

Contaminazione microbica indoor: dati preliminari di monitoraggio su ambienti residenziali

Paola Margherita Bianca Gucci paola.gucci@iss.it, Anna Maria Coccia, Ines Lacchetti, Rossella Briancesco, Rosa Paradiso, Maurizio Semproni, Lucia Bonadonna - Istituto Superiore di Sanità, Roma

Riassunto

È stato sviluppato uno studio per valutare il livello di contaminazione microbica nel bioaerosol di ambienti residenziali. Sono state quindi misurate concentrazioni microbiche nell'aria di abitazioni e di uffici, con e senza impianti di climatizzazione, nonché nelle polveri dei filtri degli impianti. Nel bioaerosol le concentrazioni batteriche (eterotrofi e stafilococchi) e micotiche sono risultate contenute (max=10² UFC/m³); più basse e più omogenee erano nel bioaerosol dei locali climatizzati. Nelle polveri dei filtri dei sistemi di climatizzazione sono stati riscontrati titoli elevati di microrganismi, in particolare di miceti (10³-10⁶ UFC/g_s). Per valutare il rischio biologico in ambienti indoor è necessario elaborare criteri utili per l'interpretazione corretta dei risultati ottenuti dalle misurazioni nelle diversificate realtà ambientali.

Summary

A study was developed for evaluating microbial contamination in the air of residential environments. Microbial concentrations were measured in the air of dwellings and offices, with and without air-conditioning systems, as well as in the filter dust. In the bioaerosol both the bacterial (heterotrophic bacteria and staphylococci) and molds concentrations were low (max=10² UFC/m³); lower and more homogeneous levels were found in the bioaerosol of the rooms with the air-conditioning systems. In the dust of the filters, elevated microbial concentrations were found, particularly molds (10³-10⁶ UFC/g_s). In indoor environments, for biological risk assessment is necessary to elaborate useful principles for a correct interpretation of the results proceeded from measurements in diverse environmental indoor conditions.

1. Introduzione

Gli aspetti riguardanti gli effetti della contaminazione biologica dell'aria *indoor* in ambienti residenziali hanno, negli ultimi decenni, ricevuto una particolare attenzione dalla comunità scientifica nonostante siano evidenti le difficoltà associate alla classificazione delle patologie ad essa correlate e siano carenti gli strumenti per il controllo e la valutazione della qualità microbiologica di questa particolare matrice. Queste complessità sono oggettivamente condivise a livello internazionale e gli sforzi della ricerca per individuare e fornire un indicatore globale di qualità ambientale, non hanno ancora prodotto risultati univoci ed applicabili data la complessità dei fattori da considerare, in relazione soprattutto al comfort, alla salute e allo stile di vita degli occupanti di un particolare ambiente *indoor*. A differenza di determinate attività lavora-

tive, in cui esistono correlazioni evidenti tra fonte di emissione di inquinanti e rispettiva concentrazione nell'aria, in ambienti residenziali risulta, generalmente, più complesso individuare fonti di inquinamento e loro pericolosità. Tuttavia, l'accettazione del concetto che la qualità dell'aria interna può essere più importante di quella esterna ha condotto, soprattutto nell'ultimo decennio, ad un incremento degli studi sulla contaminazione *indoor* in ambienti residenziali di varia natura. Infatti, il modificarsi dello stile di vita e delle attività lavorative ha avuto come conseguenza l'effetto di allungare la durata del tempo trascorso *indoor*, sia che si tratti di abitazioni private, di sedi professionali, di strutture comunitarie, ricreative, sociali, commerciali, o di mezzi di trasporto pubblici o privati [1-4].

La qualità dell'aria *indoor* è molto influenzata dalle condizioni *outdoor* e dall'ubicazione territoriale delle costruzioni; a queste si aggiungono svariate emissioni interne. Riferibili a queste ultime sono tutte quelle condizioni che possono rappresentare una nicchia di moltiplicazione microbica o una fonte di emissione diretta. Possono riguardare la tipologia dei materiali di costruzione, gli elementi di arredo, la frequentazione e le attività antropiche, la presenza di animali e vegetali, il flusso di ventilazione artificiale da impianti di climatizzazione e i fattori microclimatici. Notevole importanza riveste, inoltre, la fase di vita degli ambienti stessi: locali ubicati in edifici di vecchia costruzione sono, infatti, potenzialmente più soggetti ad accumulo di polveri originate dal degrado dei materiali e a condizioni permanenti di umidità, presupposti favorevoli alla proliferazione microbica. In edifici ristrutturati o di recente costruzione le criticità possono, invece, derivare da condizioni di scarso ricambio d'aria associate a emissioni provenienti da sistemi di climatizzazione. Gli impianti aeraulici possono infatti essere responsabili, o almeno contribuire, alla modifica della qualità dell'aria *indoor* quando non sottoposti a periodica revisione e manutenzione, o anche, se installati in modo non adeguato. Infatti, possono fungere da accumulatori e diffusori di inquinanti chimici e biologici favorendo, in quest'ultimo caso, la formazione di bioaerosol per la proliferazione di una svariata flora microbica composta da batteri termofili e termoresistenti, funghi mesofili e relativi prodotti metabolici e strutturali (enzimi, esotossine, micotossine, allergeni ed endotossine) che, in sinergia con particolato organico, droplet-nucleici e polvere, può rappresentare un rischio di natura infettiva, allergica o tossica per la salute [1, 3, 5, 6].

La difficoltà, tuttavia, di collegare le relative cause ai sintomi ha portato alla definizione di termini quali "Sindrome da Edificio Malato" (SBS) e "Malattie Associate agli Edifici" (BRI). Entrambe sono patologie preoccupanti. La prima, ad eziologia sconosciuta e multifattoriale, comprende un insieme di sintomi complessi strettamente correlati con la permanenza in un edificio malato che, tuttavia, si attenuano o scompaiono qualora esso venga lasciato. La sintomatologia è di tipo irritativo a carico degli occhi, delle prime vie aeree e della cute, nonché di generale disagio con cefalea, difficoltà di concentrazione e irritabilità, e quindi non rapportabile a malattie specifiche. Le BRI comprendono, invece, una serie di malattie correlate con certezza alla permanenza in ambienti confinati contaminati. La forma più grave è rappresentata dalla legionellosi; tuttavia altre forme debilitanti e invalidanti sono la febbre da umidificatori, causata proprio da alcuni batteri, l'alveolite allergica associata ad actinomiceti e riniti e sinusiti atopiche ascrivibili ad esposizioni ad allergeni presenti nel bioaerosol. I microrganismi responsabili di queste patologie risiedono e proliferano prevalentemente nei filtri degli impianti di climatizzazione ma possono trovare *habitat* congeniali anche nei materiali tessili, nei tappeti, nelle *moquette* e ovunque vi sia raccolta di polvere dovuta a scarse condizioni igieniche [7-9]. Sulla base di quanto sopra esposto è stato approntato uno studio allo scopo di valutare il livello di contaminazione batterica e fungina nel bioaerosol di due differenti ambienti residenziali, ubicati in un centro urbano. Vengono pertanto riportati i dati preliminari relativi alle concentrazioni batteriche e micotiche rilevate nell'aria di abitazioni e di locali adibiti ad ufficio privato, in presenza o meno di un impianto di climatizzazione.

2. Relazione

In tutti gli ambienti oggetto di studio (due abitazioni e due uffici) sono stati effettuati campionamenti di bioaerosol; nell'abitazione e nell'ufficio dotati di condizionatori per l'aria calda o fredda sono state anche eseguite analisi microbiologiche sulle polveri raccolte dai filtri dei condizionatori attivati *ex novo* da circa un anno. I campionamenti sono stati condotti per un periodo di 12 mesi e per quanto riguarda gli uffici durante le ore di lavoro. Relativamente all'abitazione e all'ufficio, provvisti di impianto di climatizzazione, il bioaerosol è stato campionato nei locali dotati di condizionatori.

2.1 Contesto operativo

Oggetto dello studio sono stati i seguenti ambienti *indoor*:

- Abitazione di circa 90 m², ubicata al quinto piano di uno stabile costruito negli anni '60, in zona semicentrale, non dotata di impianto di climatizzazione;
- Abitazione situata al terzo piano di uno stabile costruito negli anni '40 nel centro urbano che, tra locali e servizi, è provvista di 7 climatizzatori;
- Ufficio privato di circa 40 m² di superficie con due grandi finestre, situato al primo piano di un condominio nel centro urbano, non dotato di impianto di climatizzazione;
- Appartamento di circa 135 m² situato al piano terra di uno stabile in zona semicentrale della città, composto da 4 stanze adibite a studi professionali e dotate ciascuna di finestra e apparecchiatura di climatizzazione.

Per la captazione dell'aria è stato utilizzato il campionatore attivo ad impatto ortogonale aspirante monostadio *Surface Air System DUO SAS 360*, posizionato da terra ad una altezza pari a circa 1,5 metri (distanza media delle prime vie respiratorie umane) [10]. Il SAS, mediante filtrazione a fessura, aspira simultaneamente su doppia testata volumi prefissati di aria che, convogliata direttamente sulle piastre Rodac, alloggiata nelle testate stesse e complete degli specifici substrati nutritivi agarizzati, permette il recupero e la quantificazione diretta dei microrganismi selezionati.

2.2 Parametri e determinazioni microbiologiche

Sia nei campioni di bioaerosol, sia nelle polveri raccolte dai filtri dei climatizzatori sono stati ricercati i seguenti parametri: batteri eterotrofi a 20°C e 37°C, stafilococchi e miceti. Gli eterotrofi danno indicazioni sulla qualità microbiologica generale di un ambiente, mentre gli stafilococchi individuano una contaminazione a derivazione antropica. D'altro canto, i miceti costituiscono un importante indice di salubrità ambientale essendo correlabili alla presenza di elevata umidità, ridotta ventilazione e anche di secca polverosità poiché rilevabili anche nelle forme di resistenza e diffusione (conidi e spore). Alcune specie possono, inoltre, essere responsabili di sintomi respiratori allergici e di patologie infettive.

Relativamente alle metodologie analitiche impiegate si rimanda a quanto riportato nella letteratura di settore [10].

Nello specifico, relativamente alle polveri, quantità note sono state separatamente solubilizzate e omogeneizzate in soluzione peptonata salina contenente Tween 80 all'1%, quindi diluite serialmente e seminate in duplicato in aliquote (0,5 ml) su terreni colturali agarizzati mediante la tecnica dello spatolamento in superficie.

Le colonie tipiche sviluppatesi sono state quantificate e le concentrazioni ottenute sono state espresse per le matrici raccolte come unità formanti colonia per grammo di peso secco di polvere (UFC/g_{ss}) e unità formanti colonia per volume di aria campionata (UFC/m³) relazionando, in questo caso, i valori ottenuti a quelli di riferimento nella tabella di quantificazione specifica fornita unitamente allo strumento SAS.

Le colonie fungine sviluppatesi sono state infine identificate tramite osservazione delle caratte-

ristiche morfologiche e mediante esame al microscopio, previa colorazione al blu di lattofenolo, degli elementi strutturali.

2.3 Risultati

Il grado di contaminazione microbica e fungina rilevato nel bioaerosol dei differenti ambienti *indoor* monitorati viene illustrato e riportato come concentrazione media, minima e massima nelle tabelle 1-4. Nelle tabelle 5 e 6 sono riportate, rispettivamente, la concentrazione microbica totale nei filtri dell'impianto di climatizzazione domestico e dell'ufficio, ad un anno dalla loro attivazione. Nella tabella 7 sono elencati esclusivamente i funghi identificati a livello di genere, ricorrenti o meno, nei campioni di bioaerosol e di polvere analizzati.

Parametri	Concentrazione (UFC/m ³)		
	Media	Minima	Massima
Eterotrofi 20°C	1,1 x 10 ²	6,2 x 10 ¹	5,8 x 10 ²
37°C	9,7 x 10 ¹	2,0 x 10 ¹	3,7 x 10 ²
Stafilococchi	1,4 x 10 ¹	< 1	5,4 x 10 ¹
Carica micotica	4,1 x 10 ²	9,8 x 10 ¹	7,2 x 10 ²

Tab. 1 – Concentrazioni rilevate nel bioaerosol dell'abitazione non dotata di impianto di climatizzazione

Parametri	Concentrazione (UFC/m ³)		
	Media	Minima	Massima
Eterotrofi 20°C	8,0 x 10 ¹	4,2 x 10 ¹	1,2 x 10 ²
37°C	4,6 x 10 ¹	2,7 x 10 ¹	6,5 x 10 ¹
Stafilococchi	1,2 x 10 ¹	4,0 x 10 ⁰	3,7 x 10 ¹
Carica micotica	3,3 x 10 ²	1,5 x 10 ²	5,1 x 10 ²

Tab. 2 – Concentrazioni rilevate nel bioaerosol dell'abitazione dotata di impianto di climatizzazione

Parametri	Concentrazione (UFC/m ³)		
	Media	Minima	Massima
Eterotrofi 20°C	9,4 x 10 ¹	5,0 x 10 ¹	1,4 x 10 ²
37°C	6,3 x 10 ¹	3,0 x 10 ¹	1,2 x 10 ²
Stafilococchi	1,9 x 10 ¹	< 1	4,4 x 10 ¹
Carica micotica	2,7 x 10 ²	1,0 x 10 ²	4,2 x 10 ²

Tab. 3 – Concentrazioni rilevate nel bioaerosol dell'ufficio non dotato di impianto di climatizzazione

Parametri	Concentrazione (UFC/m ³)		
	Media	Minima	Massima
Eterotrofi 20°C	8,8 x 10 ¹	4,2 x 10 ¹	1,7 x 10 ²
37°C	5,4 x 10 ¹	3,8 x 10 ¹	7,5 x 10 ¹
Stafilococchi	2,0 x 10 ¹	< 1	3,7 x 10 ¹
Carica micotica	2,4 x 10 ²	8,9 x 10 ¹	3,6 x 10 ²

Tab. 4 – Concentrazioni rilevate, nel bioaerosol dell'ufficio dotato di impianto di climatizzazione

Campione	Parametri			
	Eterotrofi (UFC/g _{ss})		Miceti (UFC/g _{ss})	Stafilococchi (UFC/g _{ss})
	20°C	37°C		
1	2,1 x 10 ⁵	3,2 x 10 ⁵	2,0 x 10 ⁵	4,1 x 10 ³
2	1,1 x 10 ⁶	3,0 x 10 ⁵	3,2 x 10 ⁶	3,3 x 10 ⁴
3	6,0 x 10 ⁵	1,0 x 10 ⁶	3,1 x 10 ⁵	3,0 x 10 ⁴
4	2,2 x 10 ⁵	8,0 x 10 ⁵	4,3 x 10 ⁵	9,0 x 10 ⁵
5	3,3 x 10 ⁵	2,4 x 10 ⁵	9,0 x 10 ⁵	3,2 x 10 ⁵
6	7,0 x 10 ⁵	1,2 x 10 ⁶	8,0 x 10 ⁵	9,0 x 10 ⁵
7	1,2 x 10 ⁶	4,1 x 10 ⁵	3,2 x 10 ⁵	2,8 x 10 ⁴

Tab. 5 – Concentrazione microbica totale rilevata nella polvere dei filtri dei climatizzatori domestici

Campione	Parametri			
	Eterotrofi (UFC/g _{ss})		Miceti (UFC/g _{ss})	Stafilococchi (UFC/g _{ss})
	20°C	37°C		
1	3,9 x 10 ⁵	2,8 x 10 ⁵	8,0 x 10 ⁵	6,2 x 10 ³
2	1,8 x 10 ⁶	6,3 x 10 ⁵	2,2 x 10 ⁶	2,5 x 10 ⁴
3	5,8 x 10 ⁵	4,0 x 10 ⁵	6,2 x 10 ⁵	4,6 x 10 ⁴
4	7,1 x 10 ⁵	3,7 x 10 ⁵	8,3 x 10 ⁵	9,8 x 10 ⁴

Tab. 6 – Concentrazione microbica totale rilevata nella polvere dei filtri dei climatizzatori dell'ufficio

Generi fungini	Ambienti Residenziali Indoor					
	climatizzati				non climatizzati	
	abitazione		ufficio		abitazione bioaerosol	ufficio
	bioaerosol	polvere	bioaerosol	polvere		
<i>Alternaria</i>	+	-	+	+	+	+
<i>Aspergillus</i>	+	+	+	+	-	+
<i>Cladosporium</i>	+	+	-	+	-	+
<i>Cryptococcus</i>	-	+	-	-	-	-
<i>Graphium</i>	-	+	-	-	-	-
<i>Mucor</i>	+	+	+	+	-	-
<i>Penicillium</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rhizopus</i>	+	-	-	+	+	+
<i>Rhodotorula</i>	-	+	+	+	-	+
<i>Syncephalastrum</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Trichophyton</i>	-	-	-	-	+	-

Legenda: + = presente; - = assente

Tab. 7 – Generi fungini ricorrenti rilevati nel bioaerosol e nei filtri degli impianti di climatizzazione

3. Conclusioni

Nel bioaerosol degli ambienti residenziali monitorati le concentrazioni batteriche (eterotrofi e stafilococchi) e micotiche rilevate sono risultate contenute (valori massimi 10² UFC/m³) e confrontabili con valori ritrovati comunemente nella stessa tipologia di ambienti [4, 6]. In generale, le concentrazioni microbiche ritrovate nel bioaerosol, sia dell'abitazione sia dell'ufficio provvisti di impianto di climatizzazione, risultano più basse e più omogenee rispetto a quelle riscontrate nei locali non climatizzati. Ciò è dovuto probabilmente al fatto che la filtrazione

dell'aria impedisce l'aspirazione di contaminanti dall'esterno e rinnova l'aria *indoor* attraverso la captazione di aria fresca che diluisce le particelle che si originano all'interno.

Nelle polveri dei filtri dei sistemi di climatizzazione dell'abitazione e dell'ufficio sono stati riscontrati titoli elevati di microrganismi, in particolare di miceti (10^3 - 10^6 UFC/g_{ss}). All'identificazione microscopica e strutturale la gran parte dei miceti rilevati è risultata appartenere a generi ubiquitari ambientali che, comunque, in situazioni favorevoli, sono in grado di mantenersi in alte concentrazioni come quelle rilevate.

Gli studi e le ricerche riguardanti la qualità microbiologica dell'aria in ambienti quali quelli monitorati, risultano complessi e difficili da interpretare per poter arrivare a definire valori soglia accettabili e significativi per la tutela della salute umana. La lacuna normativa è dovuta, comunque, non solo alla difficoltà di correlare con certezza i rapporti dose-risposta, data la specifica suscettibilità o predisposizione genetica individuale, ma anche alla peculiarità che microrganismi differenti, singolarmente o in sinergia, possono provocare sintomi simili.

Tuttavia, per ricavare criteri di valutazione validi per i rischi biologici in ambienti *indoor* è comunque necessario elaborare indirizzi utili per l'interpretazione corretta dei risultati ottenuti dalle misurazioni nelle diversificate realtà ambientali consentendo elaborazione di piani universali di prevenzione.

Bibliografia

- [1] Reynolds S.J., Streitfel A.J., McJilton C.E., "Elevated airborne concentrations of fungi in residential and office environments", *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 11, 601-604 (1990).
- [2] Kalogerakis N., Paschali D., LeKaditis V., Pantidou A., Eleftheriadis K., Lazaridis M., "Indoor air quality-bioaerosol measurements in domestic and office premises", *Aerosol Science* 36, 751-761 (2005).
- [3] Komada A.M., McGee R.I., "Airborne microbial contaminants in indoor environments. Naturally ventilated and air-conditioned homes", *Arch. Environ. Health* 41, 306-311 (1996).
- [4] Golofit-Szymczak M., Gorny R.L., "Bacterial and fungal aerosols in air conditioned office buildings in Warsaw, Poland - The winter season", *Int. Jour. Occup. Safety Ergon.* 16 (4) 465-476 (2010).
- [5] Nusca A., Bonadonna L., "Ambienti confinati: Sistemi di Climatizzazione e Rischi Igienico-Sanitari", *L'Igiene Moderna* 117, 167-177 (2002).
- [6] Ponsoni K., Gonçalves Raddi M.S., "Indoor air quality Related to Occupancy at an Airconditioned Public Building", *Braz. Arch. Biol. Technol.* 53 (1), 99-103 (2010).
- [7] Engvall K.; Wickman, P., Norack D., "Sick Building Syndrome and perceived indoor environment in relation to energy saving by reduced ventilation flow during heating season: 1 year intervention study in dwellings", *Indoor Air* 15, 120-126 (2005).
- [8] U.S. Environmental Protection Agency, "Office of Air and Radiation. Indoor Air Facts No. 4: Sick Building Syndrome" (1991).
- [9] Rota M.C., Caporali M.G., Caleo G.M., Mandarino G., Scaturro M., Ricci M.L., "La legionellosi in Italia nel 2007. Rapporto Annuale", *Not. Ist. Super. Sanità*, 21(10), 11-17 (2008).
- [10] Fowels M., "A rough guide to bioaerosol monitoring", *Waste Manag. Recycl. News* 13 May (2010).