

# Επίκαιρες Καταγραφές και Προτάσεις για την Ποιότητα Αέρα σε Χώρους Παροχής Οδοντιατρικών Υπηρεσιών

Τζούτζας Γ. Ιωάννης

Η ποιότητα του αέρα στους χώρους παροχής υπηρεσιών υγείας και ειδικότερα στα Οδοντιατρεία, άρχισε να απασχολεί σοβαρά την επιστημονική κοινότητα, μόλις στα τέλη της δεκαετίας του '60, όταν πλέον οι χειρολαβές υψηλών ταχυτήτων είχαν αρχίσει να κατακτούν έδαφος στην επανορθωτική οδοντιατρική, τα πολυμερή υλικά με τη μορφή του πολυμεθακρυλικού μεθυλίου επέβαλαν την παρουσία τους στην αισθητική αποκατάσταση προσθίων δοντιών και τα διάφορα αιθέρια έλαια χρησιμοποιούντο σε πλειάδα εφαρμογών.

Η επιστήμη της υδροβιολογίας ήταν αναπόφευκτο ότι θα άγγιζε και την οδοντιατρική και έτσι αρχίζουν να διατυπώνονται κάποιες απόψεις για την ποιότητα του αέρα στο χώρο του Οδοντιατρείου αλλά και του εργαστηρίου, που αποτελούσε συνοδευτική εγκατάσταση μιας σύγχρονης οδοντιατρικής κλινικής ή ιατρείου.

Η χρησιμοποίηση όλο και περισσότερων, νεότερων πολυμερών υλικών, η τοποθέτηση και αφαίρεση αποκαταστάσεων αμαλγάματος, οι απαιτήσεις για τον καθαρισμό και την απολύμανση των περιφερικών συσκευών και επιφανειών, κίνησε το ενδιαφέρον ερευνητών που ασχολήθηκαν με την ποιότητα του αέρα στο οδοντιατρείο, με προσδιορισμό μικροσωματιδίων, διοξειδίου του άνθρακα και οργανικών πτητικών ενώσεων.

Οι διάφορες αερογενείς λοιμώξεις, που κάνουν όλο και πιο συχνά την εμφάνισή τους στις κοινωνίες μετά τις αρχές του 21ου αιώνα και οι ενδημικές έως πανδημικές διαστάσεις που τις χαρακτηρίζουν, ώθησαν στη λεπτομερή διερεύνηση πολλών παραμέτρων που σχετίζονται με την ποιότητα και την κινητικότητα των αερίων μαζών στο χώρο του Οδοντιατρείου.

Στην εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια να παρατεθούν οι απόψεις που χαρακτηρίζουν την έννοια του αερολύματος, ο προσδιορισμός της επικινδυνότητάς του και με αφορμή την πανδημία SARS-CoV-2 να προσδιοριστεί ο ρόλος του στο οδοντιατρείο.

Παράλληλα επιχειρείται η αξιολόγηση διαφόρων τεχνικών και συσκευών καθαρισμού του αέρα και εκτιμάται η συμβολή τους στη βελτίωση του αέρα του εσωτερικού χώρου των Οδοντιατρικών Ιατρείων και Κλινικών.

ελληνική νοσοκομειακή οδοντιατρική 14: 11-20, 2021

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**Λέξεις κλειδιά:** Αερόλυμα, μικροσταγονίδια, ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων, SARS-CoV 2, οδοντιατρεία.

Ομοτ. Καθηγητής Οδοντιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

**Προέλευση:**  
Εργαστήριο Οδοντικής Χειρουργικής Οδοντιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Η εμφάνιση της νόσου COVID-19 και η ταχύτατη εξάπλωσή της έχει δημιουργήσει τεράστια αβεβαιότητα στις επιστήμες υγείας και τούτο διότι, μεταξύ άλλων, δεν υπάρχουν συγκεκριμένα επιτυχημένα θεραπευτικά πρωτόκολλα και ειδικά φαρμακευτικά σκευάσματα, ενώ τα μεγάλα προβλήματα εγείρονται από την απουσία μιας ι-δανικής και αποτελεσματικής διοικητικής στρατηγικής. Ένα από αυτά τα κενά είναι οι ακριβείς μηχανισμοί μέσω

των οποίων εξαπλώνονται οι μολυσματικές ασθένειες και κατά συνέπεια ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος προστασίας.

Είναι συχνή η αναφορά των όρων «παραγωγή αερολύματος, παραγωγή αεροζόλ και εκτόξευση μικροσταγονιδίων», αλλά η ακριβής σημασία τους μπορεί να είναι ασαφής και έτσι είναι δύσκολο να γνωρίζουμε πώς να χαραχθεί πολιτική προστασίας από όλα αυτά και τούτο διότι στην αναψηλάφηση της βιβλιογραφίας καταγράφονται αντικρουόμενες πληροφορίες<sup>1</sup>.

Αποτελεί πλέον τεκμηριωμένη καταγραφή ότι, στις σύγχρονες κοινωνίες, οι άνθρωποι περνούν περισσότερο από το 80% του καθημερινού τους χρόνου σε εσωτερικούς χώρους (κατοικίες, χώροι εργασίας, εγκαταστάσεις αναψυχής κ.α.) με αποτέλεσμα η ποιότητα του εσωτερικού αέρα να αποτελεί τα τελευταία χρόνια καίριο ζήτημα της εποχής, με συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον. Η στροφή του ενδιαφέροντος στο θέμα αυτό έγινε μετά από αναφορές ενοίκων διαφόρων εσωτερικών χώρων, στις οποίες περιγραφόταν μια ποικιλία απροσδιόριστων συμπτωμάτων όπως ερεθισμός στα μάτια, το δέρμα και το λαιμό, πονοκέφαλος, δύσπνοια κ.α.<sup>2</sup>. Μελέτες που ακολούθησαν έδειξαν πως τα συμπτώματα αυτά έχουν άμεση σχέση με την κακή ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων (σύνδρομο των άρρωστων κτιρίων /SBS Sick Buildings Syndrome). Έως τότε, η επιστημονική κοινότητα είχε επικεντρωθεί στη μελέτη της ποιότητας του εξωτερικού αέρα σε αστικές περιοχές λόγω των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων από τη βιομηχανία και την κυκλοφορία των αυτοκινήτων. Επιπλέον, η ποιότητα αέρα στους εσωτερικούς χώρους ήταν άμεσα συνυφασμένη με αυτήν του εξωτερικού αέρα.

Ειδικά, τα τελευταία χρόνια η κακή ποιότητα αέρα σε χώρους, όπως χειρουργεία νοσοκομείων, όπου το μείγμα χημικών ρύπων και βιολογικών μολυντών σε συνδυασμό με το υψηλό άγχος από την πλευρά των εργαζομένων, καθίσταται επικίνδυνη, για την υγεία τόσο των ασθενών όσο και των γιατρών. Παρόλο που λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή διάδοσης των λοιμώξεων, η κατασκευή των κτιρίων και η είσοδος ρύπων από το εξωτερικό περιβάλλον τα καθιστούν ανεπαρκή. Αυτό συμβαίνει κυρίως σε κλινικές που βρίσκονται σε αστικές περιοχές και οι οποίες περιβάλλονται από πηγές ρύπανσης από αυτοκίνητα, βιομηχανίες και κεντρικές θερμάνσεις. Επιπλέον, πολλές κλασσικές ή νεωτεριστικές θεραπείες και επεμβατικές πράξεις προκαλούν την έκλυση μικροσταγονιδίων, ατμών ή και καπνών, των οποίων η πιθανή επιβλαβής δράση στην υγεία του ιατρικού ή υποστηρικτικού προσωπικού, δεν έχει επαρκώς μελετηθεί και για το λόγο αυτό αποτελούν NHRs, δηλαδή Newly Identified Health Risks.

Κατά συνέπεια, χώροι όπως κλινικές και νοσοκομειακά εργαστήρια χρειάζονται ιδιαίτερο τρόπο εξαερισμού για την εξασφάλιση της καλής ποιότητας αέρα για τους ασθενείς και τους εργαζόμενους<sup>3</sup>.

**Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να υπάρξουν σαφείς τοποθετήσεις για τη φύση και τη δυναμική των αερολυμάτων και των μικροσταγονιδίων και να περιγραφούν οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να επηρεάσουν την υγεία των ανθρώπων που εργάζονται ή επισκέπτονται τους χώρους παροχής οδοντιατρικών υπηρεσιών.**

Τα αερολύματα είναι υγρά ή στερεά σωματίδια αιωρού-

μενα στον αέρα ανάλογα με την τυρβώδη ροή<sup>4,5</sup>. Μπορούν να είναι ορατά, όπως η ομίχλη, αλλά πιο συχνά είναι αόρατα, όταν είναι με τη μορφή της σκόνης ή της γύρης. Συχνά χωρίζονται σε μικρά σταγονίδια για τα οποία διατηρείται ο όρος αεροζόλ ή αερολύμα (air splatter) και μεγάλα σταγονίδια (droplets).

Είναι απόλυτα τεκμηριωμένο ότι τα μεγάλα σταγονίδια διαστάσεων 100-50 μm πέφτουν στο έδαφος πριν εξατμιστούν, προκαλώντας τοπική μόλυνση. Η μετάδοση της νόσου μέσω αυτών των μεγάλων σταγονιδίων είναι αυτό που συχνά αναφέρουμε ως “droplet/contact spread”, όπου η μετάδοση της νόσου συμβαίνει επειδή αγγίζεται μια επιφάνεια που έχει μολυνθεί από αυτά τα σταγονίδια, ή κάποιο άτομο κινείται-χωρίς προστασία του αναπνευστικού- μέσα στη ζώνη ψεκασμού όταν ο ασθενής βήχει, φτερνίζεται ή μιλά έντονα. Αντίθετα, τα αερολύματα είναι τόσο μικρά που οι δυνάμεις άνωσης υπερσχύουν της βαρύτητας, επιτρέποντάς τους να αιωρούνται στον αέρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα, ή να εξατμίζονται πριν φτάσουν στο πάτωμα, αφήνοντας τα στερεά σωματίδια (πυρήνες σταγονιδίων) ελεύθερα να επιπλέουν σε πολύ μεγάλες αποστάσεις, προκαλώντας αυτό που συχνά αποκαλούμε «αερομεταφερόμενη μετάδοση» (Air born disease)<sup>5,6</sup>.

Τα αναπνευστικά αερολύματα δημιουργούνται όταν ο αέρας περνά πάνω από ένα στρώμα υγρού<sup>7,8</sup>. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός παραγόντων που μπορούν να αλλάξουν αυτήν τη διαδικασία. Το ιξώδες του στρώματος υγρού είναι ένας σημαντικός καθοριστικός παράγοντας της παραγωγής αερολυμάτων και θα μπορούσε να είναι μια πολύ σημαντική πρακτική εξέταση στις επιστήμες υγείας και τούτο διότι αύξηση της επιφανειακής τάσης του συνολικού σχηματισμού σταγονιδίων προκαλεί παραγωγή μικρότερων σταγονιδίων τα οποία θα ταξιδέψουν μακρύτερα<sup>7</sup>.

Στη μελέτη των αερολυμάτων, φαίνεται να υπάρχουν δύο κύρια σημεία διαμάχης. Το πρώτο είναι ο διαχωρισμός μεγέθους μεταξύ μεγάλων και μικρών σταγονιδίων. Διάφορες πηγές θα προκαλέσουν εκπομπές 2 μm, 5 μm, 10 μm, 20 μm, ή ακόμη και 100 μm<sup>4,8,11</sup>. Αυτή είναι μια βασική διάκριση, επειδή εκεί προσδιορίζεται η διαφορά μεταξύ αερομεταφερόμενων και αεροσταγονιδίων και προσδιορίζονται οι ανάλογες προφυλάξεις.

Ο Morawska το 2006 δηλώνει ότι σταγονίδια μικρότερα από 100 μm, μέγεθος το οποίο έχουν σχεδόν όλα τα σταγονίδια, θα εξατμιστούν πριν έλθουν σε επαφή με το πάτωμα, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούν να μεταδώσουν την ασθένεια μέσω της αερομεταφερόμενης διαδρομής, ενώ άλλες ερευνητικές εργασίες θα χρησιμοποιήσουν τα 5 μm ως κρίσιμο μέγεθος αεροσταγονιδίων. Υπάρχει, πιθανώς, μια γκρίζα περιοχή στην οποία τα αεροσταγονίδια μπορεί να συμπεριφέρονται με οποιονδήποτε τρόπο, ανάλογα με το πόσο γρήγορα εξατμίζονται σε σύγκριση με το πόσο γρήγορα πέφτουν στο έδαφος, με βάση τις ατμοσφαιρικές συνθήκες του δωματίου.

Το δεύτερο σημείο διαφωνίας είναι ακριβώς πόσο σαφής είναι η διάκριση μεταξύ αερομεταφερόμενης και droplet μετάδοσης. Ορισμένες πηγές το αντιμετωπίζουν ως ασαφές πεδίο, όμως άλλες επισημαίνουν ότι τα μεγάλα σταγονίδια εξατμίζονται και γίνονται μικρότερα, καθώς και ότι οι περισσότερες δραστηριότητες δημιουργούν μια πολύ μεγάλη ποικιλία μεγεθών. Πολλές επιδημιολογικές μελέτες καταθέτουν ισχυρούς ισχυρι-

σμούς ότι μια ασθένεια μεταδίδεται μόνο από στενή επαφή, αλλά αυτές οι μελέτες δεν είναι δυνατό να κάνουν διάκριση μεταξύ της μετάδοσης αεροζόλ μικρής απόστασης και της μετάδοσης επαφής.

### Διαδικασίες παραγωγής αερολυμάτων

Μια από τις διαδικασίες παραγωγής αερολυμάτων, είναι -μεταξύ άλλων- και μια ιατρική θεραπευτική ή εξεταστική πράξη που δημιουργεί αερολύματα πέραν εκείνων που ο ασθενής δημιουργεί τακτικά από την αναπνοή, το βήχα, το φτέρνισμα και την ομιλία<sup>5</sup>. Με άλλα λόγια, είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι οι ασθενείς θα δημιουργήσουν τα δικά τους αερολύματα, ακόμα και όταν δεν εκτελούμε αυτές τις διαδικασίες. Οι διαδικασίες παραγωγής αερολυμάτων μπορούν να παράγουν τόσο μεγάλα όσο και μικρά σταγονίδια. Κάθε διαδικασία θα είναι μοναδική, και έτσι πρέπει πραγματικά να εξεταστεί ανεξάρτητα<sup>5</sup>. Το σημαντικό είναι ότι οι διαδικασίες παραγωγής αερολυμάτων μπορούν να προκαλέσουν μετάδοση μέσω διαδρομών τις οποίες τα μικρόβια δεν χρησιμοποιούν συνήθως (έναν ιός συνήθως μεταδίδεται μέσω της επαφής ή σταγονίδια μπορούν να μεταδοθούν στον αέρα). Οι διαδικασίες μπορούν είτε να προκαλέσουν στον ασθενή βήχα ή φτέρνισμα, μια διάκριση που μπορεί να είναι σημαντική όταν προσπαθεί να μετριάσει τον κίνδυνο<sup>5</sup>.

Αν και οι αναπνευστικές λοιμώξεις είναι η κύρια πηγή αερολυμάτων, εν τούτοις αυτές δημιουργούνται και με άλλους τρόπους. Η κάθε χειρουργική επέμβαση μπορεί να αερολύσει παθογόνα μικρόβια που βρίσκονται στο αίμα ή τους ιστούς, όπως, για παράδειγμα, ο HIV βρέθηκε σε αερολύματα που δημιουργήθηκαν από χειρουργικά ηλεκτρικά χειρουργικά εργαλεία<sup>5</sup>. Τα αερολύματα μπορούν επίσης να παραχθούν από φαινομενικά τετριμμένα πράγματα, όπως το γρήγορο τρεχούμενο νερό της βρύσης και οι λεκάνες από τις τουαλέτες<sup>5</sup>.

### Αερολύματα και συμβατικές δραστηριότητες

Σε όλα τα πρωτόκολλα αντιμετώπισης της μετάδοσης της νόσου SARS-CoV-2, έχει γίνει επικέντρωση στις διαδικασίες παραγωγής αερολυμάτων, αλλά είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι τα αερολύματα παράγονται επίσης μέσω κανονικών ανθρώπινων δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της απλής αναπνοής<sup>4,12</sup>. Ουσιαστικά, κάθε αέριο μάζα που διέρχεται από την αναπνευστική οδό θα δημιουργήσει σταγονίδια. Η κλινική σημασία εξαρτάται από τον αριθμό των σταγονιδίων που παράγονται, το μέγεθός τους, τη συγκέντρωση των λοιμογόνων παραγόντων, τη συχνότητα με την οποία εκτελείται η δραστηριότητα και τα ΜΑΠ που χρησιμοποιούνται από το προσωπικό<sup>9</sup>. Για παράδειγμα, αν και ένας μόνο βήχας παράγει πολύ περισσότερα σταγονίδια (όλων των μεγεθών) από μία μόνον αναπνοή, η αναπνοή συμβαίνει πολύ πιο συχνά και έτσι μπορεί να είναι υπεύθυνη για την παραγωγή περισσότερων σταγονιδίων συνολικά<sup>7,8,13</sup>. Είναι επίσης σημαντικό να καταλάβουμε ότι, αν και η πλειοψηφία των σταγονιδίων που παράγονται από ένα βήχα μπορεί να είναι αρκετά μικρά για να παραμείνουν στον αέρα, το μικρό μέγεθός τους σημαίνει ότι συνολικά προσθέτουν μόνον έναν μικρό κλάσμα του όγκου που παράγεται (ίσως λιγότερο από 0,1%), και ως εκ τού-

του μόνον ένα μικρό κλάσμα της συνολικής εξάπλωσης του ιού<sup>5</sup>. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι μεταφέρουν μικρότερο αριθμό μικροοργανισμών, υπάρχουν ενδείξεις ότι τα μικρότερα σταγονίδια δεν χρειάζεται να περιέχουν τόσους πολλούς μικροοργανισμούς όσους τα μεγαλύτερα σταγονίδια για να προκαλέσουν μια κλινική λοίμωξη (κατά αρκετές τάξεις μεγέθους)<sup>4,6</sup>. Επιπλέον, πρέπει να θυμόμαστε ότι δεν είναι κάθε αεροσταγονίδιο περιεκτικό σε ιούς και ακόμη και αν είναι, μπορεί να μην είναι αρκετό το φορτίο για να μεταδώσει αποτελεσματικά την ασθένεια.

Παλαιότερες μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι άνθρωποι παράγουν κυρίως μεγάλα σταγονίδια, αλλά ήταν σημαντικά περιορισμένα, επειδή τα όργανα τους δεν ήταν ευαίσθητα σε μικρότερα μεγέθη<sup>8</sup>. Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι το 80-90% των σωματιδίων που παράγονται από την ανθρώπινη εκπνοή είναι μικρότερα από 1 μμ σε μέγεθος<sup>14</sup>. Αν και το ακριβές μέγεθος των σταγονιδίων που παράγονται είναι ακόμα υπό συζήτηση, οι περισσότερες πηγές συμφωνούν ότι ομιλία, βήχας και φτέρνισμα παράγουν σταγονίδια που είναι αρκετά μικρά για να παραμείνουν αερομεταφερόμενα<sup>7,11</sup>.

Είναι ενδιαφέρον ότι η συνολική ποσότητα των παραγόμενων βιο-αερολυμάτων ποικίλλει εξαιρετικά μεταξύ των ατόμων, με μερικούς ανθρώπους να δημιουργούν πολύ λίγα, και άλλους να ενεργούν ως "υπερπαραγωγοί". (super spreaders)<sup>7</sup>.

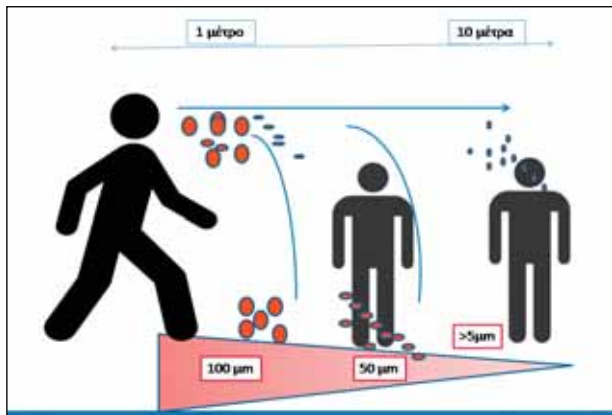
Ο εμετός, κατά τον οποίο οι άνθρωποι μπορούν να εκλύσουν μέχρι και ένα εκατομμύριο σωματίδια ιού ανά χιλιστόλιτρο εμετού, μπορεί επίσης να παράγει αερολύματα<sup>5</sup>. Έμετος που παραχθηκε από ασθενείς SARS συσχετίστηκε με νοσοκομειακή εξάπλωση σε νοσοκομείο στο Χονγκ Κονγκ, αν και δεν είναι σαφές από ποια οδό συνέβη η μετάδοση (επαφή, σταγονίδιο ή αερομεταφερόμενη)<sup>8</sup>. Ομοίως, μπορεί να υπάρχουν μέχρι και εκατό εκατομμύρια σωματίδια ιών σε κάθε γραμμάριο περιττωμάτων και τουαλέτες που είναι γνωστό ότι παράγουν αερολύματα. Όπως αναφέρεται παρακάτω, με αυτή τη μορφή αερολυμάτων πιστεύεται ότι είχε εξαπλωθεί ο SARS στο συγκρότημα διαμερισμάτων Amoy Garden στο Χονγκ Κονγκ<sup>3</sup>.

Ωστόσο, το αν αυτά τα αερολύματα είναι ικανά να μεταδώσουν τη νόσο εξακολουθεί να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον αριθμό που παράγεται, τη συγκέντρωση του μολυσματικού παράγοντα, τη λοιμογόνο ικανότητα του μικροβίου, περιβαλλοντικούς παράγοντες (ο ιός πρέπει να είναι σε θέση να επιβιώσει, είτε στον αέρα είτε σε μια επιφάνεια, μέχρι να εισέλθει σε έναν ξενιστή) και την υγεία και την ανοσία του ξενιστή<sup>8</sup>. Αν και είναι σαφές ότι τα αερολύματα παράγονται συχνά, είναι επίσης σαφές ότι η συντριπτική πλειοψηφία των περιστατικών μετάδοσης της νόσου συμβαίνει μεταξύ των ανθρώπων που βρίσκονται σε πολύ στενή επαφή και ως εκ τούτου εκτίθενται στο μεγαλύτερο από τα σταγονίδια.

Το γεγονός ότι οι άνθρωποι παράγουν συνεχώς αερολύματα είναι πραγματικά σημαντικό κατά την αξιολόγηση των μελετών των διαδικασιών παραγωγής αερολυμάτων.

Υπάρχει σοβαρή έλλειψη ερευνητικών δεδομένων για αυτό το ερώτημα, τι συμβαίνει δηλαδή στο αεροζόλ μετά την αποβολή του<sup>4,6,9</sup>. Οι περισσότεροι από τους αριθμούς που χρησιμοποιούνται κλινικά, βασίζονται σε μαθηματικά μοντέλα που κάνουν μεγάλο αριθμό -δυσνητικά

ελαττωματικών-υποθέσεων. Εκεί όπου καταλήγουν είναι ότι η διαδρομή των σταγονιδίων ρυθμίζεται από έναν τεράστιο αριθμό παραγόντων. Ο κύριος παράγοντας είναι πιθανώς το μέγεθος της σταγόνας. Ένα droplet διαστάσεων 1000 μm θα πέσει σε απόσταση 1 μέτρου σε 0,3 δευτερόλεπτα. Ένα droplet μεγέθους 100 μm θα πάρει 3 δευτερόλεπτα για να πέσει 1 μέτρο. Μια σταγόνα 10 μm θα πάρει 300 δευτερόλεπτα, και μια σταγόνα 1 μm θα πάρει 30.000 δευτερόλεπτα<sup>8,10</sup>(εικ. 1).



**Εικόνα 1:** Απόσταση εκτόξευσης σταγονιδίων.

Ο χρόνος που παραμένει ένα σταγονίδιο στον αέρα είναι σαφώς ένας τεράστιος παράγοντας για το πόσο μακριά είναι σε θέση να ταξιδέψει και πόσο πιθανό είναι να εκτεθούν οι εργαζόμενοι στην υγειονομική περιθάλψη. Οι ακριβείς κατηγοριοποιήσεις μεγέθους είναι αμφιλεγόμενες, αλλά ο Chen το 2010 προτείνει ότι η κατανομή όλων των σταγονιδίων μεταξύ 0,1 και 200 μm θα επηρεαστεί κυρίως από τα πρότυπα εξαερισμού και την αρχική ταχύτητα του σταγονιδίου, παρά από τη βαρύτητα. Με άλλα λόγια, αυτά τα σταγονίδια δεν πέφτουν απλώς στο έδαφος μέσα σε 1-2 μέτρα από τον ασθενή, όπως υποθέτουν πολλές πρακτικές ελέγχου μόλυνσης. Ωστόσο, η κατανομή των σταγονιδίων επηρεάζεται επίσης από έναν πολύ μεγάλο αριθμό παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της σχετικής υγρασίας, της θερμοκρασίας, του προτύπου και του ρυθμού εξαερισμού, της αρχικής ταχύτητας, του σχήματος του ανθρώπινου σώματος και του μεγέθους και της σύνθεσης των πυρήνων σταγονιδίων<sup>9,11</sup>. Οι περισσότεροι από αυτούς τους παράγοντες είναι δυναμικοί (αλλαγές μεγέθους σταγονιδίων καθώς εξατμίζονται και αλλαγές θερμοκρασίας), καθιστώντας δύσκολους τους απλοποιημένους υπολογισμούς. Σε μικρότερα μεγέθη, η κίνηση Brown, οι ηλεκτρικές δυνάμεις, οι θερμικές κλίσεις και η τυρβώδης διάχυση έχουν πολύ μεγαλύτερες επιπτώσεις<sup>8</sup>. Πολλοί υπολογισμοί σχετικά με την κατανομή των σταγονιδίων έχουν ενσωματώσει σημαντικές υποθέσεις. Για παράδειγμα, οι αρχικές μελέτες που εκτίμησαν τη διασπορά των σταγονιδίων έκαναν την υπόθεση ότι τα σταγονίδια εισήχθησαν στον αέρα χωρίς καμία ταχύτητα, η οποία είναι μια κακή υπόθεση όταν ο βήχας και το φτέρνισμα μπορούν να δημιουργήσουν τεράστιες αρχικές ταχύτητες σωματιδίων<sup>8</sup>. Ως γενικές εκτιμήσεις, τα σωματίδια που παράγονται από την κανονική αναπνοή έχουν ταχύτητα περίπου 1 m/sec, μιλώντας 5m/sec, βήχα 10 m/sec, και φτέρνισμα 20-50 m/sec<sup>8</sup>. Έτσι, αν και τα

μεγάλα σωματίδια συχνά υποτίθεται ότι προσγειώνονται κοντά στον ασθενή, αυτή η υπόθεση είναι συχνά λανθασμένη<sup>15</sup>, κλασικό παράδειγμα για το οποίο είναι το περπάτημα στη θάλασσα σε μια τρικυμώδη ημέρα. Μεγάλα σταγονίδια που συνήθως ταξιδεύουν μόνο σε πολύ μικρή απόσταση μπορούν εύκολα να φτάσουν σε επιφάνειες πολύ μακριά από την ακτή<sup>5</sup>.

Υπάρχουν μερικά μαθηματικά μοντέλα και πειραματικά δεδομένα που υποστηρίζουν τον κανόνα των 2 μέτρων για κανονική αναπνοή και ομιλία, αλλά οι περισσότεροι προτείνουν ότι ο βήχας και το φτέρνισμα βοηθούν να εξαπλωθεί σταγονίδια πολύ περισσότερο<sup>9,15,16</sup>. Ωστόσο, ο κανόνας αυτός ισχύει μόνο για μεγάλα σταγονίδια. Μικρότερα σταγονίδια παραμένουν παγιδευμένα στον αέρα και ως εκ τούτου μπορούν να διανύσουν πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις. Δυστυχώς, τα περισσότερα από αυτά τα μοντέλα αγνοούν τον αντίκτυπο εκ μέρους των ασθενών που καλύπτουν το στόμα και τη μύτη τους, όταν φτερνίζονται. Ας ελπίσουμε ότι όλοι αυτοί οι ασθενείς φορούν μάσκες, ενώ το φτέρνισμα στο νοσοκομείο ή σε ιατρείο ή γενικά σε εσωτερικό χώρο, θα αλλάξει σαφώς την κατανομή των σταγονιδίων και καθιστά τον αριθμό των 7-8 μέτρων λιγότερο πιθανό<sup>15</sup>.

Μικρά σταγονίδια θα παραμείνουν στον αέρα για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα (θα γίνουν δηλαδή αερομεταφερόμενα), αλλά η ακριβής διάρκεια πτήσης τους είναι άγνωστη και μπορεί να αλλάξει σημαντικά, με βάση παράγοντες όπως η θερμοκρασία και η υγρασία. Με κανονική αναπνοή, τα μεγάλα σταγονίδια πέφτουν κυρίως στο έδαφος μέσα σε ακτίνα 2 μέτρων, αλλά μπορούν να εξατμιστούν και να γίνουν μικρά σταγονίδια<sup>8</sup>.

Ο βήχας και το φτέρνισμα μπορεί να ωθήσει αυτά τα μεγάλα σταγονίδια πολύ περισσότερο - τουλάχιστον 6 μέτρα<sup>15</sup>. Ίσως το πιο σημαντικό πράγμα που πρέπει να επισημάνουμε είναι ότι αυτή η κατανομή είναι πιθανολογική<sup>8</sup>. Δεν υπάρχει τίποτα που να εγγυάται ότι ένα σταγονίδιο θα σταματήσει πριν από μια ορισμένη απόσταση. Μερικές πηγές θα δηλώσουν ότι πολύ μικρά σωματίδια δεν είναι επικίνδυνα, επειδή αν και μπορεί να εισπνευσθούν, παραμένουν στον αέρα και δεν διατηρούνται στις κυψελίδες. Ωστόσο, φαίνεται ότι αυτό δεν είναι αλήθεια, με το 50% των σωματιδίων μικρότερων από 1 μm να διατηρούνται στην αναπνευστική οδό<sup>8</sup>.

### Περιπατητική Διαχείριση αερολυμάτων

Μία από τις πιο σημαντικές πτυχές της διαχείρισης των βιο-αερολυμάτων είναι ο καλός αερισμός<sup>7</sup>. Σε ιδανικές συνθήκες, το 65% όλων των αερομεταφερόμενων σταγονιδίων μπορούν να απομακρυνθούν με κάθε ανταλλαγή αέρα, αν και επειδή ο αέρας δεν αναμειγνύεται τέλεια, ο αριθμός είναι πιθανώς στην περιοχή 20-60% στις πραγματικές συνθήκες της ζωής<sup>7</sup>. Στην ιατρική, υπάρχει η τάση να γίνονται συνειρμοί σε ημιζωές. Κάθε ανταλλαγή αέρα μπορεί να πάρει το ήμισυ των αερολυμάτων σε ένα δωμάτιο και ως εκ τούτου, αν μπορεί να καθορισθεί η ισοτιμία του αέρα για την επαγγελματική εγκατάστασή σας, μπορεί να εκτιμηθεί ο χρόνος ημιζωής των αερολυμάτων και να χρησιμοποιηθεί για να γίνει εφαρμογή των απαραίτητων ΜΑΠ και να ληφθούν κλινικές αποφάσεις.

Προτείνεται, επίσης, να απολυμανθεί ο αέρας χρησιμοποιώντας διάφορα συστήματα, όπως φίλτρα HEPA και

υπεριώδες φως<sup>7</sup> αν και δεν έχει καταγραφεί η αποτελεσματικότητα από την παρουσία φορητών καθαριστών αέρα με φίλτρα HEPA στους διαδρόμους νοσοκομειακών μονάδων για να περιορίσει την αερομεταφερόμενη εξάπλωση της COVID. Φυσικά, ο πιο σημαντικός μηχανισμός για τη διαχείριση αερολυμάτων είναι σχεδόν σίγουρα τα ΜΑΠ, με μια κατάλληλη μάσκα N95 να αποτελεί το μοναδικό ιατρικό πρότυπο<sup>7</sup>.

Υπάρχει μια ευρέως διαδεδομένη έννοια ελέγχου μόλυνσης, ότι όσο είμαστε 2 μέτρα μακριά από τον ασθενή, παραμένουμε ασφαλείς από σταγονίδια. Αυτός ο ισχυρισμός γίνεται, συνήθως, χωρίς αναφορά και υπάρχουν πολλά στοιχεία που υποστηρίζουν ότι είναι λάθος, τουλάχιστον ως οριστικό πρωτόκολλο. Η ιδέα ότι όλα τα μεγάλα σταγονίδια θα πέσουν στο πάτωμα μέσα σε 2 μέτρα φαίνεται να έχει προταθεί με βάση έναν πολύ απλοϊκό υπολογισμό, με υποθέσεις που έχουν εν τω μεταξύ αμφισβητηθεί και με περιορισμένα εμπειρικά δεδομένα<sup>9</sup>. Δυστυχώς, όπως αναθεωρήθηκε παραπάνω, τα περισσότερα από τα υπάρχοντα δεδομένα φαίνεται να αντικρούουν αυτήν την υπόθεση. Για παράδειγμα, σε μια πρόσφατη μελέτη που συμμετείχαν 5 εθελοντές βήχα, μετά από στοματική έκπλυση με χρωστική τροφίμων, υπήρχε ορατή μακροσκοπική μόλυνση πέραν των 2 μέτρων στους 4 από 5 συμμετέχοντες<sup>17</sup>, ενώ απλές εικόνες φτερινίσματος σε σκοτεινό πεδίο, δείχνουν ένα σύννεφο σταγονιδίων έως τα 8 μέτρα<sup>15</sup>.

Σε μια άλλη μελέτη, ελλείψει διαδικασιών παραγωγής αερολυμάτων, τα ιικά φορτία της γρίπης ήταν στην πραγματικότητα υψηλότερα μακριά από τον ασθενή και ήταν υψηλότερα έξω από το δωμάτιο του ασθενούς<sup>18</sup>.

Δεν πρέπει να βασιζόμαστε στον κανόνα των 2 μέτρων για να είμαστε απόλυτα ασφαλείς. Τούτου λεχθέντος, επειδή τα σταγονίδια εξαπλώνονται μέσω του τρισδιάστατου χώρου, η συγκέντρωση των σταγονιδίων μειώνεται εκθετικά όσο απομακρύνεστε από τον ασθενή και υπάρχουν δεδομένα ότι η πλειοψηφία των σταγονιδίων που δημιουργούνται από την κανονική αναπνοή εμπίπτουν εντός 1 μέτρου, αν και ο βήχας και το φτέρνισμα αυξάνουν σημαντικά αυτήν την κατανομή.

Γενικά, όσο περισσότερο απομακρυνόμαστε από τον ασθενή τόσο πιο ασφαλείς είμαστε. Είναι πιο πιθανό να μολυνθούμε σε απόσταση 50cm από ό,τι σε 1 μέτρο. Ο κίνδυνος είναι και πάλι μικρότερος στα 2 μέτρα, αλλά δεν πέφτει στο μηδέν. Είμαστε ακόμη ασφαλέστεροι στα 4 ή 8 μέτρα μακριά από τον ασθενή (ή ακόμα καλύτερα, πίσω από μια κλειστή πόρτα) γεγονός όμως που δεν ισχύει κατά την άσκηση της Οδοντιατρικής.

Πρακτικά μιλώντας, αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να βγάζουμε τα PPE μας όσο το δυνατόν πιο μακριά από τον ασθενή. Σε έναν ιδανικό κόσμο, θα αφαιρούσαμε τα ΜΑΠ πίσω από ένα πέτασμα ή μια πόρτα για να περιορίσουμε εντελώς τη μόλυνση με σταγονίδια. Ωστόσο, αν και η αύξηση της απόστασης θα μειώσει τον κίνδυνο από σταγονίδια, στην πραγματικότητα αυξάνει τον κίνδυνο εξάπλωσης της επαφής. Προφανώς, δεν θέλουμε να κυκλοφορούμε με βρώμικα ΜΑΠ σε καθαρούς διαδρόμους ή χώρους γενικά. Ο κίνδυνος εξάπλωσης μέσω της επαφής με τις μικροβιοφόρες εστίες (fomites) είναι σχεδόν σίγουρα υψηλότερος από τον κίνδυνο από σταγονίδια μόλις είμαστε πιο μακριά από 2 μέτρα από τον ασθενή, γι' αυτό ο κανόνας 2 μέτρων λειτουργεί συχνά πρακτικά, παρόλο που δεν είναι επιστημονικά ακριβής.

Μια νέα συστηματική ανασκόπηση εξέτασε αυτό το θέμα και 8 από τις 10 μελέτες περιελάμβαναν αποδεδειγμένη εξάπλωση σταγονιδίων πάνω από 2 μέτρα. Οι συγγραφείς δηλώνουν, «αν και οι μελέτες που χρησιμοποιούν πολύ διαφορετικές μεθοδολογίες και θα πρέπει να ερμηνεύονται προσεκτικά, εξακολουθούν να επιβεβαιώνουν ότι το χωρικό όριο χωρισμού του 1 m που προβλέπονται για προφυλάξεις droplet, και συναφείς συστάσεις για το προσωπικό σε λιμάνια εισόδου<sup>10</sup>, δεν βασίζονται σε τρέχουσες επιστημονικές αποδείξεις<sup>19</sup>».

### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΩΝ

Η διαχείριση του αέρα των εσωτερικών χώρων είναι ένα πολύ σοβαρό θέμα, στο οποίο εμπλέκονται πολυάριθμοι παράγοντες, και αποτελεί πεδίο μελέτης πολλών γνωστικών αντικειμένων, Ακαδημαϊκά και Επαγγελματικά.

Ο πλήρης και τελειοθηρικός έλεγχος της ποιότητας του αέρα μηχανικά, θα πρέπει να στοχεύει στη δέσμευση μεγάλου αριθμού ρυπογόνων παραγόντων.

Με βάση το διεθνές Ινστιτούτο WELL -που ασχολείται με την ποιότητα των εσωτερικών χώρων των κτηρίων και τις προεκτάσεις τους στη σωματική και ψυχική υγεία των εργαζόμενων η των κατοίκων- η έκθεση σε μολυσματικούς παράγοντες εξαιτίας της πτωχής ποιότητας αέρα οδηγεί σε σειρά προβλημάτων υγείας όπως συχνούς πονοκεφάλους, άσθμα, υψηλή αρτηριακή πίεση, λοιμώξεις έως και νεοπλασίες<sup>9</sup>.

Οι μολυσματικοί και τοξικοί παράγοντες εκτιμάται ότι σε ποσοστό 100% επηρεάζουν πρώτιστα το αναπνευστικό σύστημα<sup>21</sup>.

Μεταξύ αυτών των διαδικασιών, της παραγωγής δηλαδή μικροσταγονιδίων, εντάσσεται και η Οδοντιατρική και ιδιαίτερα η Επανορθωτική Οδοντιατρική, όπου χρησιμοποιούνται χειρολαβές υψηλών ταχυτήτων με καταιονισμό νερού, πολλαπλές υδροαεροσύριγγες, αλλά και η αξιοποίηση διαφόρων συσκευών εκτόξευσης μικροσωματιδίων για τη συντηρητική θεραπεία νοσημάτων του περιοδοντίου ή τον προληπτικό καθαρισμό εμφυτευματικών αποκαταστάσεων. Αυτά τα σταγονίδια είναι συνήθως μεταξύ 0,5 και 5 μικρομέτρων (μm) σε διάμετρο και εάν συνηγορήσει και η σχετική υγρασία του χώρου μπορεί να παραμείνουν αιωρούμενα ή καθηλωμένα σε επιφάνειες επί ώρες. Με το σκεπτικό αυτό, είναι πολύ πιθανό οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, βακτήρια και ιοί που εμπεριέχονται σε αυτά τα μικροσταγονίδια, να εισπνέονται και να αποτελέσουν πηγή σοβαρής μόλυνσης στον οδοντίατρο, το προσωπικό του οδοντιατρείου αλλά και τους ασθενείς. Σε σειρά εργασιών που δημοσιεύθηκαν στο περιοδικό Infection Control Today<sup>22</sup> αναφέρεται ότι το ενδημικό στέλεχος ανθρώπινου κορωνοϊού (HCoV-)229E μπορεί να παραμείνει μολυσματικό σε ορισμένες επιφάνειες για μόλις 2 ώρες ή έως και 9 ημέρες. Για το λόγο αυτό, αξιολογήθηκαν σειρά απολυμαντικών διαλυμάτων κατάλληλων για επιφάνειες και οι ερευνητές κατέληξαν στη σημαντική αποτελεσματικότητα των αλκοολούχων διαλυμάτων περιεκτικότητας σε αλκοόλη 62-71% ενώ άλλα (χλωριούχο βενζαλκόνιο) και 0,55 % ορθο-φθαλ δεϋδρή (OPA) ήταν λιγότερο αποτελεσματικά<sup>22</sup>.

Ήδη από το 2010, το CDC υποστηρίζει τη χρήση ελαστικού απομονωτήρα όπου είναι δυνατό, μαζί με τη χρήση ισχυρής αναρρόφησης.

Ωστόσο, δεδομένου ότι οι οδοντιατρικές διαδικασίες

μπορεί να εκτελούνται χωρίς την υποστήριξη βοηθού, η χρήση και η αποτελεσματικότητα της ισχυρής αναρρόφησης μπορεί να είναι μεταβλητή. Παρόλο που δεν υπάρχει διεθνές πρότυπο που να ορίζει ποιο είναι το αποδεκτό επίπεδο αερολύματος στις οδοντιατρικές κλινικές, οι Whyte et al.<sup>23,24</sup> πρότειναν ότι σε μια τελειοθηρική λειτουργία τα αιωρούμενα σωματίδια που μεταφέρουν βακτήρια δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 10 ανά m<sup>3</sup>. Είναι ενδιαφέρον ότι τα επίπεδα αυτά μπορεί να επιτευχθούν στο οδοντιατρείο σε πολλές φάσεις της λειτουργίας του.

Σε κλινική μελέτη και κατά τη διενέργεια οδοντοστοματολογικής εξέτασης, παρασκευής κοιλότητων με τη βοήθεια χειρολαβής υψηλών ταχυτήτων με καταιονισμό νερού, περιοδοντικής θεραπείας με την υποστήριξη υπερήχων, αλλά και εξαγωγής δοντιού, καταγράφηκε η παραγωγή αερολύματος, που εμπειρείχε, μεταξύ των άλλων, σταφυλοκόκκους και μικρόκοκκους, με και χωρίς την υποστήριξη από κάποια συσκευή καθαρισμού αέρα (Air Cleaning Systems, ACS). Ωστόσο, σε καμία περίπτωση δεν μειώθηκε στο επίπεδο του ουδού αναφοράς (baseline) πριν δηλαδή από τη διενέργεια οποιασδήποτε πράξης. Ανεξάρτητα από αυτό, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι, το χρησιμοποιηθέν ACS, ήταν αποτελεσματικό στη μείωση των βακτηριακών αερολυμάτων.

Ενώ η χρήση ενός ACS για τη μείωση του αερολύματος μπορεί να μην απαιτείται σε κάθε εγκατάσταση, ο εξοπλισμός αυτός έχει δείξει, σαν γενική αρχή, να παρέχει ένα ασφαλέστερο περιβάλλον εργασίας, τόσο για τους ασθενείς όσο και για το προσωπικό του Οδοντιατρείου. Πλειάδα αλλεργιογόνων και τοξικών παραγόντων αιωρούνται στο χώρο του οδοντιατρείου, όπως αιθέρια έλαια, πολυμερή υλικά, οργανικοί διαλύτες, αλδεΐδες, διάφοροι καταλύτες, μικροσωματίδια ποικίλων μεγεθών και διάφορα άλλα.

Λόγω των συχνά εμφανιζόμενων αερογενών λοιμώξεων την τελευταία δεκαετία, έχουν σχεδιασθεί, παραχθεί και δοκιμασθεί πολλές συσκευές καθαρισμού του αέρα αλλά και ειδικές αναρροφήσεις που συλλαμβάνουν, αδραντοποιούν και διηθούν μικροσωματίδια, μικροσωματίδια εμπιέροντα υδράργυρο, γύρη, βακτήρια, ιούς και οργανικές πτητικές ενώσεις (VOCs) αλλά δεσμεύουν και το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα, προϊόν καύσεων, κύρια από την ανθρωπινή δραστηριότητα.

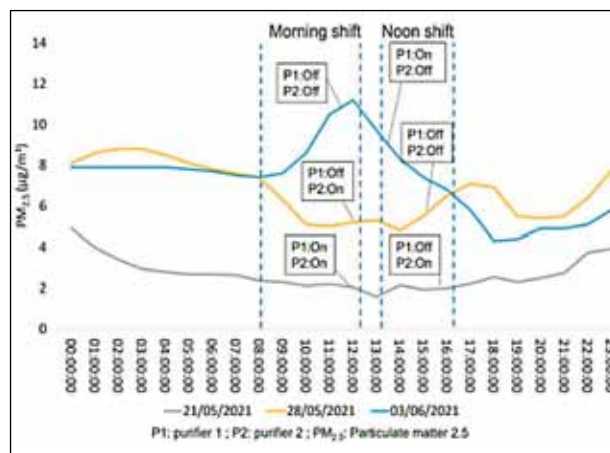
Την τελευταία διετία προτείνονται διάφορες φορητές ή τροχήλατες συσκευές που ισχυρίζονται ότι μπορούν καθαρίσουν τον αέρα του οδοντιατρείου και παράλληλα να τον απαλλάξουν από παθογόνους μικροοργανισμούς. Πρέπει να σημειωθεί ότι απαραίτητη προϋπόθεση για να είναι στοιχειωδώς αποδοτική και ωφέλιμη μια συσκευή καθαρισμού αέρα, είναι να είναι εφοδιασμένη με φίλτρο HEPA, που είναι τα αρχικά από τις λέξεις High Efficiency Particulate Air/Absorbance, που σημαίνει την ικανότητα του φίλτρου να συγκρατεί μικροσωματίδια και αλλεργιογόνα.

Οι συσκευές αυτές πρόσφατα έχουν εμπλουτιστεί με λυχνίες παραγωγής υπεριώδους ακτινοβολίας ή με συσκευές πλάσματος που επιφέρουν συμπληρωματικό καθαρισμό στον ήδη φιλτραρισμένο αέρα.

Πολλές από τις συσκευές αυτές είναι σχεδιασμένες για να ελέγχουν τον αέρα του γενικού χώρου που είναι εγκατεστημένη η οδοντιατρική μονάδα και άλλες είναι

εξοπλισμένες με ειδική αναρροφητική επέκταση διαμέτρου από 10-20 εκατοστά, που προσεγγίζει το πεδίο εργασίας και συγκεκριμένα το στόμα του ασθενούς.

Όλες αυτές οι συσκευές είναι χωροκτητικές και οφείλουν να προσεγγίσουν τον ασθενή από το χώρο που είναι αφιερωμένος στο βοηθητικό προσωπικό ή που καταλαμβάνεται από το πτυελοδοχείο και τα αναρροφητικά συστήματα. Σε πρόσφατη δημοσίευση<sup>24</sup> έγινε καταγραφή, επί πολλές εβδομάδες, της ποιότητας του αέρα στους χώρους του μεταπτυχιακού προγράμματος της Οδοντιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ, πριν και μετά την τοποθέτηση συσκευών καθαρισμού αέρα (Air purifiers) και διαπιστώθηκε σημαντικότερη μείωση των ρύπων, με τη μορφή των μικροσωματιδίων και οργανικών πτητικών ενώσεων και του διοξειδίου του άνθρακα, όταν οι συσκευές λειτουργούσαν επί τουλάχιστον ένα 10ωρο, κατά τη διάρκεια της παρουσίας φοιτητών, εκπαιδευτών, υποστηρικτικού προσωπικού και ασθενών (Πίν. 1).



**Πίνακας 1:** Πίνακας καταγραφών όπου εμφανίζεται η κατακράτηση των μικροσωματιδίων κατά τη φάση λειτουργίας των αυτόνομων καθαριστών αέρα.

Τα αναρροφητικά συστήματα είναι άκρως απαραίτητα, αλλά δεν αποτελούν εγγύηση για την ασφαλή αναρρόφηση του αερολύματος διότι -κάποια από αυτά- εκτονώνουν τον αέρα, σε χώρο με εγγύτητα στο οδοντιατρείο. Το ιδανικό, βέβαια, είναι η εγκατάσταση του ηλεκτροκινητήρα σε προστατευόμενο υπαίθριο χώρο, που να εκτονώνει το μολυσμένο αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον (εικ. 2). Σε αντίθετη περίπτωση, ο εκτονούμενος αέ-



**Εικόνα 2:** Αεραγωγός μεγάλης διατομής για την ανάνεωση του εσωτερικού αέρα.

ρας θα πρέπει να ελέγχεται μέσω εξειδικευμένου φίλτρου, που θα αποκλείει την επανακύκλωση και διάχυση παθογόνων μικροοργανισμών. Αξίζει να αξιολογηθεί πλέον η ανάγκη επανασχεδιασμού των οδοντιατρικών μονάδων, έτσι που να ανακτηθεί χώρος, μέσω του περιορισμού ή και της κατάργησης του πτυελοδοχείου και της ενσωμάτωσης ισχυρής εξειδικευμένης αναρροφητικής μονάδας στο όλο σύστημα.



**Εικόνα 3:** Προστόμιο χειρουργικής αναρρόφησης.

Η διάμετρος των στομών των χειρουργικών αναρροφήσεων, στην παρούσα φάση, είναι περίπου 14 χιλιοστά, αρκετά μικρή δηλαδή, για να ελέγξει το εκλυόμενο αερόλυμα, εάν αυτό εξέλθει του στόματος (εικ. 3). Το ιδανικό πρωτόκολλο πρέπει να προβλέπει την αναρρόφηση του αερολύματος ενδοστοματικά, σε στενή εγγύτητα του στομίου με το πεδίο κρούσης της δέσμης αέρα/νερού ή αέρα/νερού/μικροσωματιδίων, στην περίπτωση της χρήσης συσκευών εκτοξευόμενων μικροσωματιδίων με τη μορφή των air powder

abrasive systems ή των airflows. Με την ανάπτυξη και συχνή πλέον χρησιμοποίηση επιπλέον κοπτικών τεχνικών, μέσω της τεχνολογίας των Laser, η ανάγκη για νέο σχεδιασμό των Μονάδων, αλλά και του ελάχιστου προβλεπόμενου από το Νόμο χώρου για το επεμβατικό μέρος του Οδοντιατρείου, κρίνεται σαν επιβεβλημένη. Αντίθετα, οι μεγάλες συσκευές καθαρισμού του αέρα (air purifiers) εκτός από την παρουσία πολλαπλών φίλτρων HEPA, διαθέτουν ισχυρό κινητήρα ικανό να αναρροφήσει έως και 600 κυβικά μέτρα αέρα την ώρα, αλλά και ευρύτατο στόμιο διαμέτρου 14 εκατοστών που μπορεί να πλησιάσει σε μεγάλη εγγύτητα το πεδίο εργασίας (εικ. 4).



**Εικόνα 4:** Στόμιο φορητής συσκευής αναρρόφησης αερολύματος, μεγάλης διατομής.

Εναπομένει να τεκμηριωθεί ερευνητικά και να καταγραφεί σχετικά η θέση στην οποία πρέπει να τοποθετείται το στόμιο ως προς τον ασθενή και το πεδίο εκπομπών. Οι περισσότεροι που χρησιμοποιούν αυτές τις συσκευές

τοποθετούν το στόμιο σε θέση 2 του ρολογιού ως προς τον ασθενή, περιορίζοντας έτσι τη δραστηριότητα του τυχόν βοηθού αλλά και μη συλλέγοντας μεγάλο μέρος του αερολύματος, το οποίο, από ότι φαίνεται, μεγιστοποιεί την παρουσία του και μειώνει την ταχύτητα του στη θέση 4. Κατά συνέπεια, εκτιμάται ότι με τοποθέτηση του στομίου σε θέση 4 περί τον ασθενή αναρροφάται μεγαλύτερη ποσότητα εκπομπών και ταυτόχρονα δεν εμποδίζεται η λειτουργία του βοηθού, που αναλαμβάνει τη συλλογή της πρωτογενούς εκπομπής των αερολυμάτων. Είναι, όμως, κομβικής σημασίας η παρουσία συστημάτων ανανέωσης του αέρα, σε χώρους Νοσοκομειακούς, Κλινικούς και Οδοντιατρεία, ιδιαίτερα μάλιστα σε εκείνα που στον ίδιο χώρο συνυπάρχουν περισσότερες της μιας Οδοντιατρικών μονάδων (εικ. 2).



**Εικόνα 2:** Αεραγωγός μεγάλης διατομής για την ανανέωση του εσωτερικού αέρα.

Τα διάφορα air purifiers (συσκευές καθαρισμού του αέρα) επεξεργάζονται και ανακυκλώνουν τον αέρα του χώρου και όταν τα φίλτρα που διαθέτουν αρχίζουν να κορηννύνται τότε η διαδικασία γίνεται πλημμελώς (εικ. 5).



**Εικόνα 5:** Εξαιρετικά επιβαρυνόμενο πλέγμα φίλτρου συσκευής καθαρισμού αέρα.

Η παρουσία εγκαταστάσεων προσαγωγής και απαγωγής αέρα από και προς το εξωτερικό περιβάλλον, εξοπλισμένων μάλιστα και με κατάλληλα φίλτρα και επιλογέα ταχύτητας, αποτελεί την πλέον ιδανική τεχνική για τη διασφάλιση ποιοτικών και ασφαλών συνθηκών λειτουργίας σε χώρους παροχής υπηρεσιών υγείας και ιδιαίτερα εκείνους που κατά τη διαδικασία παράγουν ποικίλες ποσότητες αερολυμάτων<sup>26</sup>. Καθοριστικής, επίσης, σημασία είναι η συχνή απολύμανση ή και κάλυψη των επιφανειών περιφερικά του ασθενή

νούς και του προσωπικού(εργαλειοθήκες, περιφερικές συσκευές) και οπωσδήποτε η συχνή και αποτελεσματική καθαριότητα των δαπέδων χώρου της Οδοντιατρικής Μονάδας, με κατάλληλα και αποτελεσματικά καθαριστικά υλικά, σε συχνά χρονικά διαστήματα, ώστε να περιορίζεται η διάχυση των παθογόνων μικροοργανισμών, λόγω της κινητικότητας των ατόμων στο χώρο.

### **Χρησιμοποίηση υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας για την αποστείρωση αέρα και επιφανειών**

Κατά το παρελθόν, αλλά με έμφαση την τελευταία δεκαετία, υπήρξε ο προβληματισμός και σχετικές προτάσεις για την αξιοποίηση του υπεριώδους φωτός, συγκεκριμένου μήκους κύματος, για την αποστείρωση του χώρου, των επιφανειών, των επίπλων, του περιφερικού εξοπλισμού των δαπέδων και των οροφών.

Από πολύ παλιά, είχε εμπειρικά εκτιμηθεί η απολυμαντική ικανότητα του ηλιακού φωτός, για τα έπιπλα, το ρουχισμό, τα κλινοσκεπάσματα και τα υφάσματα γενικά, τα οποία, παράλληλα με τον εξαερισμό τους, εκτίθεντο για πολλές ώρες στο ηλιακό φως. Από τα μέσα του 19ου αιώνα, όταν πλέον η τεκμηρίωση πήρε μετρήσιμο χαρακτήρα, αξιολογήθηκε εργαστηριακά η επίδραση του υπεριώδους φωτός στην αντοχή των διαφόρων, γνωστών τότε, παθογόνων μικροοργανισμών.

Στη συνέχεια, με την παραγωγή ηλεκτρικών λυχνιών εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας, με ιδιαίτερα επιμηκυμένη διάρκεια ζωής, χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία πόσιμου νερού αλλά και λυμάτων αποχέυσεως, την απολύμανση με αέρα, την επεξεργασία χυμών φρούτων και λαχανικών και παρήχθησαν και συσκευές για την απολύμανση πολλών αντικειμένων, όπως ειδών κομμωτηρίου, εργαλείων ονυχοπλαστικής, ακόμα και για οδοντόβουρτσες και εξαρτήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Το υπεριώδες φως κινείται στο αριστερό μέρος του φάσματος μεταξύ περίπου των 10 και 400 nm.

Το μικροβιοκτόνο εύρος της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι μέσα στα μήκη κύματος 100-280 nm, γνωστά ως UV-C, με το μέγιστο μήκος κύματος για τη μικροβιοκτόνο δράση να είναι 265 nm. Αυτή η περιοχή του υπεριώδους φωτός απορροφάται από το DNA και το RNA των μικροοργανισμών, γεγονός που προκαλεί αλλαγές στη δομή τους, καθιστώντας τους μικροοργανισμούς ανίκανους να αναπαραχθούν<sup>27</sup>.

Εφόσον χρησιμοποιηθούν λυχνίες υπεριώδους για την απολύμανση επιφανειών και χώρων θα πρέπει να αξιοποιηθούν εκείνες που κατασκευαστικά παράγουν τις υψηλότερες ποσότητες μικροβιοκτόνου/ιοκτόνου υπεριώδους ακτινοβολίας - όπου το 90% της ενέργειας παράγεται συνήθως στα 254nm.

Αυτή η ακτινοβολία είναι πολύ κοντά στην κορυφή της καμπύλης μικροβιοκτόνου αποτελεσματικότητας των 265 nm, το οποίο είναι το πλέον θανατηφόρο μήκος κύματος σε μικροοργανισμούς και τούτο διότι όλοι οι ιοί εμπεριέχουν RNA ή DNA και είναι επομένως επιρρεπείς σε ακτινοβολία. Το ίδιο συμβαίνει με τα βακτήρια και τους μύκητες διότι και αυτοί εμπεριέχουν DNA και είναι επίσης ευάλωτοι στο υπεριώδες φως. Οι σπόροι είναι επίσης ευαίσθητοι στην υπεριώδη ακτινοβολία. Με τη μακρόχρονη χρήση UV για απολύμανση, υπάρχει μια πληθώρα πληροφοριών σχετικά με τις δοσολογίες που είναι απαραίτητες για την απενεργοποίηση διαφορετι-

κών μικροοργανισμών. Τα βακτήρια απενεργοποιούνται ευκολότερα από τους ιούς, ενώ οι μύκητες και οι σπόροι είναι ακόμη πιο δύσκολο να απενεργοποιηθούν με υπεριώδη ακτινοβολία. Για τους λόγους αυτούς, η αξιοποίηση της τεχνικής της αποστείρωσης με τη χρήση υπέρυθρης θερμότητας, με τη μορφή του πεπιεσμένου ατμού στο αυτόκαυστο, παραμένει αναντικατάστατη και η πλέον ασφαλής. Πρέπει να τονισθεί ότι η τεχνική της υπεριώδους ακτινοβολίας ανήκει στις τεχνικές της απομικροβίωσης (decontamination), τεχνική, δηλαδή, αθροιστική μεταξύ σχολαστικού καθαρισμού και απολύμανσης<sup>28</sup>.

Υπάρχουν όμως αρκετοί περιορισμοί στη χρήση της τεχνολογίας του UV, που είναι τεχνικού χαρακτήρα. Η υπεριώδης ακτινοβολία λειτουργεί με τρόπο «ορατό», δηλαδή με κυμάνσεις, ακτινοβολώντας μόνο τις επιφάνειες μέσα στις λεγόμενες ορατές γραμμές, δηλαδή τις επιφάνειες που ευθέως εκτίθενται, κατά συνέπεια άλλες επιφάνειες που παρεμβάλλονται στη διαδρομή της περιορίζουν τη διάχυση της ακτινοβολίας UV και αναφέρονται συνήθως ως «περιοχές σκιάς».

Οι επιφάνειες σε αυτές τις περιοχές σκιάς δεν λαμβάνουν επαρκή φωτοβολία για απολύμανση, καθώς το υπεριώδες φως δεν έχει την ικανότητα να αντανakλάται στις επιφάνειες. Οι περιοχές σκιάς μπορεί να εξαλειφθούν μετακινώντας την πηγή φωτός υπεριώδους ακτινοβολίας σε μια δεύτερη, διαφορετική θέση.

Οι αποστάσεις είναι επίσης, ένας σημαντικός παράγοντας στην αποτελεσματικότητα του υπεριώδους φωτός. Η ισχύς του φωτός UV-C μειώνεται όσο πιο μακριά βρίσκεται από την πηγή φωτός, ακολουθώντας το νόμο του αντίστροφου τετραγώνου. Αυτό σημαίνει ότι σε διπλάσια απόσταση, το UV-C θα έχει 1/4 της ισχύος του που υπήρχε στο αρχικό σημείο αναφοράς. Αυτή η σχέση προσδιορίζει το πόσο αποτελεσματική είναι μία μόνο πηγή φωτός UV για να παρέχει επαρκή απολύμανση. Τα περισσότερα συστήματα ασχολούνται με αυτό ποσοτικοποιώντας την έξοδο UV-C σε μια δεδομένη απόσταση και χρησιμοποιώντας αυτήν την απόσταση για να προσδιορίσουν τους χρόνους έκθεσης, ώστε αυτή να είναι αποτελεσματική. Στο εμπόριο διατίθενται αισθητήρες οι οποίοι μπορούν να μετρήσουν την έξοδο UV-C των συστημάτων υπεριώδους ακτινοβολίας σε οποιαδήποτε θέση, έτσι ώστε να μπορούν να υπάρξουν επαρκείς χρόνοι επεξεργασίας, για τη συγκεκριμένη τοποθεσία.

Το υπεριώδες φως δεν διεισδύει καλά σε οργανικά υλικά και εμφανείς οργανικούς ρύπους. Επομένως, για βέλτιστα αποτελέσματα θα πρέπει να χρησιμοποιείται UV-C μετά από έναν τυπικό καθαρισμό του χώρου για την απομάκρυνση οποιωνδήποτε οργανικών υλικών από επιφάνειες. Ένα μειονέκτημα που παρουσιάζουν οι συσκευές αποστείρωσης με UV είναι η αθρόα παραγωγή όζοντος, που είναι ερεθιστικό για το αναπνευστικό σύστημα και προκαλεί έντονη δυσφορία στους πάσχοντες από άσθμα.

Το πλεονέκτημα από τη χρήση της τεχνικής της απολύμανσης μέσω υπεριώδους ακτινοβολίας, είναι ότι περιορίζεται η ανάγκη χρησιμοποίησης τεχνικών εκνεφώματος, που απαιτεί την ανάγκη εκτίμησης ή δημιουργίας προτύπων ροής αέρα με UV-C όπως γίνεται με ένα σύστημα ομίχλης. Επίσης, δεν υπάρχει ανάγκη απομόνωσης δωματίων από συστήματα HVAC ή από ειδικά σφραγιζόμενες πόρτες. Αυτό, μαζί με την έλλειψη χημικού μίγματος, καθιστά το χρόνο προετοιμασίας γρήγορο για την εγκατάσταση και την έναρξη ενός κύκλου απολύμανσης UV-C.



Επίσης, οι χρόνοι απολύμανσης είναι γρήγοροι, με τυπικό κύκλο απολύμανσης να διαρκεί περίπου 15 λεπτά. Αυτό επιτρέπει εξαιρετικά γρήγορους χρόνους λειτουργίας για την απολύμανση των χώρων. Λόγω της απλότητας της, η απολύμανση με UV-C είναι εξαιρετικά εύκολη στην κατανόηση και προετοιμασία. Όλες οι επιφάνειες σε μian ορισμένη απόσταση θα επιτύχουν ένα ορισμένο επίπεδο απολύμανσης σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, εφόσον το φως δεν εμποδίζεται από το να προσβάλει αυτήν την επιφάνεια.

Οι διατιθέμενες συσκευές ποικίλουν ανάλογα με το είδος, το εμβαδόν και τον εξοπλισμό του χώρου που απαιτείται να απολυμανθεί, από επιτραπέζιες, επιτοιχίες συσκευές μέχρι επιδαπέδιες, οροφής αλλά και πολυστρωματικές κολώνες<sup>29</sup>. Η τεχνική χρησιμοποιείται με επιτυχία σε χειρουργεία, ιατρεία, ασθενοφόρα, μαζικά μέσα μεταφοράς, θαλάμους νοσηλείας, χώρους επεξεργασίας και συσκευασίας τροφίμων, αλλά χρειάζεται ειδική προσέγγιση για την αξιοποίησή της στους χώρους Οδοντιατρικής περιθαλψής. Πρόσφατα έχουν ενσωματωθεί λυχνίες UV σε καθαριστές αέρα (air purifiers) που επεξεργάζονται συμπληρωματικά τον ήδη καθαρισμένο αέρα που προέρχεται από τη διέλευση του αέρα του περιβάλλοντος από τα μικροκρυσταλλικά φίλτρα άνθρακα και το φίλτρο HEPA<sup>2</sup> (εικ. 6).



**Εικόνα 6:** Τομή συσκευής air purifier που εμφανίζονται τα πολλαπλά φίλτρα.

Όλα τα παραπάνω επιβεβαιώνονται με τον πλέον σαφή τρόπο στην πρόσφατη διαδικτυακή σύνοδο της Ελληνικής Εταιρείας Μελέτης Αερολυμάτων, που -μεταξύ άλλων- καταλήγει στο πόρισμα ότι η διατήρηση της ποιότητας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους, αποτελεί καθοριστικό κριτήριο για τον περιορισμό της διασποράς των αερογενών λοιμώξεων σε χώρους εργασίας<sup>31</sup>.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Συνοψίζοντας τα παραπάνω διαπιστώνεται πως υπάρχει ευρύτατη συναίνεση στο ότι η επιστήμη που περιβάλλει τη μετάδοση ασθενειών μέσω αερολυμάτων παρουσιάζει σοβαρές ελλείψεις<sup>5,8,11</sup>. Θα πρέπει να αποφεύγονται οι οριστικές δηλώσεις, και αντ' αυτού να συζητώνται οι αβεβαιότητες και οι συμβιβασμοί μεταξύ των εναλλασσόμενων κινδύνων. Γενικά, δεδομένης της έλλειψης αξιόπιστων στοιχείων, συνιστάται γενικά να βασιζόμαστε στην «αρχή της προφύλαξης»<sup>5</sup>. Με άλλα λόγια, δεν θα πρέπει να αναζητούμε στοιχεία που να αποδεικνύουν ότι μια πρακτική είναι επι-

βλαβής για να την αποφύγουμε, αλλά θα πρέπει αντίθετα να αναζητούμε στοιχεία που να αποδεικνύουν ότι μια πρακτική είναι ασφαλής πριν την υιοθετήσουμε.

Με βάση αυτά τα δεδομένα, δεν έχει κλινικό νόημα να γίνεται ο διαχωρισμός των εκλύσεων σε αερομεταφερόμενα αερολύματα και σε τοπικά σταγονίδια. Είναι σαφώς πολύ πιο περίπλοκο από αυτό, με τα μεγαλύτερα σταγονίδια να γίνονται μικρότερα καθώς εξατμίζονται, και πολλές αποδείξεις ότι ο ιός μπορεί να μεταδίδεται από τους ασθενείς περισσότερο από όσο προβλέπουν τα τρέχοντα μοντέλα. Αυτή η βιβλιογραφία καθιστά επίσης σαφές ότι σχεδόν κάθε δραστηριότητα, συμπεριλαμβανομένης της κανονικής αναπνοής, μπορεί να δημιουργήσει αερολύματα. Ωστόσο, ο κίνδυνος από αυτά τα αερολύματα είναι πολύ μικρότερος από τον κίνδυνο σταγονιδίων και στενής επαφής με τον ασθενή.

Στόχος κάθε υγειονομικής μονάδας -και ειδικότερα του Οδοντιατρείου που έχει πολλές φορές κατηγορηθεί πριν και κατά τη διάρκεια της νόσου COVID-19 για την παραγωγή αερολυμάτων- θα πρέπει να είναι η διασφάλιση της αποφυγής μόλυνσης των εργαζομένων στον τομέα της υγειονομικής περιθαλψής κατά τη διάρκεια των συνήθων καθηκόντων τους, παρέχοντας παράλληλα υποδειγματική φροντίδα σε όλους τους ασθενείς τους.

#### SUMMARY

#### Current information and proposals for indoor air quality in dental healthcare services

Tzoutzas Ioannis

*hellenic hospital dentistry 14: 11-20, 2021*

*The emergence of COVID-19 and its rapid spread have created enormous uncertainty in health sciences, as among other things there are no specific successful therapeutic protocols and specific pharmaceuticals, and the major problems are caused by the absence of an ideal and effective management strategy.*

*One of these gaps is the precise mechanism by which infectious diseases spread and the best way of protecting from them.*

*The terms aerosol production, and micro-droplet are often mentioned, but their exact meaning may be unclear, so it is difficult to know how to formulate a civil protection from all of them, because conflicting information is recorded in the literature.*

*The objective of each operating dental office during the COVID-19 era should be to ensure that, healthcare workers will not be infected during their routine, due to the poor indoor air quality and potentially contaminated air, while providing exemplary care to every patient, seeking therapy or improvement of the aesthetic status of his mouth.*

**Key words:** Air spatter; droplets; contamination; indoor air quality; SARS-CoV 2; dental offices; air purifiers.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Morgenstern J.: Aerosols, Droplets, and Airborne Spread Everything you could possibly want to know. <https://first10em.com/aerosols-droplets-and-airborne-spread>
2. Jones A.P.: Indoor air quality and Health. *Atmospheric Environment* 1999;33 (28):, 4535-4564.
3. Helmis C.G., Tzoutzas I., Flocas H.A., Halios C H, Stathopoulou O.I., Assimakopoulos VD, PanisV., Apostolatou M., Sgouros G., Adam E.: Indoor air quality in a dentistry clinic. *Sci Total Environ.* 2007; 377(2-3): 349-65.
4. Tellier R.: Aerosol transmission of influenza A virus: a review of new studies. *J R Soc Interface.* 2009;6 Suppl 6(Suppl 6):S783S790. doi:10.1098/rsif.2009.0302.focus PMID: 19773292.
5. Judson SD, Munster VJ.: Nosocomial Transmission of Emerging Viruses via Aerosol-Generating Medical Procedures. *Viruses.* 2019; 11(10): 940. Published 2019 Oct 12. doi:10.3390/v11100940 PMID: 31614743.
6. Nicas M, Nazaroff WW, Hubbard A.: Toward understanding the risk of secondary airborne infection: emission of respirable pathogens. *J. Occup Environ Hyg.* 2005; 2(3): 143154. doi:10.1080/15459620590918466 PMID: 15764538.
7. Fiegel J, Clarke R, Edwards DA.: Airborne infectious disease and the suppression of pulmonary bioaerosols. *Drug Discov Today.* 2006; 11(1-2): 5157. doi:10.1016/S1359-6446(05)03687-1 PMID: 16478691
8. Morawska L.: Droplet fate in indoor environments, or can we prevent the spread of infection?. *Indoor Air.* 2006; 16(5): 335347. doi:10.1111/j.1600-0668.2006.00432.x PMID: 16948710.
9. Xie X, Li Y, Chwang AT, Ho PL, Seto WH.: How far droplets can move in indoor environments revisiting the Wells evaporation-falling curve. *Indoor Air.* 2007; 17(3): 211225. doi:10.1111/j.1600-0668.2007.00469.x PMID: 17542834.
10. Hinds, W.C., Cottone, J.A., Terezhalmay, G.T., Molinari, J.A.: *Aerosol Technology Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles, Practical Infection*; Wiley: New York, NY, USA, 1982; Volume 68, p. 14.
11. Chen WQ, Ling WH, Lu CY, et al.: Which preventive measures might protect health care workers from SARS?. *BMC Public Health.* 2009; 9: 81. Published 2009 Mar 13. doi:10.1186/1471-2458-9-81 PMID: 19284644.
12. Asadi S, Wexler AS, Cappa CD, Barreda S, Bouvier NM, Ristenpart WD.: Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Sci Rep.* 2019; 9(1): 2348. Published 2019 Feb 20. doi:10.1038/s41598-019-38808-z PMID: 30787335
13. Noti J. D., Blachere F.M., McMillen C.M., Lindsley William G., Kashon M.L., Slaughter D. R., Beezhold D. H.: High Humidity Leads to Loss of Infectious Influenza Virus from Simulated Coughs *PLOS* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057485>, February 27, 2013.
14. Papineni RS, Rosenthal FS.: The size distribution of droplets in the exhaled breath of healthy human subjects. *J. Aerosol Med.* 1997; 10(2): 105116. doi:10.1089/jam.1997.10.105 PMID: 10168531.
15. Bourouiba L.: Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19 [published online ahead of print, 2020 *JAMA.* 2020; 10.1001/jama.2020.4756. doi:10.1001/jama.2020.4756 PMID: 32215590.
16. Hui DS, Chan MT, Chow B.: Aerosol dispersion during various respiratory therapies: a risk assessment model of nosocomial infection to health care workers. *Hong Kong Med J.* 2014;20 Suppl 4: 913. PMID: 25224111.
17. Loh NW, Tan Y, Taculod J, et al.: The impact of high-flow nasal cannula (HFNC) on coughing distance: implications on its use during the novel coronavirus disease outbreak [published online ahead of print, 2020 Mar 18]. *Can J Anaesth.* 2020;12. doi:10.1007/s12630-020-01634-3 PMID: 32189218.
18. Cummings KJ, Martin SB Jr, Lindsley WG, et al.: Exposure to influenza virus aerosols in the hospital setting: is routine patient care an aerosol generating procedure?. *J Infect Dis.* 2014; 210(3): 504505. doi:10.1093/infdis/jiu127 PMID: 24596280.
19. Bahl P, Doolan C, de Silva C, Chughtai AA, Bourouiba L, MacIntyre CR.: Airborne or droplet precautions for health workers treating COVID-19? [published online ahead of print, 2020. *J Infect Dis.* 2020; jiaa189. doi:10.1093/infdis/jiaa189 PMID: 32301491.
20. Joshi SM.: The sick building syndrome. *Indian J. Occup Environ. Med.* 2008; 12(2): 61-64. doi:10.4103/0019-5278.43262.
21. Steiner C.: Let airflow show pathogens the door (or window or vent). [www.infectioncontroltoday.com](http://www.infectioncontroltoday.com). Jul-August 2021 32-33.
22. Diamond F.: Best Approach to Disinfecting Surfaces Amid Novel Coronavirus Outbreak. *Infection Control Today,* 24(3), 2020.
23. Whyte W., Green G. and Whyte WM.: Removal of microbe-carrying particles by high-efficiency air filters in cleanrooms. *Intern. J. of Ventilation,* 2012 10, pp.339-351.
24. Whyte W., Agricola K. and Dercks M.: Airborne particle deposition in cleanrooms. Deposition mechanisms. *Clean Air and Containment Review,* 24 October 2015. [www.cleanairandcontainment.com](http://www.cleanairandcontainment.com)
25. Tzoutzas I., Maltezou H., Barbaressos N. et al.: Indoor Air Quality Evaluation Using Mechanical ventilation and Portable Air Purifiers in an Academic Dentistry Clinic during the COVID-19 Pandemic in Greece. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 8886. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168886>
26. Osama Abu-Hammad, Alnazzawi Ahmad et al.: COVID-19 Infection in Academic Dental Hospital Personnel; A Cross-Sectional Survey in Saudi Arabia. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18(20), 10911; <https://doi.org/10.3390/ijerph182010911>
27. Cumbo E., Gallina G., Messina P. and Scardina G.A.: Alternative Methods of Sterilization in Dental Practices Against COVID-19. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 5736.
28. <https://abionline.com/is-uv-sterilization-effective-for-viruses-and-bacteria/>
29. <https://rensair.com>
30. Τζούτζας Ι.: Ποιότητα αέρα στα οδοντιατρεία και σε λοιπούς χώρους υγειονομικού ενδιαφέροντος. *Οδοντιατρικό Βήμα*, Σεπτέμβριος 2020.
31. [https://youtu.be/fFdDM\\_33bVE](https://youtu.be/fFdDM_33bVE)

**Διεύθυνση για επικοινωνία:**  
 Ιωάννης Γ. Τζούτζας  
 Οδοντιατρική Σχολή ΕΚΠΑ  
 Θηβών 2 Γουδί Τ.Κ. 11527 Αθήνα