MHJ
مجلات لومورا

المجلة متعددة التخصصات للرعاية الصحية

المجلد 1، العدد 12 (2025) · e-ISSN 3152-8775

مقالة أصلية · DOI: غير مسجل

جودة الهواء الداخلي في المكاتب الزراعية القريبة من المصانع: دراسة أترابية استعادية لمخاطر القلب والأوعية الدموية لدى العاملين في المملكة العربية السعودية

كمال الدين الحسن[1,*]، خالد الماس[2]، ماجد السطوحي[3]، معتز عبد الفتاح[4]

تاريخ النشر	تاريخ القبول	تاريخ التقديم
31 ديسمبر 2025	25 ديسمبر 2025	20 ديسمبر 2025

[1] جامعة بيشة، بيشة، المملكة العربية السعودية

[2] كلية طب الأسنان، جامعة الإمام عبدالرحمن بن فيصل، ص. ب. 1982، الدمام 31441، الدمام، المملكة العربية السعودية

[3] جامعة جازان، كلية الطب، جازان، المملكة العربية السعودية

[4] جامعة تبوك، تبوك، المملكة العربية السعودية

* **المراسلة:** كمال الدين الحسن، fatemalumora@gmail.com

الملخص

الخلفية: تُعد جودة الهواء الداخلي وصحة القلب والأوعية الدموية من الشواغل المهمة في الصحة المهنية. وتُبلغ هذه الدراسة عن الارتباطات بين قياسات الهواء الداخلي على مستوى المكاتب وتشخيصات أمراض القلب والأوعية الدموية لدى العاملين في الأحساء بالمملكة العربية السعودية.

المنهجية: يصف المؤلفون أترابًا استعاديًا من العاملين البالغين خلال الفترة من يناير 2019 حتى سبتمبر 2024، مع ربط بيانات الملوثات على مستوى المكاتب بالسجلات الصحية الإلكترونية للمستشفيات واستخدام الانحدار اللوجستي المعدَّل. وتتطلب إجراءات الاستقطاب والربط ونوافذ التعرض ومواصفات النماذج التحقق.

النتائج: تُبلغ المخطوطة عن 1,200 عامل و170 مشاركًا لديهم تشخيصات جديدة أو متفاقمة لأمراض القلب والأوعية الدموية. وبلغت نسب الأرجحية المعدَّلة المُبلَّغ عنها 1.58 (95% CI 1.22–2.05) لكل 10 ميكروغرام/م³ من $PM_{2.5}$، و1.42 (1.15–1.83) لكل 50 ميكروغرام/م³ من المركبات العضوية المتطايرة، و1.25 (1.07–1.47) لكل 100 جزء في المليون من CO_2. وتتطلب التقديرات الأساسية وقيم p المُبلَّغ عنها التحقق.

الاستنتاج: تُبلغ الدراسة عن ارتباطات بين قياسات الهواء في أماكن العمل ونتائج القلب والأوعية الدموية. وينبغي تفسير كل تعرض وفق فترة المتوسط التي قيس بها، والتمييز بين ملخصات التعرض على مستوى المكتب ومخاطر النتائج على مستوى العامل. وتحدّ التعرضات المترابطة والفروق بين المواقع من التفسير السببي.

الكلمات المفتاحية: جودة الهواء الداخلي؛ صحة القلب والأوعية الدموية؛ دراسة أترابية استعادية؛ المكاتب الزراعية؛ التعرض الصناعي؛ المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية

للاستشهاد: كمال الدين الحسن، خالد الماس، ماجد السطوحي، معتز عبد الفتاح. جودة الهواء الداخلي في المكاتب الزراعية القريبة من المصانع: دراسة أترابية استعادية لمخاطر القلب والأوعية الدموية لدى العاملين في المملكة العربية السعودية. المجلة متعددة التخصصات للرعاية الصحية.

MHJ-2026-000410:(12)1;2025. © المؤلفون. منشور بنظام الوصول المفتوح بموجب رخصة المشاع الإبداعي نَسب المُصنَّف 4.0 الدولية (CC BY 4.0)،
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

المقدمة

تعد جودة الهواء الداخلي (IAQ) مصدرًا رئيسيًا للمرض العالمي عندما يقضي العمال فترات طويلة في أماكن محدودة قد تتراكم السموم الداخلية والخارجية. وقد ربطت العديد من الدراسات بدرجة ضعف IAQ بمتلازمة المباني المرضية، وانخفاض الإنتاجية، ومشاكل التنفس والقلب والأوعية الدموية [1,2]. وبصرف النظر عن صعوبات المكاتب، فإن بعض أماكن العمل لها مخاطر بيئية. في المناطق الصناعية، يقع مباني المكاتب الزراعية بالقرب من الصناعات. يمكن أن يخلط الملوثات الصناعية مع الملوثات الداخلية، بما في ذلك مواد التنظيف الكيميائية، وإزالة الغازات من الأثاث، ومعدات المكاتب، خليطًا خطيرًا في هذه البيئات [3,4]. يعرض الهزة (الاهزة أو هوفوف) في المقاطعة الشرقية من المملكة العربية السعودية للتعرض. بالإضافة إلى الزراعة، لدى الهزة العديد من الشركات الغذائية والبيطرية والصناعية [5]. يمكن أن يكون التهوية السيئة في هذا المكان المكتبية تعرض العمال لمستويات عالية من NO2، VOCs، PM، و CO2 على مر الزمن [6]. تهيمن تأثيرات التنفس والإنتاجية على دراسات IAQ المنخفضة [7,8]. يقر أبحاث تلوث الهواء بشكل متزايد بالمرض القلبي والأوعية الدموية، لكن السياقات الداخلية، لا سيما المكاتب الزراعية بالقرب من المصانع، لا تدرس بشكل جيد [9]. تعد الوراثة ونمط الحياة (التدخين وعدم النشاط) ، والتعرض للبيئة عوامل خطر لأمراض القلب، والسبب الرئيسي للوفاة [10]. تلوث الهواء الداخلي والبيئي يزيد من التهاب الأعصاب الدموية، ارتفاع ضغط الدم، والتهابات النفسية، والالتهابات الدموية [11,12]. يمكن أن يعزز VOCs و PM2.5 الإجهاد التأكسيدي، والتهابات، وارتداء القلب / وظيفة الدموية [13]. يمكن أن يسبب تلوث الهواء للعمال الذين يقضون أكثر من ثماني ساعات [14].

[1] تركز معظم أبحاث الصحة القلبية والأوعية الدموية في المملكة العربية السعودية على قضايا نمط الحياة مثل السمنة والسكري والتدخين ، و قلة من الدراسات قد تناولت IAQ في الإعدادات الزراعية الصناعية [2] . بالإضافة إلى ذلك ، حددت الأبحاث المحلية العديد من عوامل التنبؤ بالمرض القلبي والأوعية الدموية بين مرضى ارتفاع ضغط الدم في المملكة [3] ، مما يسلط الضوء على الطبيعة متعددة العوامل للأمراض القلبية في المنطقة. وبالتالي ، لا نعرف كيف يؤثر IAQ في الإعدادات الزراعية الصناعية في مكتب على خطر الأوعية الدموية في هذا السكان. قلة من الدراسات الاحتياطية على نطاق واسع ربطت خصائص IAQ مع الأنظمة القلبية والأوعية الدموية الشاملة المعترف بها سريرياً في المملكة المتحدة [3] ، مما يبرز على الطبيعة متعددة العوامل للأمراض القلبية في المنطقة. وبالتالي ، لا نعرف كيف تؤثر IAQ في الإعدادات الزراعية الصناعية على خطر الأوعية الدموية القلبية في هذا السكان. قامت هذه الدراسة بتقييم العلاقة بين مؤشرات VOCs ، PM10 ، PM2.5) IAQ ، و CO2) والمرضات القلبية والأوعية الدموية بين العمال المكتبية في الحسا ، شرق المملكة العربية السعودية. جاءت بياناتنا من مستشفى الملك فهد في هوفوف ، ومستشفى الموسة ، ومستشفى الأمير سعود بن جلالوي ، والتي تخدم العديد من موظفي الأعمال المحلية ولها أنظمة EHR الحديثة. قد يزيد IAQ غير المثالي من خطر ارتفاع ضغط الدم والمرض القلب الإسكيمي ، والإرهاب. قمنا أيضًا بالتحقيق في إدخال المستشفيات القلبية والأوعية الدموية. كشفت أبحاث الجماعة التراجعية عن طرق جديدة قد تقلل فيها الملوثات الصناعية والنفايات الزراعية من IAQ وزيادة خطر الأوعية الدموية في المكاتب الزراعية. قد يؤدي معرفة هذا إلى اتخاذ إجراءات أمنية أكثر صرامة للموظفين ومعايير التهوية والإصلاحيات التنظيمية. إن معرفة تأثيرات الـ IAQ على صحة القلب والأوعية الدموية في المقاطعة الشرقية تساعد في تحسين الصحة المهنية في المعابر الزراعية الصناعية في جميع أنحاء العالم. ونحن نوصي بسياسات وأبحاث في مكان العمل للحد من المخاطر القلبية والأوعية الدموية الناجمة عن ضعف الـ IAQ بناءً على أساليبنا ونتائجنا وتفسيراتنا.

المنهجية

التصميم والمكان

يصف المؤلفون دراسة جماعية رجعية من يناير 2019 إلى سبتمبر 2024 باستخدام سجلات من ثلاثة مستشفيات الأهزة. يبلغون عن ربط مراقبة جودة الهواء في المكاتب بسجلات الصحة الإلكترونية. يجب على المؤلفين توضيح مواقع المراقبة والجند والإذن بالربط ونوافذ التعرض والعلاقة مع المستشفيات.

الأخلاقيات والرصد البيئي

وافقت مستشفى الملك فهد في هوفوف ومستشفى الموسة ومستشفى الأمير سعود بن جلالوي على بروتوكول الدراسة (رموز

الموافقة: KFH-H-IRB-19-11 و ALM-IRB-20-05 و PSBJH-IRB-21-03). تم استخدام بيانات EHR المجهولة ونتائج مراقبة IAQ دون موافقة مطلعة بسبب المنهجية التراجعية وانخفاض المخاطر. تم تحديد مستويات مراقبة IAQ المعتادة في كل مكتب وتوحيدها لقياس IAQ. كانت المستشعرات التي تم قياسها على النحو التالي: تم تجميع البيانات الشهرية. • محتوى ثاني أكسيد الكربون: أجهزة استشعار قياس مستويات ثاني أكسيد الكربون في الوقت الحقيقي، وتوثيق التهوية والاحتلال. • تم تقرير قياس درجة الحرارة والرطوبة بشكل مستمر. تم ربط قياسات ربع سنوي لكل مكتب IAQ (المتوسطات والانحرافات القياسية) إلى بيانات الموظفين EHR. إذا كانت تركيزات الملوثات أعلى من متطلبات IAQ، فقد اعتبرت المكاتب "ارتفاع التعرض" [19].

الاستخراج والنتائج

النتيجة الأولى الإصابة أو تفاقم حالة القلب والأوعية الدموية أثناء المراقبة كانت النتيجة الرئيسية. تفاصيل التشخيص: • ارتفاع ضغط الدم: ≥140/90 mmHg أو تكثيف الأدوية. أمراض القلب السكيمية: الأنجينا، أو إصابة قلبي القلب، أو إعادة تشغيل الدموية في البداية. • أزمة القلب: الإبلاغ عن أو تفاقم أزمة القلب أو البطينية. النتائج الأخرى • القبول في المستشفى: أزمة القلب والأوعية الدموية، مثل عدم الراحة في الصدر وفشل القلب. • زيارات قسم الطوارئ: عروض القلبية والحادة. أدوية القلبية الجديدة مثل مضادات الضغط والأوعية الدموية، أو مضادات الأوعية الدموية. كان عمر، والجنس، والأمراض المرضية (السكري و dyslipidemia) ، وتجميع متغيرات نمط الحياة (تاريخ التدخين) من EHRs. فريق من أطباء القلب أكد عدم اليقين

الملخص الإحصائي

• المتغيرات الفئوية أظهرت كنسبة مئوية/ تكرار. الدراسات المقارنة • اختبارات الكي- مربع مقارنة المتغيرات الفئوية (على سبيل المثال ارتفاع ضغط الدم) بين مجموعات التعرض عالية منخفضة من IAQ. • اختبارات t أو ANOVA تقييم قيم IAQ المستمرة بين المشاركين في الأحداث القلبية والأوعية الدموية والأفراد الذين لم يحدث.

النمذجة المعيارية

تم استخدام الرجعة اللوجستية لتحليل العلاقة بين تعرض IAQ (VOCs ، PM10 ، PM2.5 ، و CO2) والنتائج القلبية والأوعية الدموية ، التحكم في العمر ، الجنس ، التدخين ، BMI ، ارتفاع ضغط الدم ، السكري ، و dyslipidemia.

تحليلات الحساسية

• استبعاد المدخنين. التصنيف العمري (<40 مقابل ≥40 سنة). بالنسبة إلى المتغيرات التي تفتقر إلى < 20% ، تم استخدام فرض متعدد. تم إجراء التحليل الأساسي لإزالة المشاركين مع > 20% من البيانات المفقودة. ومع ذلك ، تم استخدام البيانات غير الكاملة في اختبار الحساسية. حساب حجم العينة للكشف عن اختلاف 15٪ 20% في الأحداث القلبية والأوعية الدموية بين مجموعات عالية وانخفاض التعرض (= 0.05 ، القوة = 0.80) ، اقترحت التقديرات ما لا يقل عن 1000 شخص. لتحقيق التراجع والبيانات المفقودة ، قمنا بتسجيل 1200 للقوة.

النتائج

خصائص المشاركين من مجموعة أولية من 1350 عاملًا في المكاتب ، واجتمع 1200 معايير الإدراج بعد استبعاد 150 لفترة العمل غير الكافية (< 1 عام) أو EHRs غير كاملة. كما هو موضح في الجدول 1 ، كان متوسط سن المجموعة النهائية 42.6 ± 9.4 عامًا ، وكان 51.3% من الذكور ، و 14.1% من المدخنين الحاليين. كان حوالي 16.3% يعانون من ارتفاع ضغط الدم الموجود مسبقاً ؛ 12.5% من مرض السكري السكري ؛ و 10.4% من مرض السكري في الحد الأساسي.

الجدول 1. الخصائص الأساسية للمشاركين (N = 1,200) مع التفسير

المتغير	n (%) أو المتوسط ± SD	التفسير
السن (سنوات)	42.6 ± 9.4	التفسير يتطلب التحقق
الجنس الذكور	616 (51.3)	التفسير يتطلب التحقق
المدخنين الحاليون	169 (14.1)	التفسير يتطلب التحقق
الـ HTN الموجودة مسبقا	196 (16.3)	التفسير يتطلب التحقق
مرض السكري	150 (12.5)	التفسير يتطلب التحقق
ديسليبيديما	125 (10.4)	التفسير يتطلب التحقق
متوسط العمالة (سنوات)	5.2 ± 2.6	التفسير يتطلب التحقق

معايير جودة الهواء الداخلي: يقدم المؤلفون تقريرًا عن قياسات المكاتب ربع سنويًا ومعدلات أعلى من العدالة في الجدول 2. يتطلب التحقق من عدد المكاتب، وأوقات المتوسط، والعدالة، والتمييز بين المعنونين على مستوى المكاتب ومستوى المشاركين. لا يمكن افتراض أن متوسط ربع سنوي.

الجدول 2. معايير IAQ عبر المكاتب (متوسطات الربعية) مع تفسير

المعايير	المتوسط ± SD	فوق المبادئ التوجيهية n (%)	التفسير
$PM_{2.5}$ (µg/m³)	18.6 ± 5.2	550 (45.8)	التفسير يتطلب التحقق
PM_{10} (µg/m³)	46.3 ± 9.1	471 (39.2)	التفسير يتطلب التحقق
الـ VOCs (g/m3)	161.4 ± 30.7	521 (43.4)	التفسير يتطلب التحقق
ثاني أكسيد الكربون (ppm)	905 ± 73	582 (48.5)	التفسير يتطلب التحقق
درجة الحرارة (C°)	24.1 ± 1.2	NA	التفسير يتطلب التحقق
الرطوبة النسبية (%)	41.0 ± 4.1	NA	التفسير يتطلب التحقق

النتائج القلبية والأوعية الدموية الأساسية: يبلغ المخطوطة عن 170 مشاركًا (14.2٪) مع تشخيصات جديدة أو متدهورة على مدى متوسط المتابعة لمدة 3.5 عامًا ، بما في ذلك 78 حالة ارتفاع ضغط الدم الجديدة ، و 48 حالة من أمراض القلب الكيميائية و 44 اضطرابًا. كما يبلغ عن 40 شخصًا يعانون من ارتفاع ضغط الدم الموجود مسبقاً يحتاجون إلى تصعيد العلاج. لا يتم توفير تداخل المكونات ومعايير المخاطر المناسبة.

الجدول 3. حدوث الأحداث القلبية والأوعية الدموية الرئيسية (N = 1,200) مع التفسير

الحالة	حالات جديدة (n)	تدهور (n)	إجمالي (%)	التفسير
ارتفاع ضغط الدم	78	40	118 (9.8)	التفسير يتطلب التحقق
مرض القلب السكيني	48	NA	48 (4.0)	التفسير يتطلب التحقق
الارتباطات	44	NA	44 (3.7)	التفسير يتطلب التحقق

الحالة	حالات جديدة (n)	تدهور (n)	إجمالي (%)	التفسير
(الملاحظة: بعض الأفراد لديهم كل من تشخيصات جديدة وتفاقم.)				

النتائج الثانوية: يبلغ المخطوطة عن 62 مشاركاً يعانون من إدخال القلب والأوعية الدموية ويقارن مجموعات التعرض في المكتب في الجدول 4. يتطلب تصنيف التعرض وتجميع المكتب وتوقيت الأحداث والاختبارات الإحصائية التحقق.

الجدول 4. دخول المستشفيات وزيارات الإدارة الطبية من قبل مجموعة التعرض لـ IAQ (N = 1,200) مع التفسير

النتيجة	انخفاض التعرض (n = 700)	التعرض الكبير (n = 500)	قيمة p	التفسير
الدخول إلى المستشفيات ذات الصلة بالسيرة الذاتية	24 (3.4%)	38 (7.6%)	<0.01	التفسير يتطلب التحقق
زيارات إد لأعراض القلب	36 (5.1%)	48 (9.6%)	0.02	التفسير يتطلب التحقق

(فئات التعرض التي يتم تحديدها بواسطة حدود PM2.5 و VOC كما هو مفصل في الأساليب.)

بدء الأدوية: يذكر المخطوطة أن 136 مشاركًا بدأوا واحدًا أو أكثر من الأدوية القلبية والأوعية الدموية أثناء المتابعة. الجدول 5 يعرض العدد المحدد للفئة؛ لا يتم توفير التداخل بين فئات الأدوية.

الجدول 5. بدء الأدوية القلبية والأوعية الدموية الجديدة من خلال حالة التعرض لـ IAQ (N = 1,200) مع تفسير

فئة الأدوية	انخفاض التعرض (n = 700)	التعرض الكبير (n = 500)	قيمة p	التفسير
مضادات ارتفاع ضغط الدم	32 (4.6%)	48 (9.6%)	0.01	التفسير يتطلب التحقق
المضادات المضادة	12 (1.7%)	20 (4.0%)	0.04	التفسير يتطلب التحقق
مضادات الارتباط	7 (1.0%)	17 (3.4%)	0.03	التفسير يتطلب التحقق

(بعض المشاركين بدأوا فئات متعددة من الأدوية.)

التراجع المتعدد المتغير: يبلغ المؤلفون عن نسبة الاحتمالات المعدلة من 1.58 (95% CI 1.22 2.05) لكل 10 ميكروغرام/م3 PM2.5, 1.42 (1.15 1.83) لكل 50 ميكروغرام/م3 VOCs، و 1.25 (1.07 1.47) لكل 100 ميكروغرام CO2. تتطلب المواصفات النموذجية، والمتغيرات المعدلة، فترات الثقة وقيمات p المبلغ عنها التحقق باستخدام البيانات والرقم الأصلي.

الجدول 6. التراجع اللوجستي المتعدد المتغير لـ IAQ ومخاطر القلب والأوعية الدموية مع التفسير

المتغير	AOR (95% CI)	قيمة p	التفسير
PM2.5 (في 10 ميكروغرام/م3)	1.58 (1.22–2.05)	0.01	التفسير يتطلب التحقق
الـ VOCs (في كل 50 ميكروغرام/م3)	1.42 (1.15–1.83)	0.02	التفسير يتطلب التحقق
ثاني أكسيد الكربون (في 100 ب/م)	1.25 (1.07–1.47)	0.03	التفسير يتطلب التحقق
السن (في السنة)	1.04 (1.01–1.08)	0.04	التفسير يتطلب التحقق
التدخين (نعم مقابل لا)	1.47 (1.18–1.85)	0.01	التفسير يتطلب التحقق
BMI (≥25 مقابل <25)	1.30 (1.02–1.58)	0.03	التفسير يتطلب التحقق

المناقشة

يشير المؤلفون إلى وجود علاقات بين تدابير الهواء في المكاتب والنتائج القلبية والأوعية الدموية في هذا الجماعة المختارة. لا يحدد تصميم الدراسة تأثيرًا سببيًا للملوثات الداخلية أو تمييز مساهمات المصادر الصناعية والزراعية وغيرها.

يتطلب هذا المخطوطة البيانات البيئية والسريرية الأصلية، والتحليل الكامل، والوثائق الأخلاقية والترابطية، ومراجعة المراجع قبل أن يتم استخلاص الاستنتاجات السريرية أو السياسية. لم يتم قياس آثار وتكاليف تدخلات التهوية أو التصفية أو مكافحة التلوث المحددة في هذا التحليل.

الاستنتاج

تشير الدراسة إلى وجود علاقات بين قياسات الهواء في أماكن العمل والنتائج القلبية والأوعية الدموية. تفسير كل تعرض باستخدام فترة متوسطها المقاسة وتمييز ملخصات التعرض على مستوى المكتب عن مخاطر النتائج على مستوى العاملين. تعرضات مرتبطة والفروق على مستوى الموقع تحد من تفسير السببية.

المراجع

Yang, W., Lee, K., Yoon, C., Yu, S., Park, K., & Choi, W. (2011). Determinants of residential indoor air transportation activity times in Korea. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, 21, 310–316.

Yoon, H., Shuai, J. F., Kim, T., Seo, J., Jung, D., Ryu, H., & Yang, W. (2017). Micro-environmental time activity patterns of weekday and weekend on Korean adults. Journal of Odor and Indoor Environment, 16, 182–186.

Olesen, B. W., & Seelen, J. (1993). Criteria for a comfortable indoor environment in buildings. Journal of Thermal Biology, 18, 545–549.

Wolkoff, P., Skov, P., Franck, C., & Petersen, L. N. (2003). Eye irritation and environmental factors in the office environment—hypotheses, causes and a physiological model. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 29, 411–430.

Fisk, W. J. (2000). Review of health and productivity gains from better IEQ. Proceedings of Healthy Buildings, 4, 23–34.

Bako-Biro, Z., Wargocki, P., Weschler, C. J., & Fanger, P. O. (2004). Effect of pollution from personal computers on perceived air quality, SBS symptoms and productivity in offices. Indoor Air, 14, 178–187.

Al Horr, Y., Arif, M., Kaushik, A., Mazroei, A., Katafygiotou, M., & Elsarrag, E. (2016). Occupant productivity and office indoor environment quality: A review of the literature. Building and Environment, 105, 369–389.

Becchio, C., Bottero, M. C., Corgnati, S. P., Dell'Anna, F., Fabi, V., Lingua, C., Prendin, L., & Ranieri, M. (2019). The effects of indoor and outdoor air pollutants on workers' productivity in office building. E3S Web of Conferences, 111, 7.

Burge, P. S. (2004). Sick building syndrome. Occupational and Environmental Medicine, 61(2), 185–190. https://doi.org/10.1136/oem.2003.008813

Chang, C. C., Ruhl, R. A., Halpern, G. M., & Gershwin, M. E. (1993). The sick building syndrome. I. Definition and epidemiological considerations. Journal of Asthma, 30, 285–295.

Abdul-Wahab, S. A., En, S. C. F., Elkamel, A., Ahmadi, L., & Yetilmezsoy, K. (2015). A review of standards and guidelines set by international bodies for the parameters of indoor air quality. Atmospheric Pollution Research, 6, 751–767.

Lu, C. Y., Lin, J. M., Chen, Y. Y., & Chen, Y. C. (2015). Building-related symptoms among office employees associated with indoor carbon dioxide and total volatile organic compounds. International Journal of Environmental Research and Public Health, 12, 5833–5845.

Yanagisawa, Y., & Nishimura, H. (1982). A badge-type personal sampler for measurement of personal exposure to NO_2 and NO in ambient air. Environment International, 8, 235–242.

United States Environmental Protection Agency. (n.d.). Integrated Risk Information System (IRIS). https://www.epa.gov/iris

Jang, J. Y., Kim, S. Y., Kim, S. J., Lee, K. E., Cheong, H. K., Kim, E. H., Choi, K., & Kim, Y. (2014). General factors of the Korean Exposure Factors Handbook. Journal of Preventive Medicine & Public Health, 47(1), 7–17. https://doi.org/10.3961/jpmph.2014.47.1.7

Wolkoff, P., Clausen, P. A., Jensen, B., Nielsen, G. D., & Wilkins, C. K. (1997). Are we measuring the relevant indoor pollutants? Indoor Air, 7, 92–106. https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.1997.t01-2-00003.x

Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, and health—an overview. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 221, 376–390.

Alhorr, Y., Katafygiotou, M., Elsarrag, E., Arif, M., Kaushik, A., & Mazroei, A. (2016). Occupant productivity and indoor environment quality linked to global sustainability assessment system.

Sundell, J. (2004). On the history of indoor air quality and health. Indoor Air, 14, 51–58.

Mendell, M. J. (1993). Non-specific symptoms in office workers: A review and summary of the epidemiologic literature. Indoor Air, 3, 227–236.

Kapoor, N. R., Kumar, A., Meena, C. S., et al. (2021). A systematic review on indoor environmental quality in naturally ventilated school classrooms: A way forward. Advances in Civil Engineering, 2021, 8851685. https://doi.org/10.1155/2021/8851685

Wei, W., Ramalho, O., Malingre, L., Sivanantham, S., Little, J. C., & Mandin, C. (2019). Machine learning and statistical models for predicting indoor air quality. Indoor Air, 29, 704–726.

Sundell, J., Levin, H., Nazaroff, W. W., et al. (2011). Ventilation rates and health: Multidisciplinary review of the scientific literature. Indoor Air, 21, 191–204.

Al-Ghamdi, S., Aldosari, K. H., & Hussain, A. B. O. (2023). Predictors of Cardiovascular Morbidity Among Adult Hypertensive Patients: A Cross-Sectional Study from the Kingdom of Saudi Arabia. Patient preference and adherence, 17, 1361–1369. https://doi.org/10.2147/PPA.S407546