www.kjcdh.org

Korean Journal of Clinical Dental Hygiene

Original Article

치과병·의원 실내공기질 평가

임가희, 배성숙*
한서대학교 치위생학과

Evaluation of Air Quality in Dental Hospitals and Clinics

Ga Hee Lim, Sung Suk Bae*
Department of Dental Hygiene, Hanseo University, Seosan, 31962, Korea

*Corresponding Author: 배성숙, (31962) 충청남도 서산시 해미면 한서1로 46 한서대학교 치위생학과, Tel : (041)660-1573, Fax : (041)660-1570, E-mail : ssbae@hanseo.ac.kr

Received: May 13, 2022
Revised: June 15, 2022
Accepted: June 16, 2022

Abstract

Objectives: In the current study, we measured the air quality of 60 dental clinics and hospitals in Seoul, Gyeonggi-do, and Incheon, with the aim to determine how best to create a pleasant indoor dental environment. **Methods:** We measured and evaluated the humidity, CO_2, total volatile organic compounds (TVOC), particulate matter less than 10 μg (PM-10), CO, NO_2, and O_3 using a uHoo filter. After dividing by area, region, and scale, air quality measurements were performed using an indoor air quality sensor. The collected data were analyzed using IBM SPSS version 20, and the significance level was set at 0.05. **Results:** The dental air quality of the included clinics was generally within the range of domestic and international standards, but the TVOC level was higher than domestic standards in operating rooms, Gyeonggi, Incheon, and hospitals. Moreover, in hospitals, the level of humidity was higher than the domestic standards, and the level of NO_2 was higher than the domestic and international standards in all areas, regions, and scales of medical institutions. **Conclusions:** The average value of dental air quality measurements differs by region and scale, highlighting the need for systematic education and environmental improvement.

Key words: Air quality, Dental clinic air quality, Indoor contamination

색인: 공기질, 치과 공기질, 실내오염

1. 서론

한국법제연구원 보고에 따르면 한국인의 실내 거주 시간은 20.3시간이며 자가용, 대중교통 이용 등을 포함할 경우 약 23.3시간으로(1), 대부분의 시간을 실내에서 보내고 있는 것으로 나타났다(2). 한정된 실내 공간에서 여러 가지 물질에 의해 오염된 공기는 건강에 해로운 영향을 미칠 수 있으며 특히 환기 부

Copyright © 2022 by Korean Journal of Clinical Dental Hygiene. 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)

족으로 외부로 배출되지 못한 실내 공기는 오염 농도를 증가시켜 치명적인 영향을 미칠 수 있다(3). 세계보건기구(WHO)는 2021년 공기오염 사망자가 연간 약 700만 명 정도이고 이 중 실내 공기오염에 의한 사망자는 약 380만 명 정도로 보고하였다(4). 실내 공기 오염은 짧은 시간에 사람들에게 영향을 주고 몇 년 간의 건강한 삶을 잃게 만들기도 한다.

실내 공기질을 오염시키는 물질들은 크게 입자로 구성된 물질과 가스로 구성된 물질 그리고 병원성 세균 등으로 구별되는데, 입자로 구성된 물질로는 일산화탄소, 초미세먼지, 석면 등이 있고, 가스로 구성된 물질로는 일산화탄소와 이산화질소, 휘발성 유기화합물, 포름알데하이드, 라돈, 오존 등이 있으며, 병원성 세균으로는 실내 공기 중에 부유하고 있는 총 부유세균 등이 있다(5). 최근, 실내 공기질 관리기준의 법 개정에 따라 실내 공기질 관리에 대한 기준이 강화되었으며 개정된 의료기관의 공기질 관리기준은 미세먼지 75 μg/m^3, 초미세먼지 35 μg/m^3, 이산화탄소 1,000 ppm, 일산화탄소 10 ppm, 이산화질소 0.05 ppb, 휘발성 유기화합물 400 μg/m^{3}의 기준치가 초과될 경우 건강에 영향을 미칠 수 있다(6).

현재 환경부 주관 의료기관 실내 공기질 관리 법령에서 관리대상 의료기관은 규모 2,000 m^3 이상 또는 병상 수 100개 이상으로 규정하고 있어(6), 해당 기준 이하의 병·의원은 실내 공기질 관리 의무 대상이 아니다. 소규모의 치과병·의원 역시 실내 공기질 관리 기준 대상에서 제외되어 있는 상황이다. 그리하여 다수의 사람들이 이용하고 있고 대부분 복합공간 내에 위치하고 있는 치과병·의원은 실내 공기질 관리에 있어서 사각지대에 놓여 있다고 볼 수 있다. 특히 치과병·의원의 실내는 치과 보존, 보철, 임플란트, 예방치료 등의 진료과정에서 발생하는 분진과 에어로졸 그리고 적출물 및 악취 등으로 실내 오염이 쉽고, 사용하는 재료의 특성상 여러가지 유기 화학적 유해물질이 존재하고 방출되어 치과 내 공기질을 악화시킬 수 있는 조건이다(7,8). 최근 들어 다행히 미세먼지 등 실내 공기질에 대한 관심이 높아지고 관련 연구들도 다수로 증가하는 추세이다(9,10). 그러나 아직 치과병·의원의 실내 공기질 관리에 대한 연구는 부족하며 주기적인 평가 및 관리의 필요성이 매우 크다.

따라서 본 연구에서는 서울, 경기, 인천 지역의 치과병·의원 60곳을 대상으로 구역별, 지역별, 병원 규모별 실내 공기질 현황을 파악하고 평가하고자 하였으며, 향후 치과병·의원 실내 공기질 향상 및 관리 방안의 자료가 되고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

2.1. 연구대상

치과병·의원 내 공기질 측정을 위하여 연구 참여에 동의한 서울, 경기, 인천 지역의 임의 선정한 치과병·의원 60곳을 대상으로 2021년 9월 15일부터 10월 31일까지 평일 오후 4시에서 5시에 연구자 1인이 해당 치과병·의원을 직접 방문하여 조사하였다.

2.2. 연구방법

치과병·의원의 실내를 치과진료실, 환자대기실, 수술실, 치과기공실, 치과방사선촬영실로 구분하였다. 그 중 수술실은 모든 진료과에서 독립된 공간으로 존재하는 수술실을 통틀어 지정하였다. 공기질을 측정하기 위해 총 5개 구역으로 나누어 측정장비인 uHoo filter air quality meter(©uHoo Limited, Hong Kong, China)를 설치하고 휴대폰 어플리케이션을 연동하여 실시간 데이터를 수집하고 기록지에 작성하였다. uHoo filter air quality meter의 설치는 해당 구역의 가장 중심이 되는 위치로 선정하고, 높이 1 m 지점의 이동선반 위에 고정하였다. 측정시간은 오후 4시부터 5시까지 한 시간 동안 각 구역별로 10분씩 측정하였으며 치과진료실, 환자대기실, 수술실, 치과기공실, 치과방사선촬영실 순으로 일정하게 측정하였다. 측정항목은 uHoo 필터의 센서를 이용하여 온도(Temperature), 기압(Pressure), 습도(Humidity), 이산화탄소(CO_2), 총 휘발성 유기화합물(TVOC), 미세먼지(PM-10), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO_2), 오존(O_3)을 측정하였다.

2.3 국내외 실내 공기질 유지기준

국내 실내 공기질 유지기준은 시설 유형에 따라 의료시설은 민감계층 이용시설로 적용하고 있고(6) 국외 관리기준은 WHO의 기준을 참고하여 비교하였다(11-13). Table 1은 국내외 실내 공기질 유지기준 중 일반 다중시설(General)과 민감계층 이용시설(Sensitive facilities)의 기준값이다.

Table 1. Comparison of indoor air quality management Standards

Substance	WHO	Korea	
		General	Sensitive facilities
Temperature(℃)	≤26	-	-
Pressure(㎪)	≤1,030	-	-
Humidity(%)	≤50	10~70	-
CO_2(ppm)	≤1,500	≤1,000	≤1,000
TVOC(㎍/㎥)	≤800	≤500	≤400
PM-10(㎍/㎥)	≤50	≤100	≤75
CO(ppm)	≤31 (1 h), 9 (8 h)	≤10	≤10
NO_2(ppm)	≤0.1 (1 h), 0.02 (1 yr)	≤0.1	≤0.05
O_3(ppb)	≤70	-	-

- :Not specified

2.4. 통계방법

수집된 자료는 IBM SPSS version 20(IBM, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였으며 유의수준은 0.05였다. 치과병·의원의 실내 공기질 측정값은 기술통계를 실시하였고, 측정항목별, 측정구역별, 측정지역별 공기질 측정값은 One-way ANOVA 분석 후 사후분석으로 Scheffe's multiple comparision을 실시하였다. 공기질 측정항목별 치과 종별 측정값 비교는 Independent t-test를 실시하였다.

2.5. 연구대상자의 윤리적 고려

본 연구의 윤리적 고려를 위하여 OO대학교 교내 연구윤리심의위원회(IRB 승인번호: HS21-09-01) 승인을 받아 진행하였다.

3. 연구결과

3.1. 치과병·의원의 실내 공기질

치과병·의원의 실내 공기질을 측정한 항목별 평균값은 Table 2와 같았다. '온도'는 WHO기준(≤26)의 범위 내인 23.84℃였고, '습도'는 67.58%로 국내기준의 범위에 포함되었으나 WHO기준(≤50) 보다는 높았다. '기압'도 WHO기준(≤1,030) 범위보다는 높은 1,061.18 ㎪ 수준이었다. '이산화탄소'는 국내기준(≤1,000)과 WHO기준(≤1,500) 범위 내인 895.78 ppm이었고, '총 휘발성 유기화합물'은 347.67 ㎍/㎥로 국내기준(≤400) 및 WHO기준(≤800) 보다 낮았다. '미세먼지'는 8.01 ㎍/㎥로 국내기준(≤75) 및 WHO기준(≤50)보다 낮았고, '일산화탄소' 역시 2.82 ppm으로 국내기준(≤10)과 WHO기준(≤9) 범위 내인 것으로 나타났으며, '이산화질소'는 국내기준(≤0.05)과 WHO기준(≤0.02) 보다 높은 1.05 ppm였고, '오존'은 WHO기준(≤70) 범위 내인 5.01 ppb로 나타났다.

Table 2. Indoor air quality measurement in dental clinics (n = 60)

Substance	Min	Max	M±SD
Temperature	22.30	25.60	23.84±1.15
Humidity	49.40	77.30	67.58±9.69
Pressure	1,005.80	1,342.10	1,061.18±124.30
CO_2	702.10	1,309.10	895.78±218.99
TVOC	63.00	651.70	347.67±228.39
PM-10	6.20	9.80	8.01±1.14
CO	1.50	5.20	2.82±1.31
NO_2	0.60	2.60	1.05±0.81
O_3	2.60	6.50	5.01±1.57

All value denote mean±standard deviation.
Min : Minimum, Max : Maximum

3.2. 치과병·의원의 실내 구역별 공기질

치과병·의원 내 구역별 공기질 측정값을 비교한 결과, 습도는 '방사선촬영실'이 69.93%, 이산화탄소는 '치과기공실'이 979.96 ppm, 총 휘발성 유기화합물은 '수술실'이 431.21 μg/m³, 미세먼지는 '진료실'이 8.35 μg/m³, 일산화탄소는 '진료실'이 4.00 ppm, 이산화질소는 '치과기공실'이 1.13 ppm, 오존은 '진료실'이 6.05 ppb로 각각 제일 높게 나타났으며, 총 휘발성 유기화합물은 '수술실'이 국내기준보다 높았고, 이산화질소가 '모든 구역'에서 국내외 기준보다 높았다(Table 3). 항목별 측정장소에 대한 차이는 Scheffe's test를 실시하였고 모든 항목에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.001).

Table 3. Comparison of air quality measurement values at dental clinic indoor measurement sites by measurement item (n = 60)

Substance	Measurement sites					F or t	p
	Treatment room[a]	Operating room[b]	Patient waiting room[c]	Dental engineering room[d]	Radiography room[e]		
Humidity	56.17±12.14	75.92±10.05	67.32±16.94	68.56±11.75	69.93±12.48	36.490	0.000***
CO_2	963.32±302.20	786.07±94.84	894.82±227.42	979.96±208.83	854.73±189.67	29.462	0.000***
TVOC	226.92±34.50	431.21±241.14	317.77±228.32	367.78±276.18	394.67±250.08	14.549	0.000***
PM-10	8.35±0.65	7.83±1.35	8.08±1.29	7.78±0.97	8.01±1.14	16.138	0.000***
CO	4.00±1.58	2.10±1.17	3.03±1.66	2.74±1.42	2.23±1.18	8.258	0.000***
NO_2	0.90±0.42	1.12±0.78	1.06±0.70	1.13±0.86	1.04±0.79	5.722	0.000***
O_3	6.05±0.24	4.47±1.33	5.17±1.10	4.76±1.55	4.60±1.39	34.372	0.000***

All value denote mean±standard deviation.
*p<.05, **p<.01, ***p<.001, p-value by one-way ANOVA test.
[a-e] Statistically significant differences were tested by scheffe's multiple comparisions.

3.3. 치과병·의원의 지역별 공기질

공기질 측정항목에 따른 서울, 경기, 인천의 지역별 측정값을 비교한 결과, 습도는 '경기'가 72.09%로 높았으며, 이산화탄소는 '인천'이 942.80 ppm으로, 총 휘발성 유기화합물은 '경기'가 428.88 μg/m³로, 미세먼지는 '서울'이 9.50 μg/m³로, 일산화탄소는 '경기'가 3.20 ppm으로, 이산화질소는 '경기'가 1.14 ppm으로, 오존은 '서울'이 5.80 ppm으로 조사지역 중 각각 제일 높게 나타났다. 대부분 국내외 기준 범위 내에 있었고 총 휘발성 유기화합물은 '경기'와 '인천' 지역이 국내기준 보다 높았으며, 이산화질소는 '서울', '경기', '인천'의 모든 지역에서 국내외 기준보다 높았다(Table 4). 항목별 측정지역에 대한 차이는 Scheffe's test를 실시하였고 모든 항목에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.001).

Table 4. Comparison of measured dental clinic indoor air quality by region according to measurement items

Substance	Regional division			F or t	*p*
	Seoul[a]	Gyeong-gi[b]	Incheon[c]		
Humidity	62.90±3.98	72.09±8.86	67.75±7.79	48.290	0.000***
CO_2	890.15±192.39	854.39±98.23	942.80±102.08	42.375	0.000***
TVOC	248.47±142.71	428.88±283.42	365.65±171.18	15.397	0.000***
PM-10	9.50±6.24	7.13±2.13	7.40±5.40	7.583	0.000***
CO	2.40±1.71	3.20±1.54	2.86±1.15	12.298	0.000***
NO_2	0.90±0.56	1.14±0.74	1.11±0.72	5.851	0.000***
O_3	5.80±1.74	4.73±0.48	4.40±1.37	11.524	0.000***

All value denote mean±standard deviation.
*p<.05, **p<.01, ***p<.001, p-value by one-way ANOVA test.
[a-c] Statistically significant differences were tested by Scheffe's multiple comparisions.

3.4. 치과병·의원의 종별 공기질

치과병원과 치과의원의 종별에 따른 실내 공기질을 비교한 결과, 습도는 '병원'이 70.15%로, 이산화탄소는 '의원'이 929.96 ppm으로, 총 휘발성 유기화합물은 '병원'이 409.89±234.91 μg/m³로, 미세먼지는 '의원'이 8.15 μg/m³로, 일산화탄소는 '의원'이 3.36 ppm으로, 이산화질소는 '병원'이 1.28 ppm으로, 오존은 '의원'이 5.27 ppb로 각각 더 높게 나타났다(Table 5). '병원'의 습도와 총 휘발성 유기화합물은 '병원'이 국내기준보다 높았다. 이산화질소는 '의원'과 '병원' 모두에서 국내외 기준보다 각각 높았다. 치과병·의원의 종별 공기질 차이는 모든 항목에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.001).

Table 5. Comparison of measured indoor air quality of dental clinics and dental hospitals by air quality measurement item

Substance	Regional division		F or t	*p*
	Dental clinic[a]	Dental hospital[b]		
Humidity	65.01±1.06	70.15±8.38	17.345	0.000***
CO_2	929.96±145.32	861.60±125.30	8.081	0.000***
TVOC	285.45±188.4	409.89±234.91	4.204	0.000***
PM-10	8.15±3.78	7.87±0.96	15.235	0.000***
CO	3.36±1.08	2.28±1.32	5.695	0.000***
NO_2	0.82±0.61	1.28±0.36	3.412	0.000***
O_3	5.27±1.43	4.75±1.07	9.380	0.000***

All value denote mean±standard deviation.
*p<.05, **p<.01, ***p<.001, p-value by one-way ANOVA test.
[a,b] Statistically significant differences were tested by scheffe's multiple comparisions.

4. 고안

2012년 한국법제연구원 보고서에 따르면 우리나라 국민은 직장 및 학교, 식당 등 공공시설에서의 실내 체류시간이 미국, 캐나다에 비해 하루 평균 1~2시간 더 많은 것으로 나타났다(1). 오늘날 현대인들은 하루 중 대다수의 시간을 실내에서 보내고 있으며, 실내 오염 물질에 의한 위험성은 전세계적으로 심각한 수준이다(2).

우리나라의 경우 '실내공기질 관리법'에서는 미세먼지, 초미세먼지, 이산화탄소, 포름알데히드, 총 부유세균, 일산화탄소 항목에 대해유지기준 초과시 과태료나 개선명령이 시행되고 있으며, 의료시설은 민감계층 이용시설로 분류되므로 더 엄격한 관리가 필요하다(6).

본 연구에서는 민감계층 이용시설에 해당하는 치과병·의원의 공기질에 대해 온도(Temperature), 습도(Humidity), 기압(Pressure), 이산화탄소(CO_2), 총 휘발성 유기화합물(TVOC), 미세먼지(PM-10), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO_2), 오존(O_3)의 9개 항목을 조사하였고 그 중 국내 기준이 없는 온도(Temperature)와 기압(Pressure)을 제외한 7개 항목을 측정 장소별, 지역별, 규모별로 각각 비교하였다. 먼저, 습도는 전체 67.58%로 나타났고 수술실이 75.92%로 가장 높았고 진료실 56.17%로 가장 낮았다. 지역별로는 경기가 72.09%로 높았으며, 의료기관 종별에서는 치과병원이 70.15%로 치과의원보다 높았다. 일반적으로 상대습도는 40~60%를 유지할 때 생물학적 오염도를 낮출 수 있고 건강환경을 확보할 수 있다(15). 국내기준(10~70%) 보다 높은 습도를 유지하는 그룹은 수술실과 경기지역이었으며, 모든 그룹이 WHO기준(≤50%)보다는 높았고, 그 중 진료실이 WHO 기준치에 근접했다. 상대습도가 60% 이상이 되면 곰팡이 진균의 성장이 가능하며 습도가 기준보다 높아질수록 진균의 성장에 유리한 환경 조건이 된다(15). 즉 본 연구에서 국내기준보다 높게 나타난 수술실, 경기지역, 치과병원 영역에서의 습도 조절이 필요한 것으로 보여진다.

다음으로 이산화탄소 측정값은 895.78 ppm으로 국내기준(≤1,000 ppm)과 WHO기준(≤1,500 ppm) 보다 낮았으며, 모든 그룹에서 범위 내에 있었다. 그룹 간에서는 치과기공실이 979.96 ppm으로 그 중 높았고, 지역별로는 인천이 942.80 ppm으로 그 중 높았고, 종별에서는 의원이 929.96 ppm으로 병원보다 높았다. 선행 연구에서 학교보건법 공기질 관리 부분에서 '주의(Caution)' 등급인 1,001-2,000 ppm시 집중력 저하, 주의력 상실, 심박수 증가 및 메스꺼움 등이 나타날 수 있고(16), 위생적으로 받아들일 수 없는 단계 'hygienically unacceptable'로 정의하기도 하였다(17). Twardella D(18)등은 학교 내 이산화탄소의 농도는 인체에 치명적이지는 않지만 집중력 약화, 결석률 증가 등으로 공기질지표 산정에 반드시 활용되어야 한다고 강조하였다. 이 등(19)의 연구에서는 국내 의료기관의 이산화탄소 측정값이 600.01 ppm으로 조사된 바 있는데, 본 연구의 결과인 895.78 ppm과 비교하면 약 1.5배 낮은 결과였다.

다음으로 총 휘발성 유기화합물 측정값은 347.67 μg/m³로 국내기준(≤400 μg/m³)및 WHO기준(≤800 μg/m³)보다 낮았다. 치과 내 구역별로는 수술실이 431.21 μg/m³로 그 중 높았고 국내 기준보다 높았다. 지역별로는 경기가 428.88 μg/m³로 국내기준보다 높았다. 종별에서는 치과병원이 409.89μg/m³로 그 중 높았고 국내 기준보다 높았다. 그러나 그 외 모든 그룹에서는 국내외 기준보다 낮아 안정적이었다. 총 휘발성 유기화합물은 비등점 50°C~260°C 유기화합물의 총칭으로 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌 등으로 구성되며 발생원은 건축자재, 마감재 및 접착제, 청소용품, 세척제, 복사기 토너, 실내 연소 등이다(20). 선행 연구에 의하면 총 휘발성 유기화합물 농도는 가전제품 주변 평균이 거실 평균보다 1.15배 높게 나타났고, 건축 1년 미만의 신축 공동주택이 기존의 공동주택보다 높게 나타났으며(20), 계절적으로는 겨울이 높게 나타났고, 일반주택보다는 아파트인 공동주택에서 더 높게 나타난 것으로 보고되었다(21,22). 이러한 선행연구의 결과에 따라서 치과 의료기관은 사용하는 재료와 치료 과정 특성상 공기 중 유해한 성분이 부유할 가능성이 크며, 특히 치과병원은 유동인구가 많은 다중이용시설이기 때문에 총 휘발성 유기화합물이 국내 기준치보다 높게 나온 것으로 보여진다.

다음으로 미세먼지의 경우 측정값은 8.01 μg/m³로 국내기준(≤75 μg/m³) 및 WHO기준(≤50 μg/m³) 보다 매우 낮은 수준이었고 모든 그룹에서 국내외 기준보다 낮았다. 측정구역별에서는 진료실, 환자대기실, 치과방사선촬영실, 수술실, 치과기공실 순이었고, 지역별로는 서울, 인천, 경기 순이었다. 종별에서는 치과의원이 8.15 μg/m³로 치과병원 7.87 μg/m³ 보다 높았다. 선행연구에서 영월군의 초등학교 교실에서의 미세먼지 병합 평균 농도는 11.9 μg/m³로 조사되었고(23), 서울의 한 초등학교에서 측정한 미세먼지는 99.5 μg/m³로 조사되어(24) 서울지역과 영월지역과는 큰 차이가 있었으나, 두 개 학교 모두 학교보건법에서 정하고 있는 기준인 100 μg/m³를 초과하지는 않아 기준치는 초과하지는 않지만 지역별로 차이가 있다는 점이 본 연구와 유사하다. 또 다른 연구에서는 국내 의료기관의 미세먼지가 61.25 μg/m³로 조사된 바 있는데(16), 본 연구 결과인 8.01 μg/m³에 비하면 매우 높은 것으로 보고되었다. 최근에는 미세먼지(PM-10)보다 인체에 더 해롭다는 초미세먼지(PM-2.5)에 대한 관심도 높아지고 있고(25), 기후변화에 대한 국민적 관심이 대기 중 미세먼지 농도에 영향을 받고 있기 때문에(26) 치과병·의원의 실내 공기질 관리 측면에서도 고려가 필요하다.

다음으로 일산화탄소는 2.82 ppm으로 조사되어 국내기준(≤10 ppm) 및 WHO기준(≤9 ppm) 보다 현저히 낮았다. 측정구역별로는 진료실이 4.00 ppm으로 더 높았고, 지역별로는 경기가 3.20 ppm으로 그 중 더 높았으며, 종별 구분에서는 치과의원이 3.36 ppm으로 치과병원보다 높았다. 그러나 모든 측정값은 국내외 제시된 기준보다 낮았다. 이 등(16)의 연구에 의해 국내 의료기관 일산화탄소의 측정값은 0.66 ppm으로 보고된 바 있는데, 본 연구 결과가 4.3배 가량 더 높게 나타났다. 그러나 윤 등(27)의 보고에서는 실내 주차장 3.0 ppm, 찜질방 1.6 ppm, 대규모 점포 1.0 ppm으로 본 연구와의 차이는 크지 않았다.

다음으로 측정한 이산화질소는 1.05 ppm은 국내기준(≤0.05 ppm) 및 국외기준(≤0.02 ppm) 보다 매우 높았다. 치과기공실이 1.13 ppm으로 그 중 높았고, 다음으로 수술실, 환자대기실, 방사선촬영실, 진료실 순이었고, 지역별에서도 경기 1.14 ppm으로 그 중 더 높았고, 인천, 서울 순이었으며, 종별에서는 치과병원이 1.28 ppm으로 치과의원보다 높았다. 전체적으로 이산화질소는 모든 그룹에서 국내외 기준보다 높았다. 전(28)의 연구에 따르면 이산화질소는 호흡기나 눈, 코 점막에 자극을 주어 건강에 악영향을 미칠 수 있다고 하였고, 윤 등(27)의 보고에서는 실내 주차장이 0.064 ppm, 지하 역사가 0.052 ppm, 찜질방이 0.039 ppm으로 보고하여 관련 연구에서 대부분 유지기준을 초과하는 결과를 확인할 수 있었으며, 특히 우리의 연구에서도 이산화질소의 농도는 상대적으로 높아 원인 규명 및 대책 마련이 필요한 것으로 보인다.

마지막으로 오존 측정값은 5.01 ppb로 국내기준은 제시되어 있지 않지만 WHO기준(≤70 ppb) 보다는 매우 낮았고 모든 그룹에서 WHO기준 내에 포함되어 있었다. 측정구역에 따라서는 진료실이 6.05 ppb로 그 중 높았고, 수술실이 4.47 ppb로 그 중 낮았으며, 지역별로는 서울이 5.80 ppb로 그 중 높았고, 종별에서는 치과의원이 5.27 ppb로 치과병원보다 높았다. 오존은 대기 중 질소산화물과 휘발성유기산화물이 자외선에 의한 반응으로 생성되어 기준 초과 농도에서는 폐 세포 및 호흡기능에 영향을 미쳐 인체에 직접 노출될 경우 치명적 요소가 될 수 있고(29), 일반적으로 100 ppb (0.10 ppm)에서 눈에 자극을 느끼며, 200 ppb (0.02 ppm) 이상일 때 냄새로 느낄 수 있는 한계로 알려져 있다(30). 우리나라의 경우 대기 오존 농도가 120 ppb (0.12 ppm) 이상일 때 오존 주의보 및 300 ppb (0.3 ppm) 이상일 오존 경보를 발령한다(30).

본 연구의 내용을 종합해 볼 때 측정값은 대부분 유지기준 범위 내에 있었으나 습도는 WHO기준 보다 높았고 이산화질소는 국내 및 WHO기준보다 높았다. 치과 내 구역별 측정값에서는 수술실의 총 휘발성 유기화합물이 국내기준 보다 높았고, 이산화질소는 모든 구역에서 국내외 기준보다 높았다. 지역별 측정값에서는 '경기'와 '인천' 지역의 총 휘발성 유기화합물이 국내기준 보다 높았으며, '서울', '경기', '인천'의 모든 지역에서 이산화질소가 국내외 기준보다 높았다(p<0.01).

최근 많은 연구자들은 실내 공기질 뿐만 아니라 미세먼지와 대기오염 등 건강위험요인을 중심으로 연구를 진행하고 있다. 그러나 지금까지 치과 의료기관의 공기질 평가에 대한 연구는 부족한 실정이다. 현실적으로 치과종사자들은 대부분 공기질 관리에 대한 인식이 부족하고 관련된 여러 사고에 대한 근거가 부족하며 법적인 규제도 없기 때문에 정확한 실태 파악조차 어려운 상황이다. 따라서 본 연구를 통해 향후 치과병·의원 근무자가 공기질과 관련된 건강 위해 요소를 인지하고 공기질 관리에 적극 참여하여 보다 나은 건강을 유지할 수 있기를 기대한다. 본 연구 진행과정에서 나타난 한계점으로는 현행 '실내공기질 관리법'에서 유지기준으로 반드시 지켜야 하는 관리기준 항목인 초미세먼지, 포름알데히드, 총 부유세균에 대한 조사와 치과병·의원 내의 장소 중 기구 소독실 또는 감염관리실을 여건상 추가하여 조사하지 못했다는 아쉬움이 있으며, 더불어 온도, 기압을 보정하지 않은 상태에서의 공기질 측정값이라는 한계점도 있었다. 끝으로 본 연구의 결과를 바탕으로 각각의 항목에 대한 후속 연구가 필요하며 더 나아가 인과관계를 밝힐 수 있는 질적 연구가 절실히 요구된다.

5. 결론

본 연구에서는 서울, 경기, 인천 지역의 60개의 치과병·의원의 실내 공기질 실태를 조사하여 비교하기 위해 uHoo 필터를 이용하여 습도, 이산화탄소, 총 휘발성 유기화합물, 미세먼지, 일산화탄소, 이산화질소, 오존을 측정하여 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 치과병•의원의 실내 공기질은 이산화탄소, 총 휘발성 유기화합물, 미세먼지, 일산화탄소는 국내외 기준 범위 내였고, 습도는 WHO기준 보다는 높았으며 이산화질소는 국내외 기준보다 높았다.

2. 치과병•의원 내 구역별 공기질은 진료실의 경우 미세먼지, 일산화탄소, 오존이 그 외 구역보다 높았고, 수술실은 총 휘발성 유기화합물이, 치과기공실은 이산화탄소, 이산화질소가, 치과방사선촬영실은 습도가 각각 그 외 구역보다 높았으며(p<0.001), 수술실의 경우 총 휘발성 유기화합물이 국내 기준보다 높았고, 이산화질소의 경우 모든 구역에서 국내외 기준보다 높았다.

3. 치과병•의원 실내 공기 질을 지역별로 조사한 결과 서울에서는 미세먼지, 오존이, 경기에서는 습도, 총 휘발성 유기화합물, 일산화탄소, 이산화질소가, 인천에서는 이산화탄소가 그 외 지역보다 높았으며(p<0.001), 경기와 인천 지역은 총 휘발성 유기화합물이 국내기준 보다 높았고, 이산화질소는 모든 지역에서 국내외 기준보다 높았다.

4. 치과병•의원 실내 공기 질을 종별로 구분해본 결과 치과의원에서는 이산화탄소, 미세먼지, 인산화탄소, 오존이 병원보다 높았고, 병원에서는 습도, 총 휘발성 유기화합물, 이산화질소가 더 높았다(p<0.001). 병원의 습도는 국내 기준보다 높았고, 총 휘발성 유기화합물은 병원이 국내 기준보다 높았고, 이산화질소는 모든 그룹에서 국내외 기준보다 높았다.

본 연구를 통해 치과병·의원의 내부 공기질 향상을 위한 제도적인 개선의 노력이 필요하며 치과 실내 종사자는 공기질 위해성을 인식하고 주기적인 관찰과 개선을 위한 노력이 필요한 것으로 여겨진다. 실내 공기질 평가에 대한 새로운 관점을 제시하는데 의의가 있으며 추가적인 연구가 요구된다.

References

1. Park JW, Lee JS, Yoon IJ. A study on the laws and regulations for the advancement of indoor air quality management. Sejong: Ministry of Environment;2013:1-300.
2. Lim HS, Kim SK, Paik DM, Kim IJ, Jung C, Kim DS. A study on the development of the occupational health manual for hospital employees. Ulsan:Occupational Safety and Health Research Institute;2002;1-295.
3. Choi MS. An analysis about recognition of indoor air quality of workers at dental clinics in Jeollanamdo Area. Journal of The Korea Society of Computer and Information. 2018;23(11):137-142. 10.9708/jksci.2018.23.11.137.
4. World Health Organization Resources.Home. Publications. Overview. [online] https://ourworldindata.org/data-review-air-pollution-deaths. 2022.06.14.
5. Lee SC, Chang M. Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong. Chemosphere 2000;41(1-2):109-113. 10.1016/s0045-6535(99)00396-3.
6. Korea Legistration Research Institute. Korea Law Translation center. Indoor air quality control act. [online] https://elaw.klri.re.kr/eng_service/lawView.do?hseq=41231&lang=ENG.2021.11.21.
7. Kollef MH, Fraser VJ. Antibiotic resistance in the intensive care unit. Ann Intern Med 2001;134(4):298-314. 10.7326/0003-4819-134-4-200102200-00014.
8. Song JH, Min JY, Jo KA, Yoon MH, Paik NW. A study on airborne microorganisms in hospitals in Seoul, Korea. Korean J Environ Health Sci. 2008;5(3):196-214. G704-000185.2007.33.2.010.
9. Lee BR, Kim JH, Kim KS, Kim HJ, Lee KY. Assessment of thermal comfort in a general hospital in winter using predicted mean vote (PMC). J Environ Health 2015;6(41):389-396. 10.5668/JEHS.2015.41.6.389.
10. Ministry of Environment of Republic of Korea. 2020 Multiuse facilities · New apartment houses · Public transportation vehicles report on indoor air quality guidance and inspection results. Ministry of Environment;2021;19.
11. World Health Organization. Health topics. Environment and health. Air Quality. Publicatins. [online] https://www.euro.who.int/en/health-topics/enviroment-and-health/air quality/publications. 2021.11.23.

12. Environmental Protection Agency. Air quality index. [online] https://www.epa.gov/naaqs. 2021.11.23.
13. WorkSafeNB. Air quality. [online] https://ohsguide.worksafenb.ca/topic/airquality.html. 2021.11.23.
14. Lim HS. A study on the development of the occupational health manual for hospital employees. Seoul: KOSHA;2002:295.
15. Moon, HJ. Humidity control in buildings for healthy environment. Review of Architecture and Building Science 2015;59(2):53-59.
16. Kim DY, Kwon JY, Lee TJ, Park YK, Jo YM. Indoor air quality index for school classrooms based on health effects. J Environ Impact Assess. 2021;30(6):380-392. 10.14249/eia.2021.30.6.380.
17. Lahrz T, Bischof W, Sagunski H et al. Gesundheitliche bewertung von kohlendioxid in der innenraumluft. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2008;51(11):1358-1369. 10.1007/s00103-008-0707-2.
18. Twardella D, Matzen W, Lahrz T et al. Effect of classroom air quality on students' concentration: results of a cluster-randomized cross-over experimental study. Indoor Air 2012;22(5):378-387. 10.1111/j.1600-0668.2012.00774.x.
19. Lee YH, Choi YJ, Choi JO. Convergence evaluation of indoor air measurement in medical institution. Korea convergence society 2017;8(1):71-76. 10.15207/JKCS.2017.8.1.071.
20. Nam KC, Lee YH. An analysis on HCHO, TVOC, CO_2concentration of existing housing indoor air in summer. Korea Institute of Ecological Architecture and Environment 2016;16(6):115-122. 10.12813/kieae.2016.16.6.115.
21. Chun CY, Park HS, Sohn JY, Kouichi I. Measurement study on indoor organic compounds air pollution in winter - In case of 96 houses in Seoul- Journal of the Architectural Institute of Korea 2004;20(5):171-177.
22. Chun CY, Park JK, Sohn JY. Study on seasonal change of the volatile organic compounds air pollution concentration in Seoul residence. Architectural Research 2005;21(3):125-132.
23. Park SH, Park TH, Park SJ et al. Levels of the concentration of PM 10 and PM 2.5 in elementary school classroomate Yeongwol county. Journal of Odor and Indoor Environment 2018;17(1):11-17. 10.15250/joie.2018.17.1.11.
24. Han BW, Hong KJ, Shin DH et al. Field tests of indoor air cleaners for removal of PM2.5 and PM10in elementary school's classrooms in Seoul, Korea. Particle and Aerosol Research) 2019;15(2):79-90. 10.11629/jpaar.2019.15.2.079.
25. Manfred N, Michael GS, Friedrich H et al. Acute effects of particulate matter on respiratory diseases, symptoms and functions:: epidemiological results of the Austrian Project on Health Effects of Particulate Matter (AUPHEP). AUPHEP 2004;38(24):3971-3981. 10.1016/j.atmosenv.2003.12.044.
26. Yang WH. Changes in air pollutant concentrations due to climate change and the health effect of exposure to particulate matter. Health and welfare policy forum 2019;269:20-31.
27. Yoon TH, Han KM, Jeon JS, Lee HC, Kim NJ, Kim JH. Carbon monoxide and nitrogen oxides of public used facilities for indoor air quality. Environ Eng Res 2007:1204-1209.
28. Jeon SJ. A study on changes in indoor air pollution by educational activities -Centering on Newly-Established Elementary Schools- The The Journal of Sustainable Design and Educational Environment Research 2007;6(2):66-90.
29. Kwak YK, Yoon IK, Lee JH, Yoo SH. Consideration about Ozone generation in the treatment room while treating a patient. The Journal of Korean Society for Radiation Therapy 2009;21(2):75-82.
30. Choe DI. The effect of ozone on the human body-focusing on ozone. Incheon:National Institute of Environmental Research;1995:1-35.