

ΕΙΔΙΚΟ ΑΡΘΡΟ SPECIAL ARTICLE

Διερεύνηση της σχέσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με την εμφάνιση και την εξέλιξη χρόνιων νοσημάτων

Η συγκεκριμένη μελέτη διερευνά τη σχέση μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εσωτερικών και εξωτερικών χώρων και της αυξημένης νοσηρότητας και θνησιμότητας παγκοσμίως, ιδιαίτερα σε χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος, που οφείλονται και στην έλλειψη εξειδικευμένων περιβαλλοντικών πολιτικών αλλά και λανθασμένων τρόπων ζωής. Σημαντικός αριθμός μελετών εξέτασαν στοιχεία που συνδέουν τους κύριους ατμοσφαιρικούς ρύπους με χρόνιες παθήσεις σε ενήλικες και παιδιά. Βρέθηκε ότι επηρεάζονται ιδιαίτερα οι ευάλωτοι πληθυσμοί των γυναικών, των εγκύων, των παιδιών, των ατόμων με αναπηρίες και των ηλικιωμένων, που αποτελούν και την πλειονότητα των οικονομικά αδυνάτων του κόσμου. Η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει τις νευροαναπτυξιακές και γνωστικές ικανότητες των παιδιών και μπορεί να προκαλέσει χρόνιες παθήσεις, όπως το παιδικό άσθμα και ο καρκίνος, αλλά και άλλες νόσους που επηρεάζουν την ενήλικη ζωή τους. Η ατμοσφαιρική ρύπανση των νοικοκυριών αυξάνει τον κίνδυνο καρδιοαναπνευστικών, παιδιατρικών και μητρικών επιπλοκών υγείας. Απαιτούνται αυστηρές πολιτικές για την περιβαλλοντική υγεία, οι οποίες θα πρέπει να επανεξετάζονται περιοδικά και να ενημερώνονται συνεχώς όπου χρειάζεται.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί τον μεγαλύτερο περιβαλλοντικό κίνδυνο για την υγεία παγκοσμίως και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι όπως το βενζόλιο επηρεάζουν την υγεία και την ποιότητα ζωής εκατοντάδων εκατομμυρίων ανθρώπων.¹ Ένα άτομο αναπνέει κατά μέσο όρο 10 εκατομμύρια φορές τον χρόνο και ιδιαίτερα τα παιδιά, των οποίων η αναπνοή είναι πιο γρήγορη απ' ό,τι των ενηλίκων, όταν ζουν και αναπτύσσονται σε ένα μολυσμένο περιβάλλον απορροφούν πολύ περισσότερους ρύπους από την ατμόσφαιρα, με δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία τους και στην ανάπτυξή τους.²

Είναι γνωστό ότι οι τοξικοί ρύποι μέσω της αναπνευστικής λειτουργίας μπορεί να επηρεάσουν όλα τα όργανα του ανθρώπινου σώματος, προκαλώντας λειτουργικές διαταραχές και βλάβες, με αποτέλεσμα την αύξηση της ευαλωτότητας των ατόμων.³ Οι τοξικοί ρύποι συνδέονται με τα καρδιακά νοσήματα, τα εγκεφαλικά επεισόδια, τις πνευμονοπάθειες και τον καρκίνο των πνευμόνων και άλλων οργάνων, καθώς και με τη μείωση του προσδόκιμου

ζωής (ΠΖ) και των ετών υγιούς ζωής (ΕΥΖ).⁴ Τα εργοστάσια, οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τα οχήματα που κινούνται με ορυκτά καύσιμα, η σκόνη και η καύση των αποβλήτων, καθώς και η ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλείται συχνά από τον άνθρακα συνιστούν τις κύριες εστίες της ρύπανσης.⁵

Ο εισπνεόμενος αέρας περιέχει μια ποικιλία τοξικών ουσιών και ρύπων, προερχόμενων κυρίως από την καύση των υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται για την κίνηση των αυτοκινήτων και τη βιομηχανία, ενώ οι οδικές μεταφορές αποτελούν την κύρια πηγή εκπομπής διοξειδίου του αζώτου (NO₂), ενός από τους βασικούς ρύπους οι οποίοι βλάπτουν την υγεία. Ο εν λόγω ρύπος είναι επίσης πρόδρομη ένωση του όζοντος (O₃) και των αιωρούμενων μικροσωματιδίων περιβάλλοντος (PM) που μπορούν να σχηματίζονται στον αέρα. Η επιβάρυνση της υγείας από την κακή ποιότητα του αέρα έχει επίσης σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις για τα κράτη συνολικά και ιδιαίτερα για τα συστήματα υγείας, καθώς αυξάνει το κόστος της ιατρονοσηλευτικής περίθαλψης, μειώνει την παραγωγικότητα των

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2025, 42(1):127-132
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2025, 42(1):127-132

Π. Πετροπούλου,¹
Ι. Καλεμικεράκης,²
Ο. Γκοβίνα¹

¹Τμήμα Νοσηλευτικής, Πανεπιστήμιο
Δυτικής Αττικής, Αθήνα
²Εργαστήριο Νοσηλευτικής
Αποκατάστασης Χρονίως Πασχόντων,
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Αθήνα

Research of the air pollution
connection with the presence and
evolution of chronic diseases

Abstract at the end of the article

Λέξεις ευρετηρίου

Ατμοσφαιρική ρύπανση
Δημόσια υγεία
Καρκίνος
Περιβάλλον
Χρόνια νοσήματα

Υποβλήθηκε 20.2.2024
Εγκρίθηκε 16.3.2024

εργαζομένων και καταστρέφει το έδαφος, τις καλλιέργειες, τα δάση, τις λίμνες και τα ποτάμια.⁶

Πρόσφατα, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) εκτιμά ότι σχεδόν 3 δισεκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως βασίζονται στις δραστηριότητές τους σε ρυπογόνα καύσιμα, όπως ξύλο, άνθρακα, απόβλητα καλλιεργειών, ζωική κοπριά ή κάρβουνο, σε συνδυασμό με ακατάλληλες εστίες μαγειρέματος και θέρμανσης εντός των νοικοκυριών, ιδιαίτερα στις χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος.⁷

2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΜΙΚΡΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Η ρύπανση του περιβάλλοντος από τα αιωρούμενα PM συνιστά παράγοντα υψηλού κινδύνου νοσηρότητας και θνησιμότητας παγκοσμίως. Το βάρος της ασθένειας είναι εξαιρετικά υψηλό στην Κίνα, όπου έχει υπολογιστεί ότι εκατομμύρια θάνατοι οφείλονται σε αιωρούμενα PM. Τα PM 2,5 είναι ένα μείγμα από διάφορες οργανικές και ανόργανες ουσίες, στα κύρια συστατικά των οποίων περιλαμβάνονται ο οργανικός άνθρακας, ο στοιχειώδης άνθρακας και το θειικό νιτρικό αμμώνιο.⁴

Ο βαθμός έκθεσης σε μικρά αιωρούμενα σωματίδια του περιβάλλοντος ή σε NO₂ σχετίζεται με τη θνησιμότητα κυρίως από καρδιαγγειακά και αναπνευστικά νοσήματα. Το μέγεθος των PM έχει αρνητική συσχέτιση με τον βαθμό τοξικότητάς τους στους πνεύμονες και αυτό σημαίνει ότι τα PM 2,5 με αεροδυναμική διάμετρο <2,5 μm έχουν περισσότερες επιβλαβείς επιπτώσεις από τα PM 10. Στις αστικές περιοχές με υψηλή πυκνότητα κυκλοφορίας, τα οξείδια του αζώτου κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα και σχετίζονται αρνητικά με το O₃ κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα στοιχεία δείχνουν ότι το NO₂ και το O₃ ασκούν δυσμενή επίδραση στην ανθρώπινη υγεία, επηρεάζοντας την αναπνευστική λειτουργία και προκαλώντας αυξημένες νοσηλείες και πρόωρο θάνατο σε ολόκληρο τον πληθυσμό τόσο των ευάλωτων ενηλίκων όσο και των παιδιών. Θετικές συσχετίσεις διαπιστώθηκαν μεταξύ των μακροπρόθεσμων συγκεντρώσεων NO₂ και της θνησιμότητας, ενώ περιορισμένες ενδείξεις βρέθηκαν να συνδέουν το O₃ με τη θνησιμότητα.⁸ Καθώς προκύπτουν νέα επιστημονικά δεδομένα, οι κατευθυντήριες οδηγίες για την ποιότητα του αέρα πρέπει να αναθεωρούνται περιοδικά και, όπου απαιτείται, να ενημερώνονται συνεχώς. Προς υποστήριξη της εν λόγω ενημέρωσης είναι απαραίτητες οι έρευνες και οι συστηματικές ανασκοπήσεις τόσο βραχυπρόθεσμων όσο και μακροπρόθεσμων μελετών σχετικά με τους ατμοσφαιρικούς ρύπους που συνδέονται με τη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα, για την προστασία ιδιαίτερα των ευάλωτων πληθυσμών και εκείνων με χρόνια νοσήματα.^{9,10}

Τα λεπτά σωματίδια PM 2,5 προκαλούν τεράστιο βάρος ασθενειών. Αναδυόμενα στοιχεία δείχνουν ότι σε μακροπρόθεσμα υψηλά επίπεδα PM 2,5 τα miRNAs εμπλουτισμένα με εξωκυττάρια κυστίδια σχετίζονται με την έκθεση σε PM και καρδιαγγειακό κίνδυνο, ενώ επίσης αυξάνεται το μέγεθος της συσχέτισης μεταξύ PM 2,5 και της αυξημένης συστολικής αρτηριακής πίεσης των ηλικιωμένων, αλλά και του κινδύνου εμφράγματος του μυοκαρδίου.^{6,10,11}

Είναι ασαφές με ποιον ακριβώς τρόπο η ατμοσφαιρική ρύπανση αυξάνει τα ποσοστά θνησιμότητας από καρκίνο. Δύο μηχανισμοί έχουν προταθεί. Ο πρώτος αφορά σε βλάβη του DNA λόγω οξειδωτικού stress. Ο δεύτερος μηχανισμός περιλαμβάνει τη φλεγμονή. Οι εισπνεόμενοι αέριοι και σωματιδιακοί ρύποι αυξάνουν την παραγωγή προφλεγμονωδών κυτταροκινών, όπως η ιντερλευκίνη (IL)-6, η IL-1 και η IL-8. Έχει παρατηρηθεί ότι οι διαφορετικοί τύποι PM αυξάνουν τα ποσοστά θνησιμότητας και για διαφορετικούς τύπους καρκίνου, εκτός από τον καρκίνο του πνεύμονα. Τα PM 2,5 έχουν σχετιστεί με τον καρκίνο του ήπατος, του πνεύμονα, του παχέος εντέρου, της ουροδόχου κύστης και των νεφρών και τα PM 10 με τον καρκίνο του παγκρέατος, του πνεύμονα και του λάρυγγα, δρώντας μέσω διαφορετικών μηχανισμών.^{12,13} Η υπερβολική έκθεση στη ρύπανση PM 2,5 αυξάνει τη συχνότητα της εμφάνισης και της θνησιμότητας από σοβαρές πολυσυστημικές παθήσεις του αναπνευστικού, του καρδιαγγειακού και του πεπτικού συστήματος. Ένας αυξανόμενος αριθμός μελετών έχει δείξει ότι τα PM 2,5 εισέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος και εναποτίθενται στο ήπαρ, στον εγκέφαλο και σε άλλα όργανα μέσω της ανταλλαγής αερίων στην κυψελίδα. Πρόσφατες μελέτες ανέφεραν επίσης ότι η εισπνοή PM 2,5 διαταράσσει τη μικροχλωρίδα του εντέρου, οδηγώντας σε μη φυσιολογικό μεταβολισμό του ορού και αντίσταση στην ινσουλίνη. Αποτελέσματα έδειξαν επίσης ότι η αύξηση της έκθεσης σε PM 2,5 αυξάνει σημαντικά τον κίνδυνο ηπατικού καρκίνου, κίρρωσης του ήπατος και λιπώδους ηπατικής νόσου. Ωστόσο, ο ρόλος των PM 2,5 στην εμφάνιση, στην ανάπτυξη και στον μηχανισμό χρόνιων ηπατικών παθήσεων παραμένει ασαφής και απαιτούνται μελλοντικές έρευνες που θα εξετάσουν τη συσχέτιση μεταξύ ορισμένων τύπων ατμοσφαιρικών ρύπων και συγκεκριμένων χρόνιων ηπατικών παθήσεων.¹³

Το NO₂ μπορεί να είναι δείκτης έκθεσης σε ατμοσφαιρικούς ρύπους σχετιζόμενους με την κυκλοφορία, ιδίως βαρέα μέταλλα, πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAH) και βενζόλιο, με πιθανές καρκινογόνες ή ορμονικές ιδιότητες. Η επιδημιολογική βιβλιογραφία σχετικά με τις συσχετίσεις μεταξύ έκθεσης στους ατμοσφαιρικούς ρύπους PM 2,5, PM 10 και NO₂ και της συχνότητας εμφάνισης καρκίνου του μαστού έχει πρόσφατα σημειώσει έντονη

ανάπτυξη. Έχουν αναφερθεί αρκετές θετικές συσχετίσεις μεταξύ PM και καρκίνου του μαστού. Επί πλέον, σε πρόσφατες μελέτες αποκαλύφθηκε η σχέση της έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση με την ανάπτυξη συγκεκριμένων υποτύπων καρκίνου του μαστού, όπως του ορμονοαποκρινόμενου, θετικού και αρνητικού. Δεν παρατηρήθηκε σαφής συσχέτιση με τον καρκίνο του μαστού για τα PM 2,5. Αν και βασίστηκαν σε λίγες μελέτες, οι συσχετίσεις των επιπέδων NO₂ με τον κίνδυνο καρκίνου του μαστού εμφανίστηκαν υψηλότερες στις προεμμηνοπαυσιακές απ' ό,τι στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες και για τους θετικούς ορμονοαποκρινόμενους όγκους. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα παρουσιάζει ενδιαφέρον, δεδομένου ότι οι ατμοσφαιρικοί ρύποι έχουν οιστρογόνο δράση. Οι εξατμίσεις των οχημάτων, εκτός από τον καπνό του τσιγάρου, συνιστούν επίσης σημαντική πηγή έκθεσης του γενικού πληθυσμού στο βενζόλιο. Η έκθεση στο βενζόλιο σχετίστηκε με αρνητικούς ορμονοαποκρινόμενους όγκους μαστού. Οι προεμμηνοπαυσιακές γυναίκες φαίνεται να διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο από τις μετεμμηνοπαυσιακές, αλλά απαιτούνται περαιτέρω μελέτες για την καλύτερη κατανόηση του ρόλου των ρύπων στην παθοφυσιολογία του καρκίνου του μαστού, ειδικά στις προεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Επίσης, χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση για την πλήρη εκτίμηση της επιβάρυνσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία των γυναικών.¹⁴

Η μακροχρόνια έκθεση σε PM 2,5 και NO₂, όπως και σε άλλους ατμοσφαιρικούς ρύπους από εξωτερικές αλλά και εσωτερικές πηγές που προέρχονται από την καύση στερεών καυσίμων για θέρμανση και μαγείρεμα, μπορεί να συσχετιστεί με αυξημένη συχνότητα εμφάνισης χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας (ΧΑΠ). Αυτό οφείλεται ενδεχομένως στο ότι μικρότερα σωματίδια είναι πιο πιθανό να εναποτεθούν στις βαθύτερες περιοχές του πνεύμονα. Ο βαθμός έκθεσης στα PM εξαρτάται όχι μόνο από την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό και στο εξωτερικό περιβάλλον αλλά και από το χρονικό διάστημα έκθεσης του ατόμου σε αυτούς τους χώρους. Έτσι, εκτός από τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οι τροποποιήσεις και στον προσωπικό τρόπο ζωής μπορεί να περιορίσουν τις βλαβερές συνέπειες των PM. Ωστόσο, υπάρχει έλλειψη στοιχείων σχετικά με το πόσο αποτελεσματικές είναι μέχρι σήμερα τέτοιες παρεμβάσεις. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν οι συνδυασμένες συμπεριφορές μείωσης του κινδύνου έναντι της έκθεσης σε PM τόσο σε εξωτερικούς όσο και σε εσωτερικούς χώρους.¹⁵ Η χρήση ενός καθαριστή αέρα σε εσωτερικούς χώρους έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τη συχνότητα εμφάνισης ΧΑΠ και παιδικού άσθματος, ειδικά σε άτομα που παραμένουν για αρκετό χρόνο σε εσωτερικούς χώρους, όπως και η αποφυγή έκθεσης σε εξωτερικούς

χώρους τις ημέρες με αυξημένη ατμοσφαιρική ρύπανση σε συνδυασμό με τη χρήση μάσκας, ανάλογα και με την προσωπική αντίληψη δυσφορίας.

Οι παρεμβάσεις που βελτιώνουν την ποιότητα του αέρα αντιπροσωπεύουν μια δυνητικά νέα προσέγγιση για τη μείωση της αναπνευστικής νοσηρότητας σε ασθενείς με ΧΑΠ και επίμονα αναπνευστικά συμπτώματα, καθώς και κίνδυνο έξαρσης παρά τη διακοπή του καπνίσματος.^{16,17}

Η συχνότητα εμφάνισης της ΧΑΠ φαίνεται ότι μπορεί να μειωθεί μέσω του ελέγχου των ατμοσφαιρικών ρύπων PM 2,5 και NO₂. Η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε όλα τα αέρια και τους σωματιδιακούς ρύπους πιθανόν να αυξήσει τον κίνδυνο οξείας παρόξυνσης σε ασθενείς με ΧΑΠ. Η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε PM 2,5, PM 10, NO₂ και διοξείδιο του άνθρακα (CO) επίσης μπορεί να προκαλέσει φλεγμονώδη απόκριση των αεραγωγών με τη μεσολάβηση ουδετεροφίλων, αύξηση MMP-9 και IL-8, ακολουθούμενη από αυξημένα κλινικά συμπτώματα, τα οποία φαίνεται ότι μπορούν να ελαττωθούν με τη μείωση έκθεσης στους ρύπους. Επομένως, η καθημερινή παρακολούθηση των ατμοσφαιρικών ρύπων και η ανάπτυξη φαρμάκων που στοχεύουν τη φλεγμονή η οποία προκαλείται από ουδετερόφιλα έχει ουσιώδη σημασία για μελλοντικές θεραπείες.^{16,18} Οι διαφορές στη συγκέντρωση και στην κατανομή μεγέθους των εισπνεόμενων σωματιδίων, καθώς και οι συνθήκες εισπνοής, είναι σημαντικοί παράγοντες, οι οποίοι έχουν ως αποτέλεσμα διαφορετικές δόσεις εναπόθεσης στους πνεύμονες κατά την έκθεση στην καύση βιομάζας και στον καπνό του τσιγάρου.

Η κύρια έκθεση στον καπνό του τσιγάρου φαίνεται να έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερες δόσεις εναπόθεσης PM στους πνεύμονες και μεγαλύτερο κίνδυνο ανάπτυξης ΧΑΠ σε σύγκριση με τον καπνό βιομάζας.¹⁸

3. ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Ο μηχανικός ή ο φυσικός αερισμός του κτηρίου πρέπει να εξασφαλίζει συνθήκες κατάλληλες όσον αφορά στη θερμοκρασία και στην υγρασία και να διατηρεί τις συγκεντρώσεις των εσωτερικών ρύπων σε αποδεκτά επίπεδα για μια υγιή διαβίωση. Έχει αποδειχθεί ότι η χρήση στερεών καυσίμων αντιπροσωπεύει σε παγκόσμιο επίπεδο τη μεγαλύτερη πηγή μόλυνσης του αέρα στους εσωτερικούς χώρους.¹⁶ Το μαγείρεμα ή και η θέρμανση με καύσιμο βιομάζας (ξύλο, κάρβουνο, άνθρακας, κοπριά και υπολείμματα καλλιεργειών) έχει δείχθει ότι σχετίζονται με αυξημένο κίνδυνο ακανθοκυτταρικού καρκινώματος του οισοφάγου (ESCC). Ο υπότυπος ESCC είναι πιο κοινός στις χώρες της Ασίας και της ανατολικής Αφρικής, ενώ το αδενοκαρκίνωμα είναι ο

κυρίαρχος υπότυπος στις δυτικές χώρες. Ο τρόπος ζωής, όπως η χρήση καπνού και η κατανάλωση οινοπνεύματος, έχουν επίσης συσχετιστεί με την αιτιολογία της νόσου, ενώ σε μικρότερες ηλικίες (<60 ετών) περιλαμβάνονται συσχετίσεις με την έκθεση σε πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες από μερική καύση οργανικής ύλης, αλλά και με τη διατροφή. Σημαντικό ρόλο φαίνεται να διαδραματίζουν η κατάσταση της βιομάζας καθώς και ο παρατεταμένος χρόνος έκθεσης στις ανοικτές εστίες μαγειρέματος και θέρμανσης στις χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος. Επομένως, η χρήση του καυσίμου βιομάζας χρειάζεται να λαμβάνεται υπ' όψιν στην αξιολόγηση κινδύνου για ESCC στις περιοχές χαμηλού εισοδήματος.¹⁹

Υπάρχουν πλέον ουσιαστικά στοιχεία που συνδέουν την οικιακή ατμοσφαιρική ρύπανση με ένα ευρύ φάσμα καρδιοαναπνευστικών, παιδιατρικών και μητρικών παθήσεων. Η έκθεση των νοικοκυριών στην ατμοσφαιρική ρύπανση συγκαταλέγεται στους δέκα κορυφαίους παράγοντες κινδύνου για ασθένειες, με τον υψηλότερο επιπολασμό να παρατηρείται στις πτωχότερες κοινότητες χωρών χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος σύμφωνα με τον ΠΟΥ.²⁰ Ο συνολικός χρόνος παραμονής των ανθρώπων στο εσωτερικό περιβάλλον εξαρτάται από την ηλικία τους, την κατάσταση της υγείας τους, το είδος της εργασίας τους, το κλίμα του τόπου όπου διαμένουν, καθώς και τις συνήθειές τους. Τα νεογέννητα, τα βρέφη, τα παιδιά προσχολικής ηλικίας και οι υπερήλικες περνούν ολόκληρο σχεδόν τον χρόνο τους μέσα σε εσωτερικούς χώρους και επηρεάζονται περισσότερο από την αυξημένη εσωτερική ρύπανση.²¹

Υπάρχει επείγουσα ανάγκη για ενημερωμένη πολιτική και λήψη αποφάσεων, ώστε να διασφαλιστεί ότι τα παιδιά και οι ενήλικες που διαμένουν σε περιοχές χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος (LMIC) θα έχουν καθαρό αέρα για να αναπνέουν στα σπίτια τους.¹⁹

4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να συμβάλλει σε σημαντική επιβάρυνση του παιδικού άσθματος. Για άλλες αλλεργικές παθήσεις, όπως επιπεφυκίτιδα, έκζεμα και ευαισθητοποίηση, υπάρχουν ουσιαστικά λιγότερες μελέτες και τα στοιχεία είναι λιγότερο ισχυρά.⁷ Έχει αποδειχθεί ότι οι πρώιμες λοιμώξεις του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος συνδέονται με αυξημένο κίνδυνο άσθματος κατά τη σχολική ηλικία, ενώ οι λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος της πρώιμης παιδικής ηλικίας έχουν άμεσο αντίκτυπο στην ανάπτυξη των πνευμόνων και στις επακόλουθες χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις.²²

Η οξειδωτική ισορροπία του εμβρύου επιτυγχάνεται όταν προστατευτικοί προγεννητικοί παράγοντες εξουδετερώνουν τις πηγές του οξειδωτικού stress. Έχουν εντοπιστεί μερικά βασικά προστατευτικά θρεπτικά συστατικά, όπως η βιταμίνη D και άλλοι αντιοξειδωτικοί παράγοντες, οι οποίοι μπορεί να έχουν μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης άσθματος και αλλεργικής νόσου κατά την εφηβεία, στα έμβρυα που έχουν εκτεθεί σε προγεννητικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους ή σε κάπνισμα από τη μητέρα. Τα προστατευτικά θρεπτικά συστατικά φαίνεται ότι μπορούν να αντισταθμίσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις της έκθεσης σε προοξειδωτικά κατά την εμβρυϊκή περίοδο, απαιτούνται όμως περαιτέρω μελέτες για λειτουργικά δεδομένα σε πειραματικά ζωικά μοντέλα.^{17,23}

Η ατμοσφαιρική ρύπανση που συνδέεται με την οδική κυκλοφορία, ιδιαίτερα η έκθεση στο βενζόλιο, συσχετίστηκε σχεδόν γραμμικά με τον κίνδυνο παιδικής λευχαιμίας σε παιδιά ηλικίας <6 ετών. Από τις μελέτες δεν έχουν προκύψει τα ελάχιστα όρια έκθεσης για το βενζόλιο, ενώ οι αναλύσεις της πυκνότητας της κυκλοφορίας και των επιπέδων του NO₂ που δεν είναι αποδεδειγμένα καρκινογόνα έδειξαν συσχέτιση στις υψηλότερες πυκνότητες. Ο υπότυπος της νόσου, ο χρόνος έκθεσης, η ηλικία του παιδιού και η απόσταση κατοικίας από τη ρυπογόνο πηγή φαίνεται να είναι παράγοντες που τροποποιούν τις εν λόγω συσχετίσεις.^{24,25}

Η μακροπρόθεσμη κυκλοφοριακή ρύπανση σχετίζεται ασθενώς θετικά με την αύξηση του δείκτη μάζας σώματος (ΔΜΣ) στα παιδιά. Ένας αυξανόμενος όγκος ερευνών έδειξε ότι η αυξημένη πυκνότητα της κυκλοφορίας στις αστικές περιοχές έχει προκαλέσει πολλαπλά προβλήματα, όπως θόρυβο, ατμοσφαιρική ρύπανση και άλλα περιβαλλοντικά ζητήματα που επηρεάζουν την ψυχολογία των παιδιών, τον ύπνο, το ενδοκρινικό σύστημα και την άσκηση, τα οποία συνδέονται όλα με την παιδική παχυσαρκία και επηρεάζουν τις συμπεριφορές που σχετίζονται με το βάρος. Η σχέση των περιβαλλοντικών παραγόντων με την παχυσαρκία τυγχάνει ολοένα και μεγαλύτερης προσοχής στις επιστήμες υγείας των παιδιών και της επιδημιολογίας του κύκλου ζωής.²⁶

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τους στόχους του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) για μια βιώσιμη ανάπτυξη έως το 2030, απαιτείται η διασφάλιση της ουσιαστικής μείωσης του αριθμού των θανάτων και των ασθενειών που οφείλονται σε επικίνδυνες χημικές ουσίες, καθώς και στη ρύπανση και στη μόλυνση του αέρα, των υδάτων και του εδάφους. Τα ευρήματα δείχνουν ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει πολλές άμεσες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην

ανθρώπινη υγεία και ευημερία, ειδικά σε αστικές περιοχές με υψηλή πυκνότητα κυκλοφορίας, από τα σωματίδια PM_{2,5} και PM₁₀ και τα κύρια συστατικά τους, όπως ο οργανικός άνθρακας, ο στοιχειώδης άνθρακας, το αμμώνιο, το θειικό νιτρίδιο, το NO₂ και το βενζόλιο. Η κακή ποιότητα του αέρα έχει επίσης σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις, αυξάνοντας το κόστος των υπηρεσιών υγείας για τους χρονίως πάσχοντες και μειώνοντας την παραγωγικότητα των εργαζομένων. Είναι αναγκαίο να επισημαίνεται συνεχώς η σύνδεση περιβάλλοντος και δημόσιας υγείας, καθώς

και οι επιπτώσεις στην υγεία των ευάλωτων πληθυσμών από λανθασμένες ή ανεπαρκείς προσεγγίσεις διαχείρισης περιβαλλοντικών θεμάτων.

Οι μελέτες που διεξάγονται σε LMIC είναι λίγες και ανεπαρκείς, γι' αυτό και απαιτούνται αυστηρές πολιτικές και παρεμβάσεις για την περιβαλλοντική υγεία, ώστε να διατηρηθούν όσο το δυνατόν χαμηλότερα τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κατά συνέπεια τα ποσοστά νοσηρότητας και θνησιμότητας από καρκίνο και άλλα χρόνια νοσήματα.

ABSTRACT

Research of the air pollution connection with the presence and evolution of chronic diseases

P. PETROPOULOU,¹ I. KALEMIKERAKIS,² O. GOVINA¹

¹Department of Nursing, University of West Attica, Athens, ²Laboratory of Nursing Rehabilitation of the Chronically Ill, University of West Attica, Athens, Greece

Archives of Hellenic Medicine 2025, 42(1):127–132

The correlation between indoor and outdoor air pollution and increased morbidity and mortality worldwide, particularly in low- and middle-income countries, but also the lack of specialized environmental policies and incorrect lifestyles, were investigated in the present article. A significant number of studies have examined linking evidence of major air pollutants to chronic diseases in adults and children. It is found that the vulnerable populations of women, pregnant women, children, people with disabilities and the elderly, who also make up the majority of the world's poor, are particularly affected. Air pollution affects children's neurodevelopmental and cognitive abilities and can cause chronic diseases, such as childhood asthma and cancer, as well as other diseases that affect their adult lives. Household air pollution increases the risk of cardiorespiratory, pediatric and maternal health complications. Strict environmental health policies are required, which should be periodically reviewed and continuously updated, where necessary.

Key words: Air pollution, Cancer, Chronic diseases, Environment, Public health

Βιβλιογραφία

1. KRIEGER NJ. Climate crisis, health equity, and democratic governance: The need to act together. *J Public Health Policy* 2020, 41:4–10
2. URRUTIA-PEREIRA M, GUIDOS-FOGELBACH G, SOLÉ D. Climate changes, air pollution and allergic diseases in childhood and adolescence. *J Pediatr (Rio J)* 2022, 98(Suppl 1):S47–S54
3. ECKHARDT CM, WU H. Environmental exposures and lung aging: Molecular mechanisms and implications for improving respiratory health. *Curr Environ Health Rep* 2021, 8:281–293
4. YANG J, ZHOU M, LI M, YIN P, HU J, ZHANG C ET AL. Fine particulate matter constituents and cause-specific mortality in China: A nationwide modelling study. *Environ Int* 2020, 143:105927
5. ORDÓÑEZ-ILIARTE JM. Mental health and environmental health. A prospective view. SESPAS report 2020. *Gac Sanit* 2020, 34(Suppl 1):68–75
6. PARK J, KIM HJ, LEE CH, LEE CH, LEE HW. Impact of long-term exposure to ambient air pollution on the incidence of chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review and meta-analysis. *Environ Res* 2021, 194:110703
7. FUERTES E, SUNYER J, GEHRING U, PORTA D, FORASTIERE F, CESARONI G ET AL. Associations between air pollution and pediatric eczema, rhinoconjunctivitis and asthma: A meta-analysis of European birth cohorts. *Environ Int* 2020, 136:105474
8. HUANGFU P, ATKINSON R. Long-term exposure to NO₂ and O₃ and all-cause and respiratory mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int* 2020, 144:105998
9. SUN Z, ZHU D. Exposure to outdoor air pollution and its human-related health outcomes: An evidence gap map. *BMJ Open* 2019, 9:e031312
10. CHEN J, HOEK G. Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int* 2020, 143:105974
11. RODOSTHENOUS RS, KLOOG I, COLICINO E, ZHONG J, HERRERA LA, VOKONAS P ET AL. Extracellular vesicle-enriched microRNAs

- interact in the association between long-term particulate matter and blood pressure in elderly men. *Environ Res* 2018, 167:640–649
12. KIM HB, SHIM JY, PARK B, LEE YJ. Long-term exposure to air pollutants and cancer mortality: A meta-analysis of cohort studies. *Int J Environ Res Public Health* 2018, 15:2608
 13. SUI J, XIA H, ZHAO Q, SUN G, CAI Y. Long-term exposure to fine particulate matter and the risk of chronic liver diseases: A meta-analysis of observational studies. *Int J Environ Res Public Health* 2022, 19:10305
 14. GABET S, LEMARCHAND C, GUENEL P, SLAMA R. Breast cancer risk in association with atmospheric pollution exposure: A meta-analysis of effect estimates followed by a health impact assessment. *Environ Health Perspect* 2021, 129:57012
 15. KANG J, JUNG JY, HUH JY, JI HW, KIM HC, LEE SW. Behavioral interventions to reduce particulate matter exposure in patients with COPD. *Medicine (Baltimore)* 2021, 100:e28119
 16. HANSEL NN, PUTCHA N, WOO H, PENG R, DIETTE GB, FAWZY A ET AL. Randomized clinical trial of air cleaners to improve indoor air quality and chronic obstructive pulmonary disease health: Results of the CLEAN AIR Study. *Am J Respir Crit Care Med* 2022, 205:421–430
 17. SORDILLO JE, RIFAS-SHIMAN SL, SWITKOWSKI K, COULL B, GIBSON H, RICE M ET AL. Prenatal oxidative balance and risk of asthma and allergic disease in adolescence. *J Allergy Clin Immunol* 2019, 144:1534–1541.e5
 18. NICOLAOU L, CHECKLEY W. Differences between cigarette smoking and biomass smoke exposure: An *in silico* comparative assessment of particulate deposition in the lungs. *Environ Res* 2021, 197:111116
 19. OKELLO S, AKELLO SJ, DWOMOHE E, BYARUHANGA E, OPIO CK, ZHANG R ET AL. Biomass fuel as a risk factor for esophageal squamous cell carcinoma: A systematic review and meta-analysis. *Environ Health* 2019, 18:60
 20. LEE KK, BING R, KIANG J, BASHIR S, SPATH N, STELZLE D ET AL. Adverse health effects associated with household air pollution: A systematic review, meta-analysis, and burden estimation study. *Lancet Glob Health* 2020, 8:e1427–e1434
 21. BENAVIDES J, ROWLAND TS, SHEARSTON AJ, NUNEZ Y, DARBY WJ, KIOUMOURTZOGLU MA. Methods for evaluating environmental health impacts at different stages of the policy process in cities. *Curr Environ Health Rep* 2022, 9:183–195
 22. VAN MEEL ER, MENSINK-BOUT SM, DEN DEKKER HT, AHLUWALIA TS, ANNESI-MAESANO I, ARSHAD SH ET AL. Early-life respiratory tract infections and the risk of school-age lower lung function and asthma: A meta-analysis of 150,000 European children. *Eur Respir J* 2022, 60:2102395
 23. GUO C, SUN X, DIAO W, SHEN N, HE B. Correlation of clinical symptoms and sputum inflammatory markers with air pollutants in stable COPD patients in Beijing area. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2020, 15:1507–1517
 24. CHEN JG, JOHNSON J, EGNER P, NG D, ZHU J, WANG JB ET AL. Dose-dependent detoxication of the airborne pollutant benzene in a randomized trial of broccoli sprout beverage in Qidong, China. *Am J Clin Nutr* 2019, 110:675–684
 25. FILIPPINI T, HATCH EE, ROTHMAN KJ, HECK JE, PARK AS, CRIPPA A ET AL. Association between outdoor air pollution and childhood leukemia: A systematic review and dose-response meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2019, 127:46002
 26. WANG Z, ZHAO L, HUANG Q, HONG A, YU C, XIAO Q ET AL. Traffic-related environmental factors and childhood obesity: A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev* 2021, 22(Suppl 1):e12995
 27. FULLER R, LANDRIGAN P, BALAKRISHMAN K, BATHAN G, BOSE-O'REILLY S, BRAUER M ET AL. Pollution and health: A progress update. *Lancet Planet Health* 2022, 6:e535–e547
- Corresponding author:*
- P. Petropoulou, Department of Nursing, University of West Attica, 28 Agiou Spyridonos street, 122 43 Egaleo, Attica, Greece
e-mail: ppetropoulou@uniwa.gr