

Changing microbial concentrations are associated with ventilation performance in Taiwan's air-conditioned offices buildings

저자/P. -C. Wu, Y. -Y. Li, C. -M. Chiang, C. -Y. Huang,
C. -C. Lee, F. -C. Li, H. -J. Su
출처/ INDOOR AIR 2005:15:19-26

서론

건물에서 미생물 오염은 건축자재, 환기설비, 인간의 행위에 기인하고 있다고 한다. 미생물이 공기조화 시스템(HVAC)에 전이되어 있다면, 이는 결과적으로 시스템 오염을 통하여 거주공간으로 분산시킨다. 오염된 공간내 거주자들은 여러 형태의 건강상의 영향을 호소하며 종종 건물증후군으로 발전된다. HVAC는 실내공기를 정화, 가습, 희석, 냉난방 과정을 통하여 실내공기에 변화를 준다. 충분한 실내공기 교환은 오염물질을 희석하는데 필요하다. 잘 관리된 여과재를 통한 필터링은 미생물 오염을 예방하는 효과적인 방법으로 알려져 있다. 그러나 HVAC의 여러 공정이 오히려 이러한 미생물의 오염을 일으키는 것으로 알려져 있지만, 자세한 내용을 담은 자료는 매우 제한적이다.

이 연구의 목적은 HVAC가 설치된 대형 건축물을 선정하여 미생물의 오염을 1주일 이상 농도 변이를 평가하고, 사무실의 총 미생물 오염에 대해 거주자 수, 환기 형태, 공기교환율이 미치는 영향을 분석하였다.

재료 및 방법

타이완에서는 사무실 건물의 85%가 팬 코일장치(Fan Coil Unit, FCU)를 갖추고 있고, 8%만이 공기조절장치(Air-handling unit, AHU)를 가지고 있다. 본 연구 대상으로 AHU를 갖춘 5곳과 FCU를 갖춘 7곳, 총 12개 빌딩을 타이완 중앙, 북부, 남부에서 무작위로 선정하였다. 대상 건축물의 연령은 1-30년이었으며, 각 건축물의 3-4층을 측정대상으로 각 층마다 3-10개의 측정지점을 선정하였다. 측정지점의 거주인원 수는 매번 기록하였고, 각층마다 최소 한 개소에서 실외의 미생물 농도를 측정하였다.

AHU 건물은 독립적인 외부 공기유입 덕트를 갖추고 있으며, 전단계 필터 및 고효율 분진필터(HEPA)가 각 설비마다 설치되어 있었다. FCU를 설비하고 있는 건물의 경우 외부 공기 유입은 대부분 창문과 문을 통해 들어오며, 순환되는 공기는 천정 공간에서 혼합된다. 이 환기 시스템들은 대부분 주간 근무시간에 작동되었다.

측정대상 사무실의 온도와 습도의 변화는 측정기기와 컴퓨터를 이용하여 연속으로 저장

을 하였다. 측정 주간동안 각 측정간의 간격은 최소 4.8분이었다.

곰팡이와 박테리아 측정은 Burkard 샘플러를 이용하여 복수 포집을 하였다. 사용된 배지는 곰팡이는 MEA, 박테리아는 TSA를 이용하여, 유량 10L/min, 포집 높이 1.2-1.5m로 사람의 호흡기 높이에서 포집하였다. 포집 후 측정기기는 70%의 알코올로 소독하였다. 박테리아 포집의 경우 작업 시작, 점심 및 작업종료 시간 등 하루 3회에 걸쳐 포집하였다. 포집 기간은 12개 건물에서 여름 동안인 6, 7, 8, 9월 4개월 동안 포집하였다. MEA의 경우 포집 후 25°C에서 5일간 배양 했으며, TSA는 30°C에서 2일간 배양하였고, 농도 결과는 CFU/m³으로 나타내었다. 공기교환율은 SF6 가스 감소 방법으로 멀티가스 측정기를 이용하여 분석하였다.

FCU와 AHU를 사용하는 건물간 공기 중 미생물 농도 차이는 t-test를 사용하여 분석하였고, 건물 연수, 공기교환율, 거주인 수 등 변수와 실내 미생물 농도의 관련성은 다중회귀분석을 이용하였다.

결과

12개 건물 내 온도는 18-31.0°C이었고, 습도는 40-77%로 조사되었다. 건물 간 평균 온도와 습도의 통계적 차이는 없었다. 대부분의 건물에서 총 박테리아의 농도는 1,000CFU/m³을 넘었다. FCU 건물의 26-80%에서 곰팡이 농도가 ACGIH의 기준인 1,000CFU/m³을 넘었다. AHU 건물의 경우는, 건물 E에서만

20%의 시료에서 1,000CFU/m³을 넘었다.

실내에서 가장 많이 발견되는 종류는 클라도스포리움, 페니실리움, 아스퍼질러스, 이스트였다. FCU 환기 건물(F, G, H, J, L)에서는 클라도스포리움 평균 농도가 200CFU/m³을 넘었다. 이런 환기 장치를 가진 건물에서는 높은 위험이 있는 미생물로 알려진 아스퍼질러스와 페니실리움이 많이 발견되었으며, 농도가 100CFU/m³을 넘었다. AHU와 FCU 환기 건물 간에 공기 중 곰팡이와 박테리아 농도에 통계적인 차이가 있었다. 실내와 실외(I/O)간 비의 경우, 박테리아는 외부보다 항상 내부에서 많이 포집되었고, FCU 건물에 이스트는 I/O비가 항상 1이 넘는 것으로 조사되었다. 총 곰팡이, 아스퍼질러스, 알터나리아, 클라도스포리움, 비포자성 곰팡이 등도 FCU 건물에서 높은 I/O비를 나타내었다. 그러나 페니실리움만 AHU 건물에서 높게 평가되었다. 특히 FCU 건물에서는 알터나리아가 아주 높게 발견되었고, AHU 건물에서는 페니실리움이 높게 발견되었다.

공기교환율은 FCU 건물의 경우 0.35-3.97/h, AHU 건물은 0.84-2.92/h로 평가되었으며, 건물 간 통계적 차이가 없었다.

실내 평균 미생물의 농도와 건물의 연수, 공기교환율, 사용 인원, 거주 인원의 활동특성 관계를 다중회귀분석으로 분석한 결과, FCU 건축물에서 건축물의 사용연수와 공기교환율은 실내 미생물의 농도와 밀접한 관계가 있는 것으로 조사(R²=0.542, P=0.006)되었으나, AHU 건물에서는 관계가 없었다. AHU 환기 건물에서 높은 실내 총 곰팡이 농도, 클라도스

포리움, 비포자성 곰팡이 등과 건물 연령, 높은 공기교환율, 낮은 거주 인원 등이 상호간 관련이 있는 것으로 조사되었다. 실내의 높은 이스트 농도는 건축 연수, 많은 수의 거주 인원 등이 FCU 건물에서 관련성이 높았다. 이와 같은 현상은 AHU 건물에서도 발견되었으나 통계적으로 유의하지 않았다. FCU 환기 건물에서 높은 실내 미생물의 농도가 측정되었으며, 이는 건축물의 연수가 가장 중요한 요인으로 조사되었다.

결론

이 연구의 결과, 높은 실내공기 중 미생물의

농도는 FCU 환기 건축물에서 보다 쉽게 관찰되며, 이는 FCU 건물이 미생물의 성장에 필요한 요소들을 보다 많이 갖추고 있기 때문으로 보인다. 공기교환율의 증가는 실외에서 유입된다고 평가되는 클라도스포리움 유입을 촉진시켜 실내 미생물 농도를 증가시킬 것으로 본다. 이 연구에서는 환기 시스템에서 외부 공기를 공기 유입구에서 적절히 여과하여야 실내 공기 중 미생물 농도를 낮출 수 있을 것으로 보고 있으며, 추가로 공기교환율과 필터 효율이 실내 미생물 농도에 미치는 연구의 필요성을 제시하고 있다. ☺

제공 / 가톨릭대의대 예방의학교실 김현욱·임호주

목 록

- Maggie A. Isbell, Richard J. Stolzberg and Lawrence K. Duffy. Indoor climate in interior Alaska:simultaneous measurement of ventilation, benzene and toluene in residential indoor air of two homes. Science of The Total Environment, Volume 345, Issues 1-3, 1 June 2005, Pages 31-40
- N. Kalogerakis, D. Paschali, V. Lekaditis, A. Pantidou, K. Eleftheriadis and M. Lazaridis Indoor air quality?bioaerosol measurements in domestic and office premises. Journal of Aerosol Science, Volume 36, Issues 5-6, May-June 2005, Pages 751-761
- E. Gratia, I. Bruyere and A. De Herde. How to use natural ventilation to cool narrow office buildings. Building and Environment, Volume 39, Issue 10, October 2004, Pages 1157-1170
- N.H.Nyuk Hien Wong and Bernard Huang. Comparative study of the indoor air quality of naturally ventilated and air-conditioned bedrooms of residential buildings in Singapore. Building and Environment, Volume 39, Issue 9, September 2004, Pages 1115-1123
- Yifang Zhu, William C. Hinds, Margaret Krudysz, Thomas Kuhn, John Froines and Constantinos Sioutas. Penetration of freeway ultrafine particles into indoor environments. Journal of Aerosol Science, Volume 36, Issue 3, March 2005, Pages 303-322