 (88.90)	<.001 ^b	
Yes	514 (7.00)	148 (16.80)	94 (12.00)		

BMI; body mass index

^a was complex sample generalized linear model ANOVA test and post hoc test was done by Bonferroni correction^b was taken by complex sample rao-scott adjusted chi-square test

3. 환기장애 군의 일반적 특성

환기장애 군에서 연령(p<.001), 성별(p<.001), 흡연(p<.001), 음주횟수(p=.001), 유산소 신체활동 여부(p=.020), 체질량지수(p<.001), 고혈압(p<.001), 이상지질혈증(p<.001), 뇌졸중(p<.001), 심근경색증 또는 협심증(p<.001), 관절염(p<.001), 골관절염(p<.001), 당뇨병(p<.001)에서 차이가 있었다.

연령 분포는 폐쇄성 환기장애 군(62.44±.47세), 제한성 환기장애 군(58.82±.44세), 정상 군(53.23±.15세) 순서로 나타났다. 여성에서 폐 기능 검사 정상 군은 70.8 %, 제한성 환기장애군은 57.6 %이었으며 남성에서 폐쇄성 환기장애 군의 비율은 60.5 %였다.

폐 기능 검사 정상 군에서 비 흡연 비율은 78.6 %이고 제한성 환기장애 군의 일반담배 흡연 비율은 27.1 %, 가열 전자담배 흡연 비율은 .6 %이고 폐쇄성 환기장애 군의 일반담배 흡연 비율은 49.9 %, 가열 전자담배 흡연 비율은 .3 %였다. 주 2~3회 이상의 음주 횟수 비율은 폐 기능 검사 정상 군에서 16.6 %, 제한성 환기장애 군에서 17.3 %, 폐쇄성 환기장애 군에서 23.9 %로 나타났다. 유산소 신체활동을 시행하고 있는 비율은 폐 기능 검사 정상 군에서 46.4 %, 제한성 환기장애 군에서 42.4 %, 폐쇄성 환기장애 군에서 41.9 %로 나타났다. 체질량지수 결과를 이용한 비만으로 확인된 비율은 폐 기능 검사 정상 군에서 32.1 %, 제한성 환기장애 군에서 54.7 %, 폐쇄성 환기장애 군에서 32.4 %였다. 고혈압은 폐 기능 검사 정

상 군에서 20.2 %, 제한성 환기장애 군에서 35.8 %, 폐쇄성 환기장애 군에서 33.4 %의 비율로 나타났으며 이상지질혈증은 폐 기능 검사 정상 군에서 19.3 %, 제한성 환기장애 군에서 32.3 %, 폐쇄성 환기장애 군에서 20.8 %였다. 뇌졸중은 폐 기능 검사 정상 군에서 .9 %, 제한성 환기장애 군에서 2.5 %, 폐쇄성 환기장애 군에서 3 %의 비율로 확인되었다. 심근경색증 또는 협심증의 비율은 폐 기능 검사 정상 군에서 1.4 %, 제한성 환기장애 군에서 3.7 %, 폐쇄성 환기장애 군에서 3 %였다. 관절염의 비율은 폐 기능 검사 정상 군에서 13.3 %, 제한성 환기장애 군에서 18.4 %, 폐쇄성 환기장애 군에서 17.3 %였다. 골관절염의 비율은 폐기능 검사 정상 군에서 11.9 %, 제한성 환기장애 군에서 17.0 %, 폐쇄성 환기장애 군에서 16.8 %였다. 당뇨병 비율은 폐 기능 검사 정상 군에서 7 %, 제한성 환기장애 군에서 16.8 %, 폐쇄성 환기장애 군에서는 12.0 %로 나타났다(Table 3).

4. 흡연 방법과 환기장애의 연관성

연령과 성별, 음주횟수, 유산소 신체활동 여부, 체질량지수, 고혈압과 이상지질혈증, 뇌졸중 및 심근경색증 또는 협심증, 관절염과 골관절염, 당뇨병을 보정 후 비 흡연 군을 참고치로 한 흡연 방법에 따른 제한성 환기장애와 폐쇄성 환기장애(FEV₁/FVC<.7)에 대한 복합표본 다항 로지스틱 회귀분석 결과는 다음과 같이 나타났다.

비 흡연 군을 참고치로 분석한 경우 일반담배 흡연 군

Table 4. Adjusted odds ratios for restricted ventilation disorder and obstructive ventilation disorder by cigarette smoking method

Variables	Cigarette smoking method	Non-smoker	Combustible cigarette	Electrical cigarette
	OR	reference	1.10	1.02
Restricted ventilation disorder	95 % CI		.86-1.40	.32-3.29
	p-value		.437	.968
	OR		3.46	1.11
Obstructive ventilation disorder (FEV ₁ /FVC<.7)	95 % CI		2.68-4.47	.34-3.61
	p-value ^a		<.001	.867

^a was taken by complex samples logistic regression analysis test (adjusted by age, sex, smoking method, alcohol drinking frequency, aerobic exercise, BMI, hypertension, dyslipidemia, cerebral stroke, myocardial infarction and cardiac angina, arthritis, osteoarthritis and diabetes)

은 비 흡연 군과 비교하여 3.46배의 폐쇄성 환기장애 위험이 증가하는 것으로 나타났다($p<.001$). 그러나 가열 전자담배 흡연 군과 비 흡연 군 사이에 폐쇄성 환기장애와 관련한 위험도에는 차이가 없었다(Table 4).

5. 흡연 방법과 폐기능 검사 결과와의 연관성

연령과 성별, 음주 횟수, 유산소 신체활동여부, 체질량 지수, 고혈압과 이상지질혈증, 뇌졸중 및 심근경색증 또는 협심증, 관절염과 골관절염, 당뇨병을 보정 후 비 흡연을 참고치로 한 흡연 방법과 폐 기능 검사결과에 대한

복합표본 다중 회귀분석 결과는 다음과 같다.

FVC와 관련하여 가열 전자담배 흡연자 군은 차이가 없고 일반담배 흡연 군은 높아진 것처럼 보였으나 FVC % predicted에서는 유의한 차이가 없었다. FEV₁은 일반담배 흡연 군에서는 낮아졌고($B=-.07, p<.001$) 가열 전자담배 흡연자 군에서는 유의한 차이가 없었다. 그러나 FEV₁/FVC는 일반담배 흡연 군($B=-.03, p<.001$)과 가열 전자담배 흡연 군($B=-.02, p=.023$)에서 모두 낮아졌다 (Table 5).

Table 5. FEV₁ and FEV₁/FVC by cigarette smoking method

Variable	Cigarette smoking method	Non-smoker	Combustible cigarette	Electrical cigarette
FVC	B		.04	.05
	SE	Reference	.02	.09
	p-value ^a		.088	.577
FVC % predicted	B		.33	.12
	SE		.42	1.88
	p-value		.437	.949
FEV ₁	B		-.07	-.03
	SE		.02	.08
	p-value		<.001	.732
FEV ₁ % predicted	B		-2.83	-2.63
	SE		.48	2.14
	p-value		<.001	.220
FEV ₁ /FVC	B		-.03	-.02
	SE		.01	.01
	p-value		<.001	.023

^a was taken by complex samples multinominal regression test (adjusted by age, sex, smoking method, alcohol drinking frequency, aerobic exercise, BMI, hypertension, dyslipidemia, cerebral stroke, myocardial infarction and cardiac angina, arthritis, osteoarthritis and diabetes)

IV. 고 찰

폐쇄성 환기장애의 대표적 질환 중 만성 폐쇄성 폐질환은 흡연이 주요한 원인이며 이 질환은 흡입한 유해물질로 인해 발생하는 폐의 염증 반응이다. 일반담배 연기는 약 4,700여 가지의 화학물질로 구성되어 있고 자유기

(free radical) 및 산화물질이 높은 농도로 함유되어 있어 폐포 상피의 손상을 유발하고 폐포 투과성이 증가한다 (Morrison 등, 1999). 흡연으로 유발된 염증은 기도의 리모델링을 가속화하며 대식 세포 및 호중구를 활성화하여 elastin이 분해되는데 이 과정에서 폐조직의 탄성이 감소하게 된다. elastin과 결합되어 있던 desmosine이 분

리되면서 소변으로 배출되는데 이 수치의 증가는 FEV₁의 감소 정도와 비례한다는 보고가 있다(Gottlieb 등, 1996; Harel 등, 1980).

담배 업계의 지원을 받은 연구에서 일반담배의 유해물질과 가열 전자담배의 유해물질을 비교하였을 때 가열 전자담배의 니코틴은 일반담배의 18~73 % 수준이며 일산화탄소는 98 % 이상의 감소를 보이고 아세트알데히드, 아크로레인, 포름알데히드 등의 잠재적 유해물질은 62 % 이상 감소, 타르는 21 % 이상 감소하는 등 가열 전자담배 유해물질의 측정 결과가 낮음을 주장하였다(Simonavicius 등, 2019). 반면 독립 연구자들의 연구 결과에서는 아세트알데히드, 아크로레인, 포름알데히드 등 유해 물질의 농도는 일반담배보다 낮았으나 담배 업계의 지원을 받은 연구에 비해서는 높게 나타났다(Auer 등, 2017). 사용하는 개별적인 담배의 조성이 다르고 가열하는 온도가 달라 일부 유해물질은 일반담배에 비해 낮지만 더 높게 나타나는 유해물질이 있으며 일반담배에는 없으나 가열 전자담배에만 나타날 수 있는 물질도 존재하는 것으로 알려지고 있다(Helen 등, 2018).

본 연구는 국민건강영양조사의 폐 기능 검사 조사 수행 지침서 자료를 이용하여 폐 기능 검사 결과 판정 항목의 내용에 따라 FEV₁/FVC가 감소한 상태일 때는 FVC와 상관없이 폐쇄성 환기장애로 판정하고 FEV₁/FVC가 감소하지 않은 상태일 때 FVC가 감소하였다면 제한성 환기장애로 판정하는 기준으로 분류하였다.

비 흡연 군을 참고치로 한 흡연 방법에 따른 환기 장애의 연관성 연구에서 일반담배 흡연군은 비 흡연 군과 비교 시 폐쇄성 환기장애의 위험도가 증가하였고 가열 전자담배 흡연 군은 폐쇄성 환기장애의 위험도와 연관성이 없었다(Table 4). 이러한 결과는 가열 전자담배가 유해물질 및 잠재적 유해성분의 양이 일반담배에 비해 상대적으로 적기 때문에 폐쇄성 환기장애의 발생 위험도가 낮은 것이라고 해석할 수 있다. 이러한 해석과 관련하여 흡연 방법에 따른 폐질환의 위험도 차이를 좀 더 명확하게 확인하기 위해 폐 기능 검사 결과를 이용하여 분석하였다.

FEV₁/FVC는 기관지 폐쇄 유무를 확인하는 지표이며 이 항목의 수치가 정상 예측치의 .7 이하일 때 숨을 내쉬기 어려움이 있는 상태, 즉 폐쇄성 폐질환이 있음을 의

미한다. 흡연과 연관된 폐쇄성 폐질환 중 하나인 만성 폐쇄성 폐질환에서 기류제한의 중요한 기전은 2 mm 이하의 소기도 저항 및 폐 유순도(lung compliance) 증가이다. 본 연구에서 일반담배 흡연자의 FVC 수치는 가열 전자담배 흡연자와 비교하여 높아진 것처럼 보였으나 FVC % predicted는 두 사용자 간 차이는 없었다. 그러나 FEV₁/FVC는 일반담배 흡연자(B=-.03, p<.001)와 가열 전자담배 흡연자(B=-.02, p=.023) 모두에서 낮아졌다(Table 5).

FEV₁은 초기 1초 동안 힘껏 내뿜은 공기량을 의미하며 건강한 사람의 정상 예측치와 비교하여 퍼센트로 표시한다. FEV₁ 감소는 병리학적 변화에 의한 폐쇄성의 심한 정도를 판단하는 기준으로 사용된다. 만성 폐쇄성 폐질환이나 천식 등 폐쇄성 환기장애에서 FEV₁과 FVC가 감소하며 이 중 상대적으로 FEV₁의 감소가 더 명확하다. 본 연구의 결과 FEV₁이 일반담배 흡연자(B=-.07, p<.001)에서 유의하게 낮아졌다(Table 5).

종합하면 흡연의 종류에 상관없이 흡연을 하는 행위 그 자체는 폐쇄성 환기장애의 위험도를 증가시켰으며 일반담배 흡연은 가열 전자담배 흡연보다 기도 폐쇄의 중증도가 더 심하다는 결론을 내릴 수 있다.

일본에서 일반담배 단독 흡연자와 일반담배와 가열 전자담배의 동시 흡연자의 두 그룹 사이를 비교한 코호트 연구가 시행되었다(Harada 등, 2022). 이 연구에서는 일반담배 단독 흡연자와 일반담배와 가열 전자담배의 동시 흡연자 사이의 1년간 FEV₁ 수치 변화를 비교하였고 동시 흡연자에서 FEV₁ 감소가 더 큰 경향이 있는 것으로 확인되었다. 조사 시점을 기준으로 약 1.7년 전에 동시 흡연자가 가열 전자담배의 단독 흡연으로 전환한 경우 일반담배 단독 흡연자와 유사한 정도의 FEV₁ 감소를 보였다는 결과를 도출하였다. 가열 전자담배로 전환한 흡연자의 FEV₁이 감소한 것은 FEV₁의 개선 효과를 주장한 담배 업계 지원으로 시행된 연구와는 상반되는 결과였으며 이에 대해 해당 저자는 각 대상자의 추적 기간에 대한 차이로 기술하였다.

또 다른 연구에서는 가열 전자담배로의 전환을 통해 금연했거나 흡연량을 상당히 줄인 COPD 환자와 일반담배 흡연자 간의 FEV₁, FVC 및 FEV₁/FVC predicted % 항목을 이용하여 분석하였을 때 가열 전자담배 흡연이 폐

기능 검사 결과를 악화시키지는 않았다는 결과를 도출하였다(Morjaria 등, 2022). 또한 가열 전자담배 흡연자는 지속적인 금연 또는 하루에 피우는 담배 수의 현저한 감소를 달성한 반면, 대조군인 일반담배 흡연자에서는 흡연 소비량의 변화가 나타나지 않았음도 확인하였다. 이 연구의 저자는 가열 전자담배의 흡연이 폐 기능 검사 결과가 악화되지 않았고 일반담배 흡연에 비해 위험도가 적다는 점을 통해 쉽게 담배를 끊을 수 없는 COPD 환자에서 사용해야 함을 강조하였다. 가열 전자담배 흡연자는 이전에 일반담배를 흡연했거나 일반담배와의 이중 흡연을 지속적으로 시행해왔을 가능성이 높아 상대적으로 더 많은 흡연의 이력이 있을 수 있다고 언급하면서 이중 흡연은 상대적으로 더 악화된 호흡기 기능을 보일 수 있음을 주장하였다.

결과적으로 가열 전자담배 흡연이 일반담배 흡연에 비해 기도 폐쇄의 중증도는 낮으나 폐쇄성 환기장애의 위험도에는 차이가 없기 때문에 가열 전자담배의 사용을 권하지 않는 것이 장기적으로 좋을 것이나, 단기적으로 금연을 목표로 한 흡연자에게는 금연 보조제의 역할을 제공할 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 단기적 사용이라는 기간에 대한 정의는 아직까지는 명확하지 않으며 이와 관련하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 국민건강영양조사라는 대한민국의 일반적 인구를 대표할 수 있는 표본으로 충분한 수의 흡연자와 여성을 포함하고 있고 자가 설문지 작성과 같은 주관적 방식이 아닌 폐 기능 검사라는 객관적 수치를 기준으로 일반담배 흡연과 가열 전자담배 흡연이 호흡기계에 미치는 영향과 관련성을 평가할 수 있다는 점에서 의미가 있다고 판단하여 저자는 단면연구를 통해 일반담배 흡연과 가열 전자담배 흡연의 효과, 폐 기능과의 상관성을 확인하고자 연구를 시행하였다. 그러나 대한민국에서 가열 전자담배(아이코스, IQOS) 판매는 2017년 6월부터 시행되었기 때문에 본 연구에서 반영한 6,7,8차 국민건강영양조사(Korea centers for disease control and prevention, 2018) 중 가열 전자담배와 관련한 정보는 7기 3차와 8기 1차에만 반영되어 있다. 추가적으로 대상자에서 과거 흡연자, 일반담배와 가열 전자담배의 동시 흡연자를 제외하면서 이로 인해 일반담배 흡연자에 비해 가열 전자담

배 흡연자의 수가 많지 않다는 점은 한계로 생각된다. 또한 폐 기능과 관련하여 흡연 이외에 연관된 여러 요인들이 알려져 있는데, 그 중 대표적인 것이 체질량지수(BMI)와 연령이 있다. Park 등(2003)의 연구에 따르면 체질량지수(body mass index; BMI) 및 체지방률(fat percentage; fat%), 제지방지수(fat free mass; FFM)는 강제 폐활량, 1초간 강제날숨량에 영향을 주는 것으로 확인되었다. 또한 Kim 등(1990)의 연구에서 20세부터 79세까지 과거력 상 폐 질환이 없다고 인정되는 자에서 x-ray 촬영과 폐 기능 검사를 시행하였고 남녀 각 연령 군에서 측정된 폐활량(VC) 및 강제폐활량(FVC)은 나이가 증가함에 따라 폐활량과 강제폐활량은 의미 있게 감소하였다는 결론을 도출하였다. 이외 다양한 변수들에 의해 폐 기능이 영향을 받을 수 있지만, 본 연구에서는 흡연 자체의 영향력을 확인하기 위해 흡연 외의 외적인 영향과 연관된 변수를 모두 통제하였다.

V. 결 론

본 연구의 흡연 방법에 따른 환기 장애의 연관성 분석에서 일반담배 흡연 군은 비 흡연 군과 비교하여 폐쇄성 환기장애의 위험도가 증가하고 가열 전자담배 흡연 군은 비 흡연 군과 비교하여 환기장애의 연관성이 없었다. 이러한 결과는 폐쇄성 환기장애의 유무를 기준으로 하였을 때 가열 전자담배 흡연이 일반담배 흡연보다 폐쇄성 환기장애를 덜 일으킨다고 해석할 수 있다. 폐 기능 검사 항목의 FEV₁/FVC를 연속변수로 한 분석에서는 일반담배 흡연 군과 가열 전자담배 흡연 군 모두 비 흡연 군보다 낮아졌고, FEV₁을 연속변수로 한 분석에서는 일반담배 흡연 군이 비 흡연 군보다 낮아졌다. 결론적으로 흡연을 하는 행위는 흡연의 종류에 상관없이 폐 기능을 감소시키고 기도 폐쇄의 중증도는 일반담배 흡연 군이 가열 전자담배 흡연 군에 비해 높다고 할 수 있다.

가열 전자담배는 국내에 2017년도부터 도입되어 현재 까지 6년 정도의 짧은 기간 동안 유통되었기 때문에 가열 전자담배 사용 기간에 따른 폐 기능 검사 결과에 대해 명확한 결론을 내리기 불충분하다. 또한 가열 전자담

배를 사용한 기간은 본 연구의 자료인 국민건강영양조사(Korea centers for disease control and prevention, 2018)에서 조사 되어있지 않다. 그러므로 가열 전자담배 흡연도 일반담배 흡연처럼 장기간의 흡연력과 관련한 추적 연구가 필요할 것으로 생각한다.

참고문헌

- Auer R, Concha-Lozano N, Jacot-Sadowski I, et al(2017). Heat-not-burn tobacco cigarettes: smoke by any other name. *JAMA Intern Med*, 177(7), 1050-1052. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2017.1419>.
- Adriaens K, Van Gucht D, Baeyens F(2018). IQOS™ vs. e-cigarette vs. tobacco cigarette: a direct comparison of short-term effects after overnight-abstinence. *Int J Environ Res Public Health*, 15(12), Printed Online. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122902>.
- Bhat TA, Kalathil SG, Leigh N, et al(2021). Acute effects of heated tobacco product (IQOS) aerosol inhalation on lung tissue damage and inflammatory changes in the lungs. *Nicotine Tob Res*, 23(7), 1160-1167. <https://doi.org/10.1093/ntr/ntaa267>.
- Bekki K, Inaba Y, Uchiyama S, et al(2017). Comparison of chemicals in mainstream smoke in heat-not-burn tobacco and combustion cigarettes. *J UOEH*, 39(3), 201-207. <https://doi.org/10.7888/juoeh.39.201>.
- Biener L, Hargraves JL(2015). A longitudinal study of electronic cigarette use among a population-based sample of adult smokers: association with smoking cessation and motivation to quit. *Nicotine Tob Res*, 17(2), 127-133. <https://doi.org/10.1093/ntr/ntu200>.
- Brose LS, Hitchman SC, Brown J, et al(2015). Is the use of electronic cigarettes while smoking associated with smoking cessation attempts, cessation and reduced cigarette consumption? a survey with a 1-year follow-up. *Br J Addict*, 110(7), 1160-1168. <https://doi.org/10.1111/add.12917>.
- Brown J, Beard E, Kotz D, et al(2014). Real-world effectiveness of e-cigarettes when used to aid smoking cessation: a cross-sectional population study. *Br J Addict*, 109(9), 1531-1540. <https://doi.org/10.1111/add.12623>.
- Carter BD, Abnet CC, Feskanich D, et al(2015). Smoking and Mortality – beyond established causes. *N Engl J Med*, 372(7), 631-640. <https://doi.org/10.1056/NEJMsa1407211>.
- Farsalinos KE, Yannovits N, Sarri T, et al(2018). Nicotine delivery to the aerosol of a heat-not-burn tobacco product: comparison with a tobacco cigarette and e-cigarettes. *Nicotine Tob Res*, 20(8), 1004-1009. <https://doi.org/10.1093/ntr/ntx138>.
- Gottlieb DJ, Stone PJ, Sparrow D, et al(1996). Urinary desmosine excretion in smokers with and without rapid decline of lung function: the normative aging study. *Am J Respir Crit Care Med*, 154(5), 1290-1295. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.154.5.8912738>.
- Harada S, Sata M, Matsumoto M, et al(2022). Changes in smoking habits and behaviors following the introduction and spread of heated tobacco products in Japan and its effect on FEV₁ decline: a longitudinal cohort study. *J Epidemiol*, 32(4), 180-187. <https://doi.org/10.2188/jea.JE20210075>.
- Harel S, Janoff A, Yu SY, et al(1980). Desmosine radioimmunoassay for measuring elastin degradation in vivo. *Am Rev Respir Dis*, 122(5), 769-773. <https://doi.org/10.1164/arrd.1980.122.5.769>.
- Helen GS, Jacob Iii P, Nardone N, et al(2018). IQOS: examination of Philip Morris International's claim of reduced exposure. *Tob control*, 27(1), s30-s36. <https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2018-054321>.
- Kim HW, YOO ST, Song SH, et al(1990). The effect of aging on the pulmonary function of the healthy adults. *Korean J Anesthesiol*, 23(6), 1021-1026. <https://doi.org/10.4097/kjae.1990.23.6.1021>.
- Morjaria JB, Campagna D, Caci G, et al(2022). Health impact of e-cigarettes and heated tobacco products in

- chronic obstructive pulmonary disease: current and emerging evidence. *Expert Rev Respir Med*, 16(11-12), 1213-1226. <https://doi.org/10.1080/17476348.2023.2167716>.
- Morrison D, Rahman I, Lannan S, et al(1999). Epithelial permeability, inflammation, and oxidant stress in the air spaces of smokers. *Am J Respir Crit Care Med*, 159(2), 473-479. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.159.2.9804080>.
- Park JY, Pack JH, Park HJ, et al(2003). The effect of body mass index, fat percentage, and fat-free mass index on pulmonary function test. *Tuberc Respir Dis*, 54(2), 210-218. <https://doi.org/10.4046/trd.2003.54.2.210>.
- Polosa R, Caponnetto P(2017). E-cigarettes and smoking cessation: a critique of a new england journal medicine-commissioned case study. *Intern Emerg Med*, 12(1), 129-131. <https://doi.org/10.1007/s11739-016-1537-0>.
- Sethi JM, Rochester CL(2000). Smoking and chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med*, 21(1), 67-86. [https://doi.org/10.1016/S0272-5231\(05\)70008-3](https://doi.org/10.1016/S0272-5231(05)70008-3).
- Simonavicius E, McNeill A, Shahab L, et al(2019). Heat-not-burn tobacco products: a systematic literature review. *Tob control*, 28(5), 582-594. <https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2018-054419>.
- Tajiri T, Wada C, Ohkubo H, et al(2020). Acute eosinophilic pneumonia induced by switching from conventional cigarette smoking to heated tobacco product smoking. *Intern Med*, 59(22), 2911-2914. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.4746-20>.
- Thorley AJ, Tetley TD(2007). Pulmonary epithelium, cigarette smoke, and chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2(4), 409-428.
- Van der Toorn M, Sewer A, Marescotti D, et al(2018). The biological effects of long-term exposure of human bronchial epithelial cells to total particulate matter from a candidate modified-risk tobacco product. *Toxicol In Vitro*, 50, 95-108. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2018.02.019>.
- Werts MS, Kyriss T, Paranjape S, et al(2011). The toxic effects of cigarette additives. Philip Morris' project mix reconsidered: an analysis of documents released through litigation. *PLoS Med*, 8(12), Printed Online. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001145>.
- Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korean national health and nutrient examination survey, 2018. Available at https://knhanes.kdca.go.kr/knhanes/sub04/sub04_04_01.do/ Accessed May 31, 2023.
- Korea Centers for Disease Control and Prevention. The Korea youth risk behavior survey, 2019. Available at <https://www.kdca.go.kr/yhs/yhshmpg/result/yhsresult/statsBookList.do/> Accessed May 31, 2023.