Αξιολόγηση της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων σε νοσοκομειακό περιβάλλον

Διερεύνηση της εξυγίανσής του με χρήση συνδυασμού τεχνολογίας κατακράτησης σε φίλτρα και κατάλυσης

Φ. ΒΛΑΣΤΟΣ[1], Ι. ΠΑΠΑΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ[2], Β. ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ[3], Β. ΑΞΙΩΤΗΣ[4]
[1]Ιατρός Πνευμονολόγος, [2]Λέκτορας, Εργαστήριο Μικροβιολογίας, Ιατρική Σχολή Ε.Κ.Π.Α., [3]Χημικός Μηχανικός, MSc, [4]Χημικός

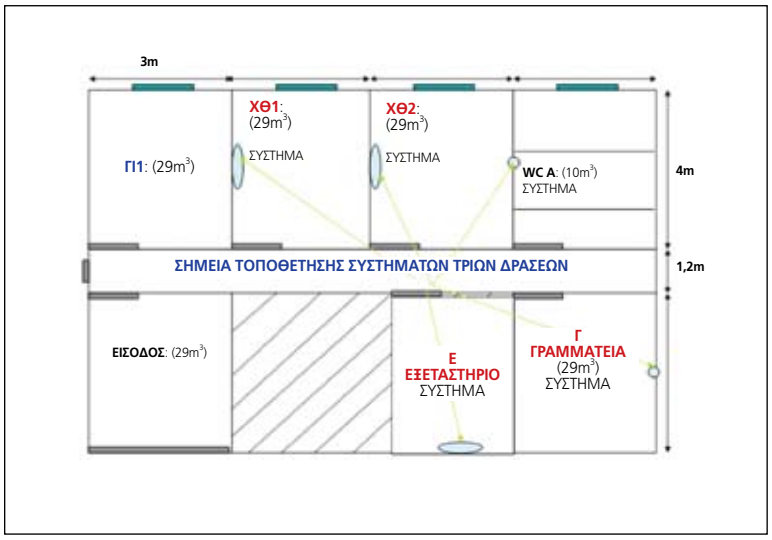
Αν και η σχέση αιτίου-αιτιατού μεταξύ στάθμης εισπνεόμενων παθογόνων μικρο-οργανισμών και ενδονοσοκομειακών λοιμώξεων είναι δύσκολο να διερευνηθεί, είναι σαφές ότι η μείωση του μικροβιακού φορτίου στον αέρα είναι κρίσιμης σημασίας για τον περιορισμό του κινδύνου των ενδονοσοκομειακών λοιμώξεων. Για παράδειγμα, σε αιματολογικές κλινικές, η συγκέντρωση των μυκητιασικών κονιδίων στον αέρα (π.χ. ευκαιριακά είδη ασπεργίλλου) και η διάρκεια της έκθεσης σε αυτά αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο αποικισμού των ασθενών, γεγονός που με τη σειρά του μπορεί να προκαλέσει διηθητική πνευμονική ασπεργίλλωση και υψηλή θνητότητα σε ανοσοκατασταλμένους ασθενείς.

Τα παθογόνα του εισπνεόμενου αέρα αποτελούν επίσης μια δυνητική πηγή μικροοργανισμών που είναι υπεύθυνοι για τη διαπύηση χειρουργικών τραυμάτων. Ο αέρας των χειρουργείων είναι συχνά μολυσμένος με μικρο-οργανισμούς που βρίσκονται στα υφάσματα, στο δέρμα ή τα εκπνεόμενα σταγονίδια. Ο αριθμός τους είναι ευθέως ανάλογος με την ανθρώπινη δραστηριότητα στο χώρο.

Οι παραδοσιακοί τρόποι για τη μείωση του επιπέδου των μικρο-οργανισμών του αέρα σε χώρους όπου βρίσκονται άτομα υψηλού κινδύνου είναι τα συστήματα γραμμικής ροής αέρα (high-efficiency particulate air, HEPA) που διατηρούν έναν ταχέως ανανεούμενο αερισμό. Αυτά τα συστήματα μπορούν να είναι αποτελεσματικά για τη μείωση των ενδονοσοκομειακών λοιμώξεων σε ασθενείς υψηλού κινδύνου.

Ωστόσο, κοστίζουν ακριβά και συντηρούνται δύσκολα. Επιπλέον, σε πολλές περιπτώσεις, η εκ των υστέρων ενσωμάτωση ενός τέτοιου συστήματος σε προϋπάρχουσες εγκαταστάσεις αερισμού, θέρμανσης, κλιματισμού ή ψύξης δεν είναι εφικτή και εγκυμονεί κινδύνους. Η χρήση φορητών, βοηθητικών συστημάτων καθαρισμού του νοσοκομειακού αέρα χωρίς παρέμβαση σε συστήματα κλιματισμού αποτελεί αντικείμενο έρευνας τα τελευταία χρόνια.

Τα Κέντρα για των Έλεγχο και την Πρόληψη των Νοσημάτων (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) έχουν δείξει ενδιαφέρον γι' αυτά τα συστήματα σαν ένα εφεδρικό μέσο μείωσης και ελέγχου του μικροβιακού φορτίου στον αέρα χώρων που απαιτούν ειδική επαγρύπνηση.



***Σχήμα 1**. Σχεδιάγραμμα-κάτοψη των χώρων, όπου φαίνεται η τοποθέτηση των μηχανημάτων καθαρισμού (H=2,4m).*

Η κάθε δειγματοληψία σε κάθε χώρο περιελάμβανε λήψη 50 και 200 lt αέρα για μέτρηση ολικού βακτηριακού φορτίου με τη χρήση τρυβλίων Triptycase Soy Agar (TSA) και λήψη 50 και 200 lt αέρα για τη μέτρηση ολικού φορτίου μυκήτων με τη χρήση τρυβλίων Sabouraud με χλωραμφενικόλη και γενταμικίνη (SGC2)

Υλικά και μέθοδοι

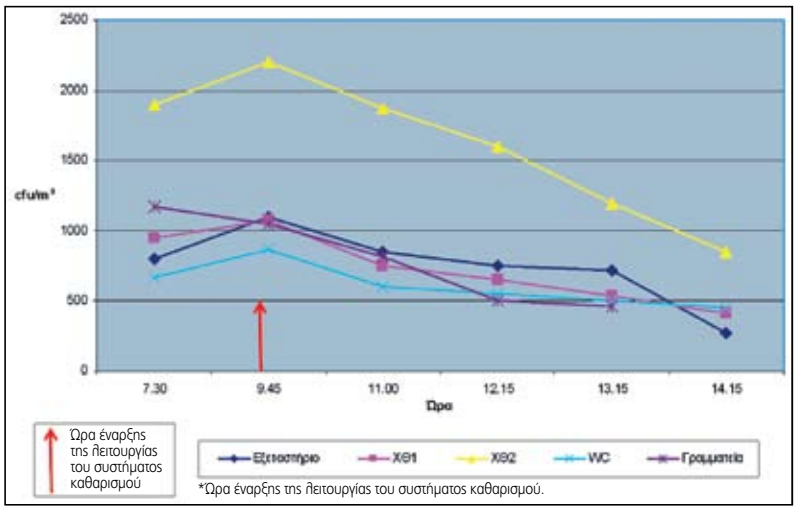
Η αξιολόγηση της ποιότητας του αέρα μέσα στη μονάδα πραγματοποιήθηκε με λήψη δειγμάτων αέρα σε δύο χώρους θεραπείας, στο γραφείο της Γραμματείας και στο χώρο της τουαλέτας (η οποία χρησιμοποιείται από τους ασθενείς), καθώς και στο Εξεταστήριο της μονάδας (σχήμα 1).

Η μονάδα είναι αυτόνομη και διαθέτει μονάδες κλιματισμού στους χώρους θεραπείας, στη γραμματεία και στο εξεταστήριο.

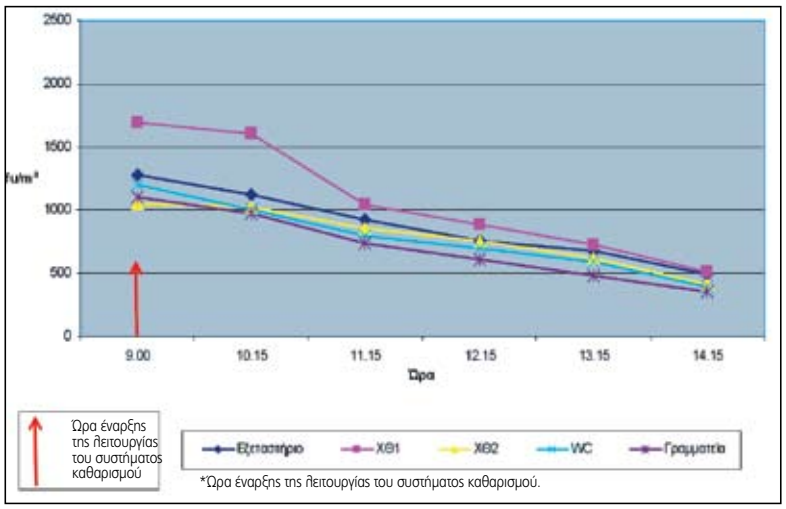
Για τον καθαρισμό του αέρα χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω μηχανήματα:

- ANEMO HEGOA 100 της εταιρείας FLEXACOM
- ANEMO HEGOA 50 της εταιρείας FLEXACOM.

Προκειμένου να αξιολογηθεί η ποιότητα του αέρα της μονάδας και της αποτε-



Γράφημα 1. *Αρχική συγκέντρωση μικροβίων και μείωση συγκέντρωσής τους με χρήση συστήματος συνδυασμού AC-CATALYST-UVc (ημέρα 1).*



Γράφημα 2. *Αρχική συγκέντρωση μικροβίων και μείωση συγκέντρωσής τους με χρήση συστήματος συνδυασμού AC-CATALYST-UVc (ημέρα 2).*

λεσματικότητας καθαρισμού του συνδυασμού των τριών τεχνολογιών, πραγματοποιήθηκαν σε δύο διαφορετικές ημέρες δειγματοληψίες αέρα με κατάλληλη συσκευή αεροβιοσυλλέκτη air Ideal της bioMerieux HELLAS A.E. (η οποία προτείνεται από το αντίστοιχο πρότυπο ISO/DIS 14698-1).

Η κάθε δειγματοληψία σε κάθε χώρο περιελάμβανε λήψη 50 και 200 lt αέρα για μέτρηση ολικού βακτηριακού φορτίου με τη χρήση τρυβλίων Triptycase Soy Agar (TSA) και λήψη 50 και 200 lt αέρα για τη μέτρηση ολικού φορτίου μυκήτων με τη χρήση τρυβλίων Sabouraud με χλωραμφενικόλη και γενταμικίνη (SGC2).

Η διαδικασία της δειγματοληψίας είχε ως εξής:

Ημέρα 1

• **Δείγμα 1 - 7:30 π.μ.:** Η πρώτη δειγματοληψία σε κάθε χώρο ελήφθη χωρίς να έχει προηγηθεί οποιοσδήποτε καθαρισμός του αέρα στους 5 εσωτερικούς χώρους και αποτελεί το αρχικό μέτρο της ποιότητας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους της μονάδας με βάση τη συνολική μικροβιακή συγκέντρωση και τη συγκέντρωση μυκήτων ανά m^3 αέρα στον κάθε χώρο. Εδώ, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η λήψη του δείγματος 1 έγινε πριν από την είσοδο ιατρών, ασθενών και συνοδών στη μονάδα και μετά από 5 συνεχείς ημέρες κατά τις οποίες η μονάδα ήταν κλειστή. Μπορεί να γίνει πιθανώς η παραδοχή ότι οι μετρήσεις που αφορούν στο δείγμα 1 αντιπροσωπεύουν μία μέση κατάσταση της ποιότητας του αέρα στη μονάδα πριν λάβει χώρα οποιαδήποτε διαδικασία ή/και επεξεργασία καθαρισμού του).

• **Δείγμα 2 - 9:45 π.μ.:** Τα συστήματα καθαρισμού αέρα τίθενται σε λειτουργία σε κάθε χώρο και ταυτόχρονα λαμβάνονται τα αντίστοιχα δείγματα με τον αεροβιοσυλλέκτη όπως παραπάνω. Οι χώροι της μονάδας είναι σε πλήρη λειτουργία με όλο το ιατρικό προσωπικό και ασθενείς και συνοδούς παρόντες.

• **Δείγμα 3 - 11:00 π.μ., Δείγμα 4 - 12:15 μ.μ., Δείγμα 5 - 13:15 μ.μ.:** Τα συστήματα καθαρισμού αέρα εξακολουθούν να λειτουργούν σε κάθε χώρο και ταυτόχρονα λαμβάνονται τα αντίστοιχα δείγματα με τον αεροβιοσυλλέκτη όπως παραπάνω. Οι χώροι της μονάδας είναι σε πλήρη λειτουργία με όλο το ιατρικό προσωπικό και ασθενείς και συνοδούς παρόντες.

• **Δείγμα 6 - 14:15 μ.μ.:** Σταματά η λειτουργία των συστημάτων καθαρισμού αέρα και περί την ίδια ώρα στη μονάδα σταματούν οι θεραπείες και υπάρχει μόνο παρουσία μικρού αριθμού ιατρικού προσωπικού σε ξεχωριστό χώρο από τους χώρους όπου ελήφθησαν τα δείγματα.

Ημέρα 2 - Επαναληπτική δειγματοληψία

• **Δείγμα 1 - 9:00 π.μ.:** Το πρώτο δείγμα της Ημέρας 2 της αξιολόγησης ελήφθη ενώ είχε γίνει η πρώτη προσέλευση των ιατρών αλλά δεν είχε ξεκινήσει καμία θεραπεία και αμέσως μετά, τα συστήματα τέθηκαν σε λειτουργία.

Εδώ, θα πρέπει να σημειωθεί ότι εφόσον την ημέρα 1 είχε γίνει σαφές το σύνηθες επίπεδο μικροβιακής συγκέντρωσης στους χώρους δειγματοληψίας, κρίθηκε σημαντικότερο σε αυτή τη δεύτερη ημέρα δειγματοληψίας η αξιολόγηση να επικεντρωθεί στον καθαρισμό των παραμέτρων λειτουργίας που θα δώσουν τη μεγαλύτερη δυνατή μείωση της μικροβιακής συγκέντρωσης στα πλαίσια και με βάση τους περιορισμούς της παρούσας αξιολόγησης.

Κατά αυτόν τον τρόπο, ελήφθησαν 6 δείγματα, ενώ το σύστημα λειτουργούσε σε όλους τους χώρους (σχήμα 1).

Αποτελέσματα και συζήτηση

Τα αποτελέσματα και των δύο ημερών των δειγματοληψιών παρουσιάζονται στα γραφήματα 1 και 2, καθώς και στο συγκεντρωτικό πίνακα (πίνακας 1).

Είναι φανερό από τη δειγματοληψία της Ημέρας 1 ότι η αρχική συγκέντρωση μικροβίων στους υπό μελέτη χώρους είναι ιδιαίτερα υψηλή. Συγκρίνοντας ακόμη τα αποτελέσματα αυτά με το Γαλλικό Πρότυπο για το μέγιστο αποδεκτό όριο μικροβιακής συγκέντρωσης σε χώρους χημειοθεραπείας των 10-50 CFU/m^3, διαφαίνεται άμεσα η ανάγκη λήψης μέτρων εξυγίανσης της εσωτερικής ατμόσφαιρας των χώρων της μονάδας, τόσο για την προστασία των ασθενών και συνοδών όσο και του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού από λοιμώξεις που μπορούν να προκύψουν λόγω της υψηλής μικροβιακής συγκέντρωσης.

Όσον αφορά την εξυγίανση του χώρου μετά από 6ωρη περίπου λειτουργία, φαίνεται ότι η μείωση της συνολικής συγκέντρωσης μικροβίων και μηκύτων στον αέρα των χώρων όπου πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες ανέρχεται στο 60-75%.

Στις εικόνες 1 και 2, είναι προφανής η μείωση της μηκυτιασικής χλωρίδας, ακόμη και με απλή παρατήρηση των τρυβλίων, όπου φαίνεται η ανάπτυξη αποικιών πριν (αρχική κατάσταση ποιότητας αέρα εσωτερικού χώρου) και μετά (μετά από επεξεργασία του αέρα με σύστημα για περί- ⇨

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ TOTAL MICROBES ΚΑΙ FUNGAL FLORA ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΠΩΑΣΗ							
ΗΜΕΡΑ 1		TOTAL MICROBES (CFU/m^3)					
	7.30	9.45	11.00	12.15	13.15	14.15	% ΜΕΙΩΣΗ
Εξεταστήριο	800	1100	850	750	720	270	66%
ΧΘ1	950	1070	750	650	540	410	57%
ΧΘ2	1900	2200	1870	1600	1200	850	55%
WC	670	870	600	550	500	450	33%
Γραμματεία	1170	1050	820	500	460		61%
ΗΜΕΡΑ 1		FUNGAL (CFU/m^3)					
	7.30	9.45	11.00	12.15	13.15	14.15	
Εξεταστήριο	135	190	85	80	68	63	53%
ΧΘ1	218	253	135	125	90	75	66%
ΧΘ2	160	203	95	98	88	75	53%
WC	248	320	153	122	105	96	61%
Γραμματεία	158	218	130	110	89		44%
ΗΜΕΡΑ 2		TOTAL MICROBES (CFU/m^3)					
	9.00	10.15	11.15	12.15	13.15	14.15	
Εξεταστήριο	1275	1120	930	760	680	490	62%
ΧΘ1	1690	1600	1040	890	730	510	70%
ΧΘ2	1050	1025	860	760	620	410	61%
WC	1200	1000	800	700	590	390	68%
Γραμματεία	1100	970	740	610	480	350	68%
ΗΜΕΡΑ 2		FUNGAL (CFU/m^3)					
	9.00	10.15	11.15	12.15	13.15	14.15	
Εξεταστήριο	170	155	110	85	70	52	69%
ΧΘ1	290	250	162	115	85	63	78%
ΧΘ2	145	110	89	76	68	54	63%
WC	310	236	185	145	95	74	76%
Γραμματεία	175	149	125	100	79	50	71%

Όπου ΧΘ1, ΧΘ2 είναι οι θάλαμοι εφαρμογής της χημειοθεραπείας

Εικόνα 1. *Ανάπτυξη αποικιών σε τρυβλίο SGC2 δείγματος αέρα πριν τη λειτουργία του συστήματος.*

Εικόνα 2. *Ανάπτυξη αποικιών σε τρυβλίο SGC2 δείγματος αέρα μετά τη λειτουργία του συστήματος.*

που 6 ώρες – μείωση της μηκυτιασικής χλωρίδας της τάξης του 70-75%).

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η ποιότητα του αέρα στο χώρο της μονάδας χημειοθεραπείας ήταν αρκετά επιβαρυμένη πριν τη χρήση οποιασδήποτε διαδικασίας ή/και εφαρμογής συστήματος καθαρισμού του αέρα. Η αποτελεσματικότητα των συστημάτων τριών δράσεων κρίνεται ικανοποιητική ως προς το επί τοις εκατό ποσοστό μείωσης συγκρινόμενη με την αρχική συγκέντρωση μικροβίων.

Εφόσον εφαρμόζονταν διεθνή πρότυπα ποιότητας, οι επιθυμητές συγκεντρώσεις μικροοργανισμών αναμένεται ότι θα ήταν επιτεύξιμες με 24ωρη λειτουργία, λόγω της σημασίας της διατήρησης χαμηλών συγκεντρώσεων σε περιβάλλοντα με ανοσοκατεσταλμένα άτομα, όπως καρκινοπαθείς.

Η σημασία καθαρής εσωτερικής ατμόσφαιρας δεν περιορίζεται φυσικά σε νοσοκομειακούς χώρους, αλλά αποτελεί

ιδιαίτερη ανάγκη σε όλους γενικά τους χώρους όπου διαβιώνουν άτομα με μειωμένη ανοσοποιητική επάρκεια, όπως βρέφη, μικρά παιδιά σε βρεφονηπιακούς σταθμούς, ηλικιωμένα άτομα, κ.λπ. Τα προφυλακτικά αυτά μέτρα κρίνονται ως ιδιαίτερα χρήσιμα στην προσπάθεια για καθαρότερο αέρα σε χώρους όπου μια τέτοια συνθήκη είναι κρίσιμη.

Βιβλιογραφία

1. Guide UNICLIMA "Treatment of the air in hospital areas".
2. NF S 90-351.
3. Deveau P. (ANEMO), M. Hurtz M (CHU La Rochelle) (Κέντρο χημειοθεραπείας και ερευνητικών εφαρμογών χημειοθεραπευτικών φαρμάκων) ANEMO validation 2007.
4. Williams REO. Epidemiology of airborne staphylococcal infection. Bacteriol Rev 1966; 30:660-670.
5. Kuehn TH. Airborne infection control in health care facilities. J Solar Energy Eng 2003; 125:366-371.
6. Beggs CB. The airborne transmission of infection in hospital buildings: fact or fiction? Indoor and Built Environ 2003; 12:9-18.
7. Anjali J. The impact of the environment on infections in healthcare facilities. The Center for Health Design Issue Paper 1. Concord, CA: The Center for Health Design, 2006; 1:16.
8. Alberti C, Bouakline A, Ribaud P, et al. Relationship between environmental fungal contamination and the incidence of aspergillosis in haematology patients. J Hosp Infect 2001; 48:198-206.
9. Leenders AC, van Belkum A, Behrendt M, Luijendijk A, Verbrugh HA. Density and molecular epidemiology of Aspergillus in air and the relationship to outbreaks of Aspergillus infection. J Clin Microbiol 1999; 37: 1752-1757.
10. Iwen PC, Davis JC, Reed EC, Winfield BA, Hinrichs SH. Airborne fungal spore monitoring in a protective environment during hospital construction, and correlation with an outbreak of invasive aspergillosis. Infect Control Hosp Epidemiol 1994; 15:303-306.
11. Alexakis PG, Feldon PG, Wellisch M, Richter RE, Finegold SM. Airborne bacterial contamination of operative wounds. West J Med 1976; 124: 361-369.
12. Whyte W, Hodgson R, Tinkler J. The importance of airborne bacterial contamination of wounds. J Hosp Infect 1982; 3:123-135.
13. Hambraeus A. Aerobiology in the operating room—a review. J Hosp Infect 1988; 11:68-76.
14. Duhaime AC, Bonner K, McGowan KL, Schut L, Sutton LN, Plotkin S. Distribution of bacteria in the operating room environment and its relation to ventricular shunt infections: a prospective study. Childs Nerv Syst 1991; 7:211-214.
15. Friberg B, Friberg S, Burman LG. Correlation between surface and air counts of particles carrying aerobic bacteria in operating rooms with turbulent ventilation: an experimental study. J Hosp Infect 1999; 42:61-68.
16. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for prevention of nosocomial pneumonia. MMWR Recomm Rep 1997; 46(RR-1):1-79.
17. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities: recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). MMWR Recomm Rep 2003; 52(RR-10):1-48.
18. Sheretz RJ, Belani A, Kramer BS, et al. Impact of air filtration on nosocomial Aspergillus infections: unique risk of bone marrow transplant recipients. Am J Med 1987; 83:709-718.
19. Passweg JR, Rowlings PA, Atkinson KA, et al. Influence of protective isolation on outcome of allogeneic bone marrow transplantation for leukemia. Bone Marrow Transplant 1998; 21:1231-1238.
20. Hahn T, Cummings M, Michalek AM, Lipman BJ, Segal BH, McCarthy PL. Efficacy of high-efficiency particulate air filtration in preventing aspergillosis in immunocompromised patients with hematologic malignancies. Infect Control Hosp Epidemiol 2002; 23:525-531.
21. Lutz BD, Jin J, Rinaldi MG, et al. Outbreak of invasive Aspergillus infection in surgical patients, associated with a contaminated air-handling system. Clin Infect Dis 2003; 37: 786-793.
22. Munoz P, Guinea J, Pelaez T, et al. Nosocomial invasive aspergillosis in a heart transplant patient acquired a break in the HEPA air filtration system. Transpl Infect Dis 2004; 6:50-54.
23. Kumari DNP, Haji TC, Keer V, Hawkey PM, Duncanson V, Flower E. Ventilation grilles as a potential source of methicillin-resistant Staphylococcus aureus causing an outbreak in an orthopaedic ward at a district general hospital. J Hosp Infect 1998; 39:127-133.
24. McDonald LC, Walker M, Carson L, et al. Outbreak of Acinetobacter spp. bloodstream infections in a nursery associated with contaminated aerosols and air conditioners. Pediatr Infect Dis J 1998; 17:716-722.
25. Uduman SA, Farrukh AS, Nath KNR, et al. An outbreak of Serratia marcescens infection in a special-care baby unit of a community hospital in United Arab Emirates: the importance of the air conditioner duct as a nosocomial reservoir. J Hosp Infect 2002; 52:175-180.
26. Perraud M, Nicolle MC, Chiarello E, Tissot-Guerraz F, Cetre JC, Sepetjan M. Air filtration and prevention of aspergillary pneumopathies. Nouvelle Revue Francaise d'Hematologie 1992; 34:295-299.

Ευχαριστούμε τη bioMerieux Hellas A.E. για την ευγενική παραχώρηση του αεροβιοσυλλέκτη air Ideal.

IR