

# THỬ NGHIỆM ĐO LƯỜNG NỒNG ĐỘ PHƠI NHIỄM BỤI PM2.5 CÁ NHÂN TẠI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Trần Thị Anh Thư<sup>1,2</sup>, Vũ Khánh Linh<sup>1</sup>, Trần Khánh Huyền<sup>3</sup>

Phan Thị Trúc Thủy<sup>4</sup>, Vũ Anh Tuấn<sup>5</sup>, Lê Thị Hương<sup>5</sup>

Hồ Hoàng Vũ<sup>1</sup> và Trần Ngọc Đăng<sup>1,✉</sup>

<sup>1</sup>Đại học Y Dược TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Trung tâm Y tế Quận Bình Thạnh

<sup>3</sup>Trung tâm Y tế Quận Tân Phú

<sup>4</sup>Phân viện khoa học An toàn vệ sinh lao động và Bảo vệ môi trường miền Nam

<sup>5</sup>Đại học Việt Đức

Nghiên cứu nhằm đo lường nồng độ bụi PM2.5 phơi nhiễm cá nhân theo các nhóm yếu tố: đặc điểm nhân khẩu học, địa điểm, phương tiện di chuyển, hoạt động, tình trạng thông khí, chất lượng không khí. Nghiên cứu thử nghiệm theo dõi dọc thực hiện trên 36 tình nguyện viên tại TP. Hồ Chí Minh cho thấy nồng độ bụi PM2.5 trung vị là  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Phơi nhiễm PM2.5 cá nhân cao hơn vào ban ngày và những ngày cuối tuần. Đối với các địa điểm trong nhà, nồng độ bụi PM2.5 cao nhất được ghi nhận ở tiệm cắt tóc hoặc các salon làm đẹp ( $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), công ty hoặc xí nghiệp sản xuất ( $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) và nhà hàng quán ăn ( $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ( $p < 0,001$ ). Ăn uống, thờ cúng, mua sắm, nấu ăn và di chuyển trên đường cho thấy mức phơi nhiễm bụi PM2.5 cao nhất trong các hoạt động (từ  $17,5$  đến  $21,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nhìn chung, nồng độ phơi nhiễm bụi PM2.5 cá nhân ở mức cao, đặc biệt khi tiếp xúc với tác nhân khói, bụi và các hoạt động liên quan đến ăn uống, thờ cúng.

**Từ khóa:** Bụi PM2.5, phơi nhiễm cá nhân, yếu tố liên quan, TP. Hồ Chí Minh.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vào năm 2019, hơn 90% dân số thế giới tiếp xúc với nồng độ bụi PM2.5 trung bình hàng năm vượt quá tiêu chuẩn Chất lượng Không khí của Tổ chức Y tế Thế giới.<sup>1</sup> Bụi PM2.5 là vật chất dạng hạt có đường kính khí động học từ 2,5 micromet ( $\mu\text{m}$ ) trở xuống, được biết đến là tác nhân đóng góp tỉ lệ cao nhất (7%) vào tình trạng ô nhiễm không khí, và là tác nhân lớn nhất gây ra tỉ lệ tử vong và mất đi số năm sống khỏe mạnh ở các nhóm tuổi.<sup>2</sup> Ước tính trên thế giới có gần 4 triệu ca tử vong do bụi PM2.5.<sup>3</sup> Dữ liệu tại Việt Nam cho thấy ô nhiễm không

khí liên quan đến 52.567 ca tử vong năm 2019.<sup>4</sup> Khi tăng nồng độ PM2.5 lên  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  thì số ca tử vong do tất cả nguyên nhân tăng 45 người; khi tăng mỗi  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM2.5 thì số ca tử vong do ung thư phổi tăng thêm 56 ca và do ung thư hệ hô hấp là 64 ca.<sup>5</sup>

Nhiều nghiên cứu đã tiến hành đo lường nồng độ bụi PM2.5 trong môi trường, tuy nhiên các nghiên cứu đo lường phơi nhiễm ở cấp độ cá nhân còn hạn chế. Về phương thức đo lường, các thiết bị cảm biến di động chi phí thấp đang được phát triển và ứng dụng trong các lĩnh vực môi trường và sinh học.<sup>6</sup> Thiết bị này cho phép người đeo hoạt động một cách tự nhiên và tuân theo các thói quen hàng ngày của họ. Qua đó, dữ liệu được ghi nhận sát với thực trạng tiếp xúc.

Tại Việt Nam, nồng độ bụi PM2.5 trung bình

Tác giả liên hệ: Trần Ngọc Đăng

Đại học Y Dược TP. Hồ Chí Minh

Email: tndangytcc@ump.edu.vn

Ngày nhận: 28/02/2024

Ngày được chấp nhận: 14/03/2024

được ghi nhận năm 2019 là  $20,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , gấp 4 lần so với ngưỡng an toàn hàng năm khuyến cáo cho người khoẻ mạnh của Tổ chức Y tế thế giới.<sup>7</sup> Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) đang là nơi có nồng độ bụi PM<sub>2.5</sub> cao nhất khu vực phía Nam.<sup>8</sup> Một nghiên cứu khác đo nồng độ bụi PM<sub>2.5</sub> trong môi trường tại TP.HCM cho kết quả nồng độ bụi PM<sub>2.5</sub> trung bình tại các quận huyện dao động từ khoảng  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  đến  $33,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (cao hơn tiêu chuẩn khuyến cáo an toàn sức khỏe của Tổ chức Y tế Thế giới là dưới  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).<sup>5</sup> Các nghiên cứu trước đây hầu hết tập trung vào một nhóm bệnh nhân có bệnh cụ thể hoặc chỉ đánh giá tác động dài hạn của bụi PM<sub>2.5</sub>, chưa có các báo cáo các chi tiết về các nguồn phơi nhiễm nguy cơ cao, đặc biệt là phơi nhiễm mức độ cá nhân. Do đó, nghiên cứu được thực hiện tại cộng đồng nhằm đo lường nồng độ bụi PM<sub>2.5</sub> phơi nhiễm cá nhân theo các nhóm yếu tố: đặc điểm nhân khẩu học, địa điểm, phương tiện di chuyển, hoạt động, tình trạng thông khí, chất lượng không khí.

## II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

### 1. Đối tượng

#### *Tiêu chuẩn lựa chọn*

Chọn các tình nguyện viên tuổi từ đủ 18 đến 65 tuổi, không hút thuốc lá và không ở chung với người hút thuốc lá. Các đối tượng sinh sống ở nhiều quận huyện khác nhau tại TP.HCM với đa dạng thành phần nghề nghiệp.

#### *Tiêu chuẩn loại trừ*

Những người không thể đeo thiết bị đo bụi mịn bụi PM<sub>2.5</sub> và không hoàn thành nhật ký báo cáo hoạt động trong 2 ngày, hoặc đang trong giai đoạn xảy ra những biến cố đặc biệt khiến cho việc sinh hoạt không thể diễn ra như thường lệ (đi xa, thi đấu thể thao, thi cử...).

### 2. Phương pháp

**Thiết kế nghiên cứu:** nghiên cứu thử nghiệm theo dõi dọc trên một nhóm nhỏ; đối

tượng nghiên cứu được thu thập dữ liệu mỗi 30 phút, liên tiếp trong vòng 2 ngày.

**Cỡ mẫu:** trên cơ sở một nghiên cứu tiêu chuẩn được thực hiện đầu tiên tại Đài Loan năm 2020, nghiên cứu chọn vào 36 người.<sup>8</sup>

**Thời gian và địa điểm:** tại Thành phố Hồ Chí Minh từ 08/2022 đến 10/2023.

**Phương pháp chọn mẫu:** chọn mẫu có chủ đích. Lập danh sách các đối tượng tiềm năng tham gia nghiên cứu. Thư mời được gửi đến đối tượng tiềm năng, nghiên cứu viên giải thích rõ những thông tin liên quan đến nghiên cứu và xác nhận về việc đồng ý tham gia nghiên cứu của đối tượng. Thực hiện liên tiếp theo danh sách cho đến khi tuyển đủ 36 người tình nguyện tham gia nghiên cứu.

#### *Nội dung nghiên cứu*

##### *Công cụ thu thập số liệu*

Dữ liệu phơi nhiễm bụi cá nhân được thu thập bằng máy Airbeam3, là thiết bị đo bụi PM<sub>2.5</sub> đã được đánh giá với thiết bị đo lường tiêu chuẩn bởi nhà sản xuất.<sup>9</sup> Thiết bị cho phép xuất dữ liệu bụi PM<sub>2.5</sub> theo độ phân giải mỗi phút.

Các yếu tố liên quan được thu thập bằng Nhật ký hoạt động (Time-activity Diaries - TADs)<sup>8</sup> gồm các biến số: địa điểm, tình trạng thông khí, hoạt động, chất lượng không khí.

##### *Quy trình tiến hành nghiên cứu*

Tình nguyện viên đeo thiết bị liên tục trong 02 ngày tham gia nghiên cứu. Đeo thiết bị trước cổ, phía ngoài áo hoặc trên vai gần vị trí của mũi, đảm bảo cho thiết bị luôn được tiếp xúc với không khí và gần nhất với mũi của mình. Trường hợp thời tiết mưa, tình nguyện viên có thể để thiết bị vào giỏ xách, balo... để hờ, đảm bảo thiết bị có thể hút được không khí xung quanh. Dữ liệu được truyền trực tiếp từ thiết bị đến trung tâm quản lý dữ liệu Aircasting (<https://www.habitatmap.org/>).

Đồng thời với việc đeo thiết bị đo bụi, các

tình nguyện viên được yêu cầu điền vào nhật ký hoạt động (bản giấy hoặc mẫu trực tuyến) mỗi 30 phút.

### **Định nghĩa biến số**

Các biến số độc lập về đối tượng nghiên cứu bao gồm: giới tính, nhóm tuổi, loại ngày quan sát (ngày thường/cuối tuần), buổi (sáng từ 5:00 - 11:59, chiều từ 12:00 - 17:59, tối từ 18:00 - 23:59, đêm từ 0:00 - 4:59), nghề nghiệp (sinh viên, nhân viên văn phòng, kinh doanh/buôn bán tự do, các nghề nghiệp khác).

Địa điểm trong nhà được xác định là địa điểm có trần, tường và cửa bao quanh. Địa điểm ngoài trời được xác định là các địa điểm có không gian mở như quảng trường, ngoài đường, ngoài trời, sân thoáng. Phương tiện di chuyển bao gồm xe đạp/xe đạp điện, xe máy/xe máy điện, xe hơi, đi bộ. Tình trạng thông khí bao gồm các giá trị: không điều hòa, đóng kín; không điều hòa, kín 1 phần; không điều hòa, mở hoàn toàn; có điều hòa, đóng kín; có điều hòa, kín 1 phần; tình trạng thông khí khác như ngoài trời hoặc đối tượng không xác định rõ.

Biến số kết cục chính là nồng độ bụi PM2.5, là biến số định lượng, được tính bằng nồng độ trung bình của bụi PM2.5 thu thập trên mẫu theo mỗi đơn vị thời gian, có đơn vị là  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **Phương pháp xử lý số liệu**

Số liệu được thu thập và làm sạch trên phần

mềm Microsoft Excel 2019, sau đó được phân tích bằng Stata 16.0.

Sử dụng các phép thống kê mô tả: tần số, tỉ lệ cho các biến số định tính; trung bình, độ lệch chuẩn, trung vị, khoảng tứ phân vị cho các biến số định lượng. Sử dụng các phép kiểm định t-test không bắt cặp, kiểm định phương sai ANOVA một chiều nếu dữ liệu định lượng PM2.5 phân phối bình thường. Trong trường hợp dữ liệu phân phối không bình thường, chúng tôi sử dụng kiểm định Wilcoxon (thay thế t-test) và Kruskal-Wallis (thay thế ANOVA). Các dữ liệu đều được thu thập độc lập tại các thời điểm.

### **3. Đạo đức nghiên cứu**

Nghiên cứu này được phê duyệt bởi Hội đồng Đạo đức trong nghiên cứu y sinh học Đại học Y Dược TP.HCM số 321/HĐĐĐ-ĐHYD ngày 14 tháng 3 năm 2023.

## **III. KẾT QUẢ**

Có 36 tình nguyện viên được mời tham gia nghiên cứu. Dữ liệu mất do tình nguyện viên không điền nhật ký hoạt động TADs là 0%. Dữ liệu mất do thiết bị Airbeam-3 không báo cáo là 11%. Tổng cộng có 3.076 quan sát từ 36 tình nguyện viên được đưa vào phân tích.

### **1. Đặc điểm nhân khẩu học**

**Bảng 1. Đặc điểm nhân khẩu học của người tham gia nghiên cứu (n = 36)**

Đặc điểm	Tần số	Tỷ lệ %	Đặc điểm	Tần số	Tỷ lệ %
<i>Giới tính</i>		<i>Loại ngày quan sát</i>			
Nam	11	30,6	Ngày thường	11	64,7
Nữ	25	69,4	Cuối tuần	6	35,3
<i>Nhóm tuổi</i>		<i>Nghề nghiệp</i>			
Dưới 25	14	38,9	Sinh viên	12	33,3
Từ 25 - 35	17	47,2	Nhân viên văn phòng	11	30,6
Trên 35	5	13,9	Kinh doanh, buôn bán tự do	5	13,9
			Nghề nghiệp khác	8	22,2

Trong các tình nguyện viên tham gia có 25 người là nữ giới, chiếm 69,4%. Nhóm tuổi từ 25 đến 35 chiếm tỉ lệ cao nhất là 47,2%. Có 12 sinh viên (33,3%), 11 người là nhân viên văn

phòng (30,6%); một số nghề khác gồm kỹ sư cơ khí, kiến trúc sư, công an, nhân viên sân bay chiếm 22,2%. Dữ liệu được thu thập vào 11 ngày thường và 6 ngày cuối tuần.

## 2. Nồng độ bụi PM 2.5 theo các nhóm yếu tố

**Bảng 2. Nồng độ bụi PM2.5 phơi nhiễm cá nhân**

Thông số	GTNN	Khoảng tứ phân vị			GTLN
		25%	50%	75%	
PM2.5	0	0	14	21	386

Trung vị nồng độ bụi PM2.5 là 14 với tứ phân vị từ 0 đến 21. Khoảng giá trị dao động từ 0 đến 386.

**Bảng 3. Nồng độ bụi PM2.5 theo các đặc điểm chung**

Đặc điểm	Bụi PM2.5 <sup>#</sup>	Giá trị p	Đặc điểm	Bụi PM2.5 <sup>#</sup>	Giá trị p
<i>Giới tính</i>			<i>Nghề nghiệp</i>		
Nam	15,5 (10,5 - 23,0)	< 0,001*	Sinh viên	13,0 (8,5 - 19,0)	< 0,001**
Nữ	13,5 (9,0 - 20,0)		Nhân viên văn phòng	14,0 (8,0 - 22,0)	
<i>Nhóm tuổi</i>		0,010**	Kinh doanh, tự do	14,5 (11,0 - 20,5)	
< 25 tuổi	14,0 (9,0 - 21,0)		Nghề nghiệp khác	15,0 (11,0 - 21,5)	
25 - 35 tuổi	13,5 (9,5 - 19,0)		<i>Buổi</i>		
> 35 tuổi	14,5 (11,5 - 21,5)		Sáng	15,0 (10,0 - 20,5)	< 0,001**
<i>Loại ngày quan sát</i>			Chiều	14,5 (9,5 - 21,5)	
Ngày thường	13,5 (9,0 - 19,0)	< 0,001*	Tối	15,0 (10,5 - 22,5)	
Cuối tuần	16,0 (10,0 - 24,0)		Đêm	9,5 (5,5 - 14,0)	

\*Kiểm định Wilcoxon; \*\*Kiểm định Kruskal-Wallis

Nam giới phơi nhiễm bụi PM2.5 cao hơn 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  so với nữ giới ( $p < 0,001$ ). Nhóm trên 35

tuổi phơi nhiễm bụi PM2.5 cao hơn ( $14,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) so với nhóm dưới 25 tuổi ( $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

và nhóm từ 25 - 35 ( $13,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ( $p < 0,01$ ). Sinh viên phơi nhiễm bụi PM<sub>2.5</sub> thấp hơn ( $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) so với công nhân viên ( $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), kinh doanh hoặc buôn bán tự do ( $14,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), nghề khác ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Các buổi sáng, chiều, tối có phơi nhiễm bụi PM<sub>2.5</sub> khoảng từ 14,5 đến 15  $\mu\text{g}/$

$\text{m}^3$ , thấp nhất vào buổi đêm với  $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Khác biệt có ý nghĩa thống kê với  $p < 0,001$ . Phơi nhiễm bụi PM<sub>2.5</sub> cao hơn ở cuối tuần với  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , so với ngày thường là  $13,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Khác biệt có ý nghĩa thống kê với  $p < 0,001$ .

**Bảng 4. Nồng độ bụi PM<sub>2.5</sub> theo các địa điểm, phương tiện di chuyển và tình trạng thông khí**

Đặc điểm	Bụi PM <sub>2.5</sub> <sup>#</sup>	Giá trị p	Đặc điểm	Bụi PM <sub>2.5</sub> <sup>#</sup>	Giá trị p
<i>Địa điểm trong nhà</i>			<i>Địa điểm ngoài trời</i>		
Nhà	13,0 (8,5 - 18,5)		Trên đường đi	19,0 (13,5 - 26,0)	
Văn phòng, lớp học	13,0 (9,5 - 17,5)		Chợ truyền thống	16,5 (13,5 - 25,5)	
Công ty, xí nghiệp	28,0 (21,0 - 36,0)		Hội chợ, lễ hội ngoài trời	125,8 (16,0 - 207,0)	
Nhà hàng, quán ăn, quán café	22,0 (13,0 - 29,5)		Chợ nhỏ tự phát	54,8 (21,5 - 58,0)	
Đền, chùa có đốt nhang	18,5 (17,0 - 24,0)	< 0,001**	Sân ngoài trời	22,0 (16,0 - 30,0)	< 0,001**
Bệnh viện, phòng khám	12,0 (6,0 - 18,5)		Công viên	18,5 (12,0 - 45,0)	
Tiệm cắt tóc, salon	33,0 (18,5 - 61,0)		Ban công	18,5 (12,0 - 22,5)	
Ngân hàng, cửa hàng tiện lợi, siêu thị	17,0 (9,5 - 24,3)		Nơi làm việc ngoài trời	29,3 (12,5 - 44,8)	
Địa điểm trong nhà khác	11,3 (8,3 - 18,0)		Địa điểm ngoài trời khác	26,0 (22,5 - 27,0)	
<i>Tình trạng thông khí</i>			<i>Phương tiện di chuyển</i>		
Không điều hòa, đóng kín	11,0 (7,5 - 15,0)		Xe đạp/xe đạp điện	66,5 (21,3 - 121,5)	
Không điều hòa, kín 1 phần	15,0 (11,0 - 21,0)	< 0,001**	Xe máy/ xe máy điện	19,0 (14,0 - 26,5)	0,006**
Không điều hòa, mở hoàn toàn	17,0 (11,0 - 24,0)		Đi bộ	16,0 (12,0 - 22,5)	
Có điều hòa, đóng kín	11,5 (7,5 - 16,0)		Xe hơi	10,5 (5,0 - 19,5)	

Đặc điểm	Bụi PM2.5 <sup>#</sup>	Giá trị p	Đặc điểm	Bụi PM2.5 <sup>#</sup>	Giá trị p
<i>Tình trạng thông khí</i>					
Có điều hòa, kín 1 phần	13,5 (9,8 - 20)	< 0,001**	Khác (ngoài trời, không rõ)	13,3 (10 - 17)	

\*\*Kiểm định Kruskal-Wallis; # trung vị (khoảng tứ phân vị)

Đối với các địa điểm trong nhà, nồng độ bụi PM2.5 cao nhất được ghi nhận ở tiệm cắt tóc hoặc các salon làm đẹp (33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), tiếp đến là công ty hoặc xí nghiệp sản xuất (28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), nhà hàng quán ăn (22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), thấp hơn là nhà hoặc văn phòng làm việc (13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ( $p < 0,001$ ). Đối với các địa điểm ngoài trời, nồng độ bụi PM2.5 cao nhất được ghi nhận ở hội chợ, lễ hội ngoài trời (125,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), tiếp đến là chợ nhỏ tự phát và nơi làm việc ngoài trời (lần lượt là 54,8 và

29,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ( $p < 0,001$ ). Khi sử dụng phương tiện di chuyển, xe đạp/ xe đạp điện cho mức độ phơi nhiễm cao nhất với 66,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; tiếp đến là xe máy/xe máy điện với 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $p = 0,006$ ). Phơi nhiễm bụi PM2.5 cao nhất với tình trạng không điều hòa, mở hoàn toàn với trung vị dữ liệu là 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , tiếp đến là tình trạng không điều hòa kín một phần (15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), có điều hòa kín một phần (13,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,001$ ).

**Bảng 5. Nồng độ bụi PM2.5 theo hoạt động, chất lượng không khí**

Đặc điểm	Bụi PM2.5 <sup>#</sup>	Giá trị p	Đặc điểm	Bụi PM2.5 <sup>#</sup>	Giá trị p
<i>Hoạt động</i>			<i>Chất lượng không khí</i>		
Ăn uống	21,5 (13,5 - 29,5)	< 0,001**	Mùi, bụi từ nhà máy	35,0 (24,0 - 45,0)	< 0,001**
Thờ cúng, tụng kinh	21,0 (18,5 - 24,0)		Khói thuốc lá, khói nhân tạo	26,0 (16,0 - 159,0)	
Hoạt động khác	20,0 (15,5 - 30,0)		Mùi, bụi từ nhà bếp/chăn nuôi	25,0 (16,0 - 43,0)	
Mua sắm	18,5 (12,5 - 30,5)		Khói đen nhà hàng, nấu ăn	20,5 (14,0 - 38,0)	
Trên đường đi	18,0 (13,0 - 24,0)		Mùi khác	20,5 (9,0 - 24,5)	
Nấu ăn, chuẩn bị thức ăn	17,5 (13,0 - 25,0)		Khí thải ô tô, xe máy	20,0 (14,0 - 26,5)	
Làm việc nhà, trông trẻ, làm vườn	16,0 (10,5 - 23,5)		Quét bụi	19,5 (14,0 - 30,0)	
Tắm	15,0 (13,0 - 21,5)		Khói nhang	19,5 (18,5 - 23,0)	

Đặc điểm	Bụi PM2.5 <sup>#</sup>	Giá trị p	Đặc điểm	Bụi PM2.5 <sup>#</sup>	Giá trị p
<i>Hoạt động</i>			<i>Chất lượng không khí</i>		
Đi bộ	14,5 (12,0 - 25,3)		Đốt củi, rơm, rạ	17,0 (9,0 - 30,0)	
Làm việc, học tập	14,0 (9,5 - 20,0)		Sản phẩm thơm	14,0 (10,0 - 20,0)	< 0,001**
Giải trí tĩnh tại	12,5 (9,0 - 19,0)	< 0,001**	Bình thường	13,0 (8,5 - 18,5)	
Ngủ, nghỉ ngơi, thiên	11,5 (7,0 - 16,5)				
Tập thể dục thể thao	11,0 (10 - 17,5)				

\*\*Kiểm định Kruskal-Wallis

Ăn uống, thờ cúng, mua sắm, trên đường đi và nấu ăn cho thấy mức phơi nhiễm bụi PM2.5 cao nhất trong các hoạt động (từ 17,5 đến 21,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với  $p < 0,001$ . Dữ liệu ghi nhận người phơi nhiễm mùi/bụi từ nhà máy mức độ cao nhất với 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Phơi nhiễm khói thuốc lá/ khói nhân tạo xếp vị trí cao thứ 2 ở mức 26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Chất lượng không khí bình thường có nồng độ bụi PM2.5 là 13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Khác biệt có ý nghĩa thống kê với  $p < 0,001$ .

#### IV. BÀN LUẬN

Nghiên cứu ghi nhận nồng độ bụi PM2.5 trung bình là 17,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , trung vị là 14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Theo dữ liệu từ bản đồ phân bố nồng độ bụi PM2.5 năm 2019 - 2020, trên phạm vi toàn quốc, năm 2019 ghi nhận nồng độ bụi PM2.5 trung bình năm thấp nhất là 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  và cao nhất là 41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; tương ứng năm 2020 là 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  và 35,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .<sup>10</sup> Xu hướng bụi PM2.5 cao hơn ở những thành phố lớn khi có sự chênh lệch lớn giữa TP. Hồ Chí Minh với các tỉnh còn lại; cụ thể TP. Hồ Chí Minh ghi nhận mức bụi PM2.5 trung bình năm là 17,9 - 28,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sự khác biệt về thời điểm quan sát là yếu tố quan trọng

dẫn tới sự chênh lệch khá lớn trong kết quả công bố. Mặt khác, kết quả chúng tôi thu thập mức độ phơi nhiễm bằng việc theo dõi từng cá nhân, do đó trung vị nồng độ phơi nhiễm thấp hơn và có xu hướng phân bố lệch hơn so với các nghiên cứu dùng dữ liệu ghi nhận từ các trạm quan trắc ngoài trời. Mức độ phơi nhiễm cá nhân thay đổi tùy theo nhiều yếu tố như địa điểm, hoạt động, tác nhân gây bụi tiếp xúc. Ngoài ra, ngoài những tình huống phơi nhiễm bắt buộc (đặc điểm môi trường làm việc, môi trường sống), con người có xu hướng chọn những không gian trong lành hơn để tiếp xúc. Tuy vậy, mức độ phơi nhiễm với trung vị 14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  là cao vượt ngưỡng an toàn so với khuyến cáo của Tổ chức Y tế Thế giới.

Trong nghiên cứu của chúng tôi ghi nhận, nam giới phơi nhiễm bụi PM2.5 cao hơn 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  so với nữ giới. Tuy nhiên, các báo cáo y văn trên Thế giới ghi nhận theo chiều hướng nữ giới phơi nhiễm bụi PM2.5 nhiều hơn nam giới.<sup>8,11,12</sup> Nghiên cứu đã đo mức độ phơi nhiễm bụi PM2.5 trong 24 giờ của 56 học sinh từ 8 trường học ở 4 khu vực, học sinh nữ có mức độ phơi nhiễm cao hơn học sinh nam (nồng độ trung bình là 67 so với 44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $p = 0,001$ ).<sup>12</sup>

Giải thích cho sự khác biệt, nữ giới trong nghiên cứu này có mức độ phơi nhiễm khá cao cho hoạt động nấu ăn, trong khi với nghiên cứu của chúng tôi chỉ ghi nhận hoạt động nấu ăn được báo cáo ở 74 thời điểm và không có khác biệt về hoạt động này ở nam và nữ. Bên cạnh đó, người hút thuốc lá không được chọn vào nghiên cứu của chúng tôi. Nghiên cứu tại Đài Loan năm 2020 với thiết kế tương tự cho kết quả tương đồng khi phơi nhiễm nam giới thấp hơn  $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  so với nữ giới.<sup>8</sup> Do đó, giới tính mặc dù không phải là yếu tố quyết định cho việc phơi nhiễm nhưng đóng vai trò thúc đẩy hành vi, từ đó dẫn đến sự khác biệt phơi nhiễm bụi PM2.5 giữa 2 giới.

Địa điểm có nồng độ bụi PM2.5 cao nhất trong nghiên cứu chúng tôi là tiệm cắt tóc, salon làm đẹp, xí nghiệp sản xuất, nhà hàng và thấp nhất là tại nhà hoặc văn phòng làm việc. Tại nhà và văn phòng làm việc là những địa điểm có thời gian tiếp xúc dài nhất trong ngày của đối tượng nghiên cứu, thường được bố trí các điều kiện thông khí tốt và được cách ly với các nguồn phát thải cao như bụi đường, khói thuốc lá, khói nhang. Nghiên cứu tại Đài Loan cũng ghi nhận mức bụi PM2.5 cao ở các nhà hàng với  $16,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , thấp nhất ở nhà hoặc văn phòng làm việc (từ  $9 - 12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).<sup>8</sup> Nghiên cứu của Sepeedeh S. và cộng sự năm 2023 được thực hiện tại Nam Phi cho biết phơi nhiễm cá nhân trong hoạt động nấu nướng chiếm tỉ trọng cao.<sup>13</sup> Đáng chú ý hơn là mức độ phơi nhiễm liên quan đến nấu ăn cao hơn ở những nơi thông thoáng hơn. Việc cộng gộp các yếu tố ô nhiễm sẵn có từ môi trường bên ngoài làm gia tăng mức độ đóng góp của nấu ăn ngoài trời vào phơi nhiễm cá nhân.

Về phương tiện di chuyển, mức phơi nhiễm trong xe hơi cũng được ghi nhận tương tự là  $11,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  trong nghiên cứu của Lung, thấp hơn so với di chuyển bằng xe hai bánh.<sup>8</sup> Di

chuyển xe đạp hay xe máy đều cho thấy mức độ phơi nhiễm cao, và mức độ cao phụ thuộc vào thời gian và nguồn tiếp xúc cụ thể. Các đối tượng đi bộ có phơi nhiễm gần tương đương nồng độ bụi trung bình, do hầu hết các đối tượng không có hoạt động gì đặc biệt khác ngoài đi bộ và tập thể dục. Nhìn chung, phương tiện di chuyển đóng kín có thể làm giảm mức độ phơi nhiễm, do đó hiện nay Chính phủ một số quốc gia trong đó Việt Nam đang đẩy mạnh việc sử dụng phương tiện di chuyển công cộng có cửa kín như xe buýt, tàu điện là một hướng đi đúng đắn và cần được truyền thông mạnh mẽ nhằm tăng sự tham gia của cộng đồng người dân trong việc giảm phơi nhiễm bụi mịn.

Theo nghiên cứu của chúng tôi, ăn uống, thờ cúng, mua sắm, trên đường đi và nấu ăn cho thấy mức phơi nhiễm bụi PM2.5 cao nhất trong các hoạt động. Nghiên cứu tại Đài Loan cũng cho các chỉ số tương tự về hoạt động phơi nhiễm.<sup>8</sup> Hoạt động nấu ăn đóng vai trò quan trọng và được đề cập trong hầu hết các nghiên cứu về phơi nhiễm cá nhân. Nghiên cứu tại Nam Phi năm 2023 cho kết quả biết phơi nhiễm cá nhân trong hoạt động đốt cháy (chủ yếu là nấu nướng) rất cao, ở mức  $97,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  so với nhóm không có các hoạt động đốt cháy là  $7,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .<sup>13</sup> Nghiên cứu liên tục lấy mẫu bụi PM2.5 trong ba đợt theo mùa trong khoảng 48 giờ ở 74 hộ gia đình ở Bangladesh.<sup>14</sup> Các phép đo được thực hiện đồng thời trong nhà bếp, phòng ngủ và không gian mở trong gia đình. Kết quả cho thấy, các hộ sử dụng bếp sinh khối có nồng độ PM 2.5 cao hơn đáng kể so với các hộ sử dụng điện/khí dầu mỏ hóa lỏng. Nhìn chung, các hoạt động thường ngày dẫn đến chất lượng không khí xung quanh mà đối tượng phải tiếp xúc, từ đó quyết định mức độ đóng góp của mỗi yếu tố vào phơi nhiễm bụi PM2.5 cá nhân. Để xem xét mức độ tác động cộng gộp của các yếu tố, cần xem xét chúng chung một mô hình nhằm tìm ra

các yếu tố chính đóng góp vào phơi nhiễm bụi PM2.5 cấp độ cá nhân.

Nghiên cứu có một số điểm mạnh. Đây là một trong các nghiên cứu tiên phong về việc đo phơi nhiễm bụi PM2.5 cá nhân bằng thiết bị di động cá nhân chi phí thấp, cung cấp các dữ kiện quan trọng để ước tính phơi nhiễm bụi PM2.5 cấp độ cá nhân tại Thành phố Hồ Chí Minh. Nghiên cứu khắc phục được các hạn chế từ các nghiên cứu trước khi sử dụng mức độ bụi PM2.5 cộng đồng suy diễn cho phơi nhiễm cá nhân. Bên cạnh đó, nghiên cứu còn có một số hạn chế. Thiết bị cảm biến cá nhân chi phí thấp cho thấy hạn chế trong việc truyền dữ liệu qua mạng di động. Việc mất 11% là chấp nhận được, tuy nhiên độ ổn định của thiết bị cần được lưu ý nếu thực hiện thu thập dữ liệu nhiều ngày hơn. Với hơn 3000 dữ liệu ghi nhận từ 36 tình nguyện viên chưa đại diện được cho một dân số cụ thể nào. Với một quy mô lớn hơn, các nghiên cứu tiếp theo có thể thực hiện chọn mẫu lớn hơn trong khoảng thời gian dài hơn, đồng thời phân bổ đối tượng nghiên cứu theo từng quận huyện để thực hiện đo lường phơi nhiễm là một hướng phát triển khả thi nhằm đưa ra một con số phơi nhiễm cá nhân đại diện cho người dân Thành phố.

## V. KẾT LUẬN

Nồng độ phơi nhiễm bụi PM2.5 cá nhân ở mức cao, đặc biệt khi tiếp xúc với tác nhân khói, bụi và các hoạt động liên quan đến ăn uống, thờ cúng. Cần thêm các nghiên cứu trên quy mô dân số lớn hơn và theo dõi dài hơn để xác định các yếu tố phơi nhiễm chính với bụi PM2.5 cho người dân tại TP.HCM.

## Lời cảm ơn

Xin chân thành cảm ơn các Thầy/Cô, Quý đồng nghiệp từ dự án “Quy hoạch giao thông vận tải và đô thị bền vững hướng tới sức khỏe cộng đồng-SHOTUP”, (mã số NĐT/DE/21/29,

được tài trợ bởi Bộ Khoa học và Công nghệ Việt Nam) đã xây dựng ý tưởng, hỗ trợ kinh phí và thiết bị nghiên cứu; đồng thời luôn theo sát hỗ trợ, tư vấn trong từng giai đoạn của nghiên cứu. Bài báo này có sử dụng một phần kết quả của dự án.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. USEPA. Air Quality Criteria for Particulate Matter. *United States Environmental Protection Agency*. 2004;
2. ISSUU. State of Global Air 2020. Accessed 30th August, 2022. [https://issuu.com/ihme/docs/soga-2020-report-10-26\\_0/s/14333450](https://issuu.com/ihme/docs/soga-2020-report-10-26_0/s/14333450)
3. T H Phi, P M Chinh, D D Cuong, et al. Elemental Concentrations in Roadside Dust Along Two National Highways in Northern Vietnam and the Health-Risk Implication. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2018;74(1):46-55.
4. WHO. Ambient air pollution attributable deaths. 2024. <https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/ambient-air-pollution-attributable-deaths>
5. Nguyễn Trường Viên, Nguyễn Ngọc Nhật Thanh, Phan Hoàng Thùy Dung, và cs. PM2.5 làm gia tăng tử vong do ung thư hệ hô hấp tại Thành phố Hồ Chí Minh năm 2018. *Tạp chí Nghiên cứu Y học*. 2021;142(6):108-118.
6. Jerrett M, Burnet RT, Ma R, et al. Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles. *Epidemiology*. 2006;17:S69.
7. Pope CA, Burnett RT, Thun MJ, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA*. 2002;287:1132-41.
8. Shih-Chun Candice Lung, Nathan Chen, Jing-Shiang Hwang, et al. Panel study using novel sensing devices to assess associations of PM2.5 with heart rate variability and exposure sources. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*. 2020;doi:<https://doi.org/10.1038/s41370-020-0254-y>

9. Michael Heimbinder, Chris Lim. AirBeam3 Technical Specifications, Operation & Performance. <https://www.habitatmap.org/blog/airbeam3-technical-specifications-operation-performance>

10. Dự án Chung tay vì Không khí Sạch. *Báo cáo hiện trạng bụi PM2.5 tại Việt Nam giai đoạn 2019 - 2020*. 2021.

11. Sanchez M, Milà C, Sreekanth V, et al. Personal exposure to particulate matter in peri-urban India: predictors and association with ambient concentration at residence. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2020;30:596-605. doi:<https://doi.org/10.1038/s41370-019-0150-5>

12. Arku R, Dionisio K, Hughes A, et al. Personal particulate matter exposures and

locations of students in four neighborhoods in Accra, Ghana. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2015;25:557-566. doi:<https://doi.org/10.1038/jes.2014.56>

13. Saleh S SH, Makina D, Chinouya M, et al. Personal exposures to fine particulate matter and carbon monoxide in relation to cooking activities in rural Malawi. *Wellcome Open Res*. 2023;7:251.

14. Rahman MM FM, Jabin N, Sharna TI, et al. Assessing household fine particulate matter (PM2.5) through measurement and modeling in the Bangladesh cook stove pregnancy cohort study (CSPCS). *Environ Pollut*. 2023;15(122568). doi:10.1016/j.envpol.2023.122568

## Summary

### EXPERIMENT TO MEASURE PERSONAL PM2.5 EXPOSURE CONCENTRATION IN HO CHI MINH CITY

The study aimed to measure personal exposure to PM2.5 (fine particulate matters) concentrations according the following factors: background characteristics, location, transportation, activities, ventilation status, air quality. A longitudinal follow-up study conducted on 36 volunteers in Ho Chi Minh City. The median PM2.5 concentration level was 14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Personal PM2.5 exposure level was higher during the day and on weekends. For indoor locations, the highest PM2.5 exposure level were recorded in barbershops or beauty salons (33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), companies or manufacturing plants (28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) and restaurants (22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ( $p < 0.001$ ). Eating, worshipping, shopping, traveling and cooking showed the highest PM2.5 exposure level (from 17.5 to 21.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). The data showed that the agent causing the two highest exposures were smell from the factory (35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) and cigarette smoke/artificial smoke (26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). In conclusion, personal exposure to PM2.5 was high, especially when exposed to smoke, dust agents and activities related to eating, drinking, and worshipping.

**Keywords:** PM2.5, personal exposure, related factors, Ho Chi Minh city.