

Building-related respiratory symptoms can be predicted with semi-quantitative indices of exposure to dampness and mold

저자: J. H. Park, P.L. Schleiff, M. D. Attfield, J.M. Cox-Ganser, K. Keriss

출처: Indoor air 2004;14:425-433

배경

현재의 공기중 곰팡이 시료 채취와 분석방법은 노출-반응(exposure-response)관계를 검사할 때 연속적인 값을 제공한다. 그러나 포집 및 분석 오차가 크며 곰팡이 농도가 시공간적으로 변하기 때문에 활용이 제한적이다. 이를 통한 결론은 역학연구에서 노출과 건강상의 영향이 관련이 없는 것 같은 그릇된 결론을 유도할 수가 있다.

많은 연구에서 거주지의 습기와 곰팡이의 성장이 호흡기 증상과 관련이 있음을 보고하였다. 이런 연구에서는 습기를 눈에 보이는 곰팡이, 물 얼룩, 응축된 물, 수해 여부, 곰팡이 냄새, 자가 보고서, 조사, 습도 측정을 기초로 하여 습함/습하지 않음의 이분법으로 구분을 하였다. 이는 노출-반응에 충분한 정보를 제공할 수 없었다.

바이오에어로졸 측정의 어려움과 습기의 이분법적 평가는 부적절하므로 시각과 후각의 분류를 기본으로 한 반정량적 노출 평가방법은 습한 건축 환경에서 역학적 노출-반응 연구를 할 때 강력하면서도 비용절감적인 대체 접근 방법으로 볼 수 있다.

이 연구에서는 건물관련성 호흡기 증상 유무와 진단을 하였고, 호흡기 증상을 예측하기 위하여 관찰적 측정인 반정량적 습기/곰팡이 노출 지표의 유용성을 실험하였다.

방법

연구대상 및 역학조사

이 연구는 40개 대학 건물에서 1,231명의 근로자를 대상으로 하였다. 이중 7개 대학을 선정하였고, 13개 건축물에서 554명에게 설문지를 배포하였다. 총 393명이 응답하였고, 응답률은 71 %였다. 호흡기 증상관련 질문은 유럽연합의 호흡기 증상 설문지와 미국흉부학회의 설문지를 참조하였다. 추가로 연구에 참여하지 않은 161명에 대해 4개월 후 전화조사를 하였는데 63명이 응답하였고 응답률은 39 %이었다.

하기도 호흡기 증상은 천명음, 답답함, 숨참, 기침으로 분류하였으며, 상기도 호흡기 증상은 비후 증상, 비강 증상, 목구멍 자극이었다.

이 연구에서는 추가로 침수 피해를 입은 한 건물에서 호흡기 증상이 심해 다른 건물로 이 전하여 근무하고 있던 한 학과의 교원을 대상으로 건물 관련성 증상을 조사하였다.

환경 평가

전체 12개 빌딩 669개의 사무실을 조사하였고, 대조군 건물에서 무작위로 52개를 선택하여 조사하였다. 산업위생사 팀이 표준화된 조사양식을 사용하여 사무실을 천장, 바닥, 벽, 창문, HVAC, 수도관, 가구 등 7개의 구역으로 구분하였으며, 환경요소로는 물 얼룩, 눈에 보이는 곰팡이, 곰팡이 냄새, 습도로 구분하여 평가하였다. 관찰의 타당성을 평가하기 위하여 두 팀으로 구성하여 침수 피해를 입은 8개 사무실의 측정결과를 상호 비교 평가하였다.

물 얼룩은 0~3까지 4단계로 구분하여 7개 구역을 평가하였고, 이 점수를 합산 후 평균 내어 Average Water Stain Score(AWSS)를 산출하였다. 곰팡이의 경우는 관찰 여부를 평가하고, 냄새는 강도에 따라 3단계로 구분하였다. 습도의 경우 조사자가 표면을 손으로 만져 축축하면 습함(damp), 물이 보이면 젖음(wet)으로 구분하여 평가하였다.

이 논문에서는 반정량적 평가를 위하여 특정 환경요소에 가중치를 둔 조합을 이용하였는데, 물 얼룩과 눈에 보이는 곰팡이에 가중치를 두어 점수를 계산하였다. 즉 물 얼룩 가중치 = 1.0(물 얼룩 있음)+0.5(곰팡이 보임)+0.5(곰팡이 냄새남)+0.5(습기 있음)로 계산하였고, 곰팡이 보임 가중치 = 0.5(물 얼룩 있음)+1.0(곰팡이 보임)+0.5(곰팡이 냄새남)+0.5(습기 있음)로 하였다.

위에 제시한 결과를 이용하여 개인노출지표(Individual exposure index, IEI)를 이용하여 노출정도를 평가하였다.

TFi는 특정 공간에서 근무하는 시간을 나타내며 Ei는 계산된 값이다.

AWSS와 곰팡이 유무, 곰팡이 냄새, 습도의 관계와 AWSS의 최소자승평균값(LSM)을 얻기 위하여 회귀분석을 하였고, 건축물 그룹간의 호흡기 증상을 비교하기 위하여 카이제곱 분석을 하였다. 개인노출지표와 건물 관련 호흡기 증상을 비교하기 위하여 다중로지스틱회귀분석을 하였다.

결과

증상발현

전체 참여자 393명의 평균 연령은 51세(31~65세)로 이중 54 %가 여성이며, 87 %가 백인이었다. 증상은 대략 30 %가 하기도 호흡기 증상을 호소하였고, 60 %가 코와 비강내 증상을 나타내었다. 40 %는 목구멍 자극 증상이 있었다. 393명 중 43 %가 천식 유사증상이 있는 것으로 조사되었고, 18 %가 과민성 폐렴 유사증상을 나타내었다. 전체 17 %가 의사에 의해 천식 진단을 받았으며, 이중 절반이 건축물과 관련이 있는 것으로 조사되었다.

환경평가

침수 피해가 있는 건물이 물 얼룩, 곰팡이 있음, 곰팡이 냄새, 습도가 높은 것으로 조사되었고, 이런 건물내 AWSS는 0.8로 대조군 건물의 0.38보다 높았다. 다변량 분석에서 침수 피해 건물내 AWSS(LSM=0.81)는 대조군 건물(LSM=0.44)보다 높았고, 로지스틱회귀분석에

서 침수 피해 건물에서 곰팡이 있음과 곰팡이 냄새의 odds ratio가 각각 11.4와 4.5였다.

호흡기 증상과 개인노출지표(IEI)의 관계

323명의 AWSS IEI는 0~2.2(평균 0.63)였고, 물 얼룩 가중치 IEIs는 0~1.8(평균 0.89), 보이는 곰팡이 가중치는 0~1.6(평균 0.63)으로 계산되었다. AWSS와 보이는 곰팡이 가중치로 계산한 IEIs가 냄새와 습도로 계산된 IEIs보다 건축물 관련 호흡기 증상을 보다 더 일관되게 예측하였다. 다변량 로지스틱 회귀분석에서 AWSS-IEIs는 천명음과 목구멍 자극에서 보다 유용한 예측치이었고, 보이는 곰팡이 노출은 천명음, 가슴 답답함, 발은 호흡, 비후 증상, 비강 증상과 관련이 있었다. 곰팡이 냄새에 노출은 목구멍 자극과 유의한 관계가 있었고, IEIs 조합 수치는 가슴 답답함, 발은 호흡, 비후 증상, 비강 증상과 유의한 관계가 있었다. 목구멍 자극과 천명음의 경우 AWSS-IEIs가 물 얼룩가중치 IEIs보다 나은 예상을 하였다. 그러나 이러한 모델들은 다른 건축물 관련 호흡기 증상을 예측할 수 있는 능력을 보여주고 있다.

사무실 이전 및 비참여자 조사

추가 실험을 통하여 습도와 호흡기 증상과의 관련성을 보았다. 사무실을 이전한 26명의 근로자 중 14명이 침수 피해를 입은 건물에서 근무할 때 건물관련 호흡기 증상을 호소하였고, 이전 후에는 14명 중 36 %가 증상이 없어지거나 감소한 것으로 조사되었다.

토의

건축물 상태와 증상발현의 연관성은 다음의 3가지 증거가 있다. 첫째, 증상의 발현과 의사 진단이 침수 피해를 입은 건물에서 높다는 점이다. 둘째, 사무실 이전을 통해 근로자의 증상이 감소하거나 없어지는 것으로 보아 이는 침수 피해의 영향으로 증상이 발현된 것으로 보이며, 셋째, 이 연구의 통계 모델은 증상과의 관련성뿐만 아니라 반정량적 습기/곰팡이 노출 평가 지표와 건물 관련 호흡기 증상의 노출-반응 관계를 규명하였다.

이전의 많은 연구에서 호흡기 증상과 습도 관계에 대한 연구를 하였으며, 관련성을 보고를 하였다. 이 연구에서는 기존의 연구와 다르게 습도를 시간 가중치를 이용한 반 정량적 습도/곰팡이 노출 평가 지표를 이용하여 연속 변수로 나타내었다. 이를 이용하여 노출 반응 관계를 실험할 수 있었다. 여러 건축물 관련 호흡기 증상의 노출-반응 관계의 관찰은 이 연구의 지표가 관련 노출에 대한 유효한 대체일 것이다. 많은 연구에서 건축물의 습도에 대해 이분법, 삼분법을 사용하였으나, 본 연구에서는 4분법을 사용하여 연구를 진행하였으며, 대상을 7개의 구역으로 구분하여 평가를 하여 보다 정확하게 습도 상태를 평가할 수 있었다.

결론

이 연구를 통하여 건축물의 습도와 호흡기 증상과의 관련성을 다시 증명을 하였고, 이 연구에서 사용된 특정 건물내 근무 시간과 시각/후각 관찰을 가중한 반 정량적 습도/곰팡이 노출 지표가 건축물 관련 호흡기 증상과 관련이 있음을 보여주었다. 이 연구를 통해 호흡기

증상을 예측하려면 물 얼룩, 곰팡이 유무, 냄새, 습도 등이 중요한 요인이며 이들 요인의 상대적 크기에 따라 건물 보수시 우선순위를 설정하는데 이용할 수 있음을 보여주었다.

참고문헌

Dharmage S, Bailey M, Raven J, Abeyawickrama K, Cao D, Guest D, Rolland J, Forbes A, Thien F, Abramson M, Walters EH. Mouldy houses influence symptoms of asthma among atopic individuals. *Clin Exp Allergy* 2002;32:714-720

Engvall K, Norrby C, Norback D. Ocular, airway, and dermal symptoms related to building dampness and odors in dwellings. *Arch Environ Health*. 2002;57(4):304-10

Jaakkola MS, Nordman H, Piipari R, Uitti J, Laitinen J, Karjalainen A, Hahtola P, Jaakkola JJ. Indoor dampness and molds and development of adult-onset asthma:a population-based incident case-control study. 2002;110:543-547.

Hardin BD, Kelman BJ, Saxon A. Adverse human health effects associated with molds in the indoor environment. *J Occup Environ Med*. 2003;45(5):470-478.

Saijo Y, Kishi R, Sata F, Katakura Y, Urashima Y, Hatakeyama A, Kobayashi S, Jin K, Kurahashi N, Kondo T, Gong YY, Umemura T. Symptoms in relation to chemicals and dampness in newly built dwellings. *Int Arch Occup Environ Health*. 2004 Sep 9. [PubMed](#)

〈제공 : 편집위원 김 현 옥〉