

Grzegorz POREBSKI¹
Dorota MYSZKOWSKA¹
Krystyna OBTUŁOWICZ¹
Ewa GOMÓŁKA²

Monitoring powietrza pomieszczeń zamkniętych w diagnostyce alergii środowiskowej

¹Zakład Alergologii Klinicznej i Środowiskowej Collegium Medicum Uniwersytet Jagielloński w Krakowie
Kierownik:
Prof. dr hab. med.
Krystyna Obtulowicz

²Zakład Terapii Monitorowanej i Toksykologii Analitycznej,
Kierownik: Dr Beata Bystrowska

Słowa kluczowe:

- monitoring powietrza
- metoda grawimetryczna
- metoda wolumetryczna
- alergeny pomieszczeń zamkniętych

Key words:

- air monitoring
- gravimetric method
- volumetric method
- indoor allergens

Schorzenia alergiczne, takie jak alergiczne zapalenie nosa, gardła i krtani, astma oskrzelowa, wyprysk powietrzno-pochodny, czy alergiczne zapalenie spojówek mogą być wywołane lub nasilane przez różnorodne czynniki występujące w pomieszczeniach zamkniętych – miejscach pracy i mieszkaniach. Obraz kliniczny tych dolegliwości jest często zbliżony do objawów podrażnienia śluzówek dróg oddechowych i skóry występujących w Sick Building Syndrome (SBS) reprezentującym jeden z coraz częściej ekspozowanych obecnie problemów medycznych w krajach rozwiniętych. Pospolite wżewne czynniki uczulające występujące w pomieszczeniach zamkniętych to alergeny roztoczy kurzu domowego, grzybów, karaluchów, naskórków zwierząt. Niezależny lub torujący alergię wpływ odgrywać mogą zanieczyszczenia powietrza – tlenki azotu, tlenek i dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, izocyjaniany, formaldehyd, endotoksyny. Oceny zawartości alergenów w powietrzu pomieszczenia dokonać można przy pomocy metod grawimetrycznych, uderzeniowych i objętościowych (aparaty stacjonarne i przenośne – Burkard, Partrap FA52). Do oznaczania stężeń czynników chemicznych można stosować różne metody fizykochemiczne: metody bezpośredniego odczytu pomiarów oraz oparte na absorpcji badanego czynnika w miejscu narażenia i analizie instrumentalnej wykonywanej w laboratorium.

Indoor air monitoring diagnostics of environmental allergy

Different indoor agents may cause or intensify the symptoms of allergic rhinitis and rhinopharyngitis, bronchial asthma, contact dermatitis or conjunctivitis. These symptoms are often similar to those characteristic for sick building syndrome (SBS). SBS is considered to be one of the most important medical problems in industrial countries. The common indoor inhalants are: mite allergens, fungal spores, cockroach allergens, and animal airborne allergens. Inorganic compounds like nitrogen oxides, carbon oxide and dioxide, sulphur dioxide, isocyanates, formaldehyde, endotoxins may enhance sensitization with direct or indirect mechanisms. Gravimetric, volumetric and impact methods of sampling are used to estimate the concentration of indoor allergens (stationary and portable traps - Burkard, Partrap FA52). Chemical factors can be analyzed using some physico-chemical methods: direct measurement readings or absorption of an agent in close capacity and laboratory instrumental analyze.

Poznanie i ocena wpływu alergenów i zanieczyszczeń powietrza wewnątrz pomieszczeń na zdrowie człowieka jest bardzo istotne, gdyż mieszkańcy krajów rozwiniętych spędzają w pomieszczeniach zamkniętych większość swojego czasu.

Najpowszechniejsze alergeny występujące wewnątrz pomieszczeń to: roztocza kurzu domowego, alergeny zwierząt, alergeny grzybów, zawodowe czynniki uczulające, alergeny karaluchów [1]. Ekspozycja na te czynniki zwiększa ryzyko rozwoju astmy oskrzelowej i alergicznego nieżyty nosa [2].

Nawilżanie i ogrzewanie mieszkań oraz ich wyposażenie w wykładziny, dywany, pokrycia itp. sprzyja rozwojowi roztoczy, pleśni i bakterii.

Kurz domowy jest złożony z licznych składników, do których należą m.in.: naskórki i sierść ssaków, roztocza i ich odchody, zarodniki pleśni i cząstki nieorganiczne. Głównym składnikiem alergenowym kurzu wewnątrz pomieszczeń są wydaliny i odchody roztoczy. Najważniejsze ich gatunki to *Dermatophagoides pteronyssinus* i *Dermatophagoides farinae* oraz tzw. roztocza magazynowe: *Acarus siro*, *Lepidoglyphus destructor*, *Thyrophagus putrescentiae* [3]. Korzystne warunki dla bytowania tych pajęczaków zachodzą przy temperaturze w granicach 22-26° C i wilgotności względnej > 55%.

Alergeny zwierząt domowych znajdują się w ich sierści, złuszczonej naskórku, ślinie i wydalinach (np. moczu). Alergeny kota mają silne działanie uczulające. Niewielkie rozmiary cząstek, na których są przenoszone (3-4 μm) sprawiają, że alergeny te łatwo ulegają rozpyleniu w powietrzu. Stężenie głównego alergenu kota (Fel d 1) jest wysokie w mieszkaniach, w których przebywają koty. Jednak również w miejscach publicznych takich jak szpitale, kina, autobusy oraz domach, w których nie trzyma się kotów stężenia ich alergenów mogą być wystarczające do wywołania objawów

Adres do korespondencji:

Dr med. Grzegorz Porębski
Zakład Alergologii Klinicznej i Środowiskowej CM UJ
31-531 Kraków, Śniadeckich 10
e-mail: porebski@mp.pl

ze strony dróg oddechowych u osób silnie uczulonych. Pod względem rozpowszechnienia i cząstek nośnikowych alergeny psie (Can f 1, Can f 2) są zbliżone do alergenów kota. Mają jednak nieco mniejsze znaczenie kliniczne, a mnogość ras psów i różnorodność ich alergenów utrudnia standaryzację. W ocenie środowiska wewnątrz pomieszczeń należy także wziąć pod uwagę alergeny gryzoni dziko żyjących w obszarach śródmiejskich i hodowanych jako zwierzęta domowe, laboratoryjne – myszy, szczurów, chomików, świnek morskich [4].

Dla rozwoju grzybów pleśniowych wewnątrz pomieszczeń najkorzystniejsze jest środowisko ciemne, wilgotne i słabo wentylowane. Większość znajdujących w pomieszczeniach zarodników pleśni należy do rodzajów *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium* i *Candida* [5].

Lista lotnych zawodowych czynników uczulających jest bardzo obszerna i obejmuje obecnie około 400 pozycji (<http://asma-net.com>). Większość z nich jest związana z pracami wykonywanymi w pomieszczeniach zamkniętych. Do najczęstszych należą m.in.:

- białka zwierzęce (białka naskórka i moczu – weterynarze, pracownicy laboratoryjni; papaina, amylaza i inne enzymy – obróbka żywności i wytwarzanie detergentów);
- białka roślinne (mąka, alfa-amylaza – piekarze, cukiernicy; lateks – pielęgniarki, chirurdzy);
- nieorganiczne związki chemiczne (sole niklu – galwanizacja; nadsiarczany – kosmetyczki);
- organiczne związki chemiczne (środki dezynfekujące, np.: chloramina, formaldehyd – pracownicy szpitali, izocyjaniany – przemysł tworzyw sztucznych).

Uczulenia na alergeny karaluchów nie są w Polsce często rozpoznawane, ale w niektórych krajach są uznawane za równie istotny problem kliniczny, co uczulenie na roztocza. Dobrze scharakteryzowane zostały alergeny karaluchów amerykańskich (*Peperiplaneta americana*) i niemieckich (*Blattella germanica*).

Do czynników chemicznych występujących w powietrzu wewnątrz pomieszczeń należą: związki nieorganiczne – tlenki azotu, tlenek i dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, izocyjaniany, formaldehyd i substancje organiczne takie jak endotoksyny. Ich emisja jest związana z gotowaniem przy użyciu gazu ziemnego; gotowaniem na kuchniach opalanych drewnem, naftą lub węglem oraz ogrzewaniem piecami i kominkami opalonymi tymi materiałami; a także stosowaniu w budownictwie i wyrobie mebli pianek syntetycznych, klejów, wykładzin dywanowych, paneli na podłożu z płyty pilśniowej, wyrobów zawierających formaldehyd, farb uwalniających izocyjaniany, substancji przeciwpalnych, elementów kształtowanych ciśnieniowo, sklejk.

Metody oceny zawartości alergenów w powietrzu wewnątrz pomieszczeń

Oceny zawartości alergenów w danym pomieszczeniu dokonać można przy pomocy klasycznych metod stosowanych w aerobiologii środowiskowej [6,7]:

1) metody grawimetryczne

Wykorzystują one siłę ciężenia, opierając się na założeniu, że liczba cząstek nośnikowych alergenów opadająca na ustawioną poziomo powierzchnię chwytłą pokrytą substancjami lepnyimi odzwierciedla liczbę i skład takich cząstek krążących w powietrzu danego pomieszczenia. Rolę powierzchni chwytnej pełnić może mikroskopowe szkiełko podstawowe lub inne materiały przezroczyste, np. folia plastikowa. Jako substancji lepnych używa się zwykle roztworów zawierających żelatynę, glicerynę i wodę. Metoda grawimetryczna jest stosunkowo prosta i tania, reprezentatywna głównie dla cząstek dużych – powyżej 15 µm. Oceny zebranego w preparacie materiału można dokonać przy pomocy mikroskopu świetlnego dla zidentyfikowania cząstek nośnikowych, zawierających alergeny (np.: zarodników pleśni lub pyłku roślinnego) lub metodami immunoenzymatycznymi, które pozwalają przy użyciu swoistych przeciwciał monoklonalnych ocenić ilość danego alergenu w próbce [8].

2) metody uderzeniowe

W metodach uderzeniowych wykorzystywane jest tzw. zjawisko nalotu, czyli wychwytywania cząstek przenoszących alerge-

ny na powierzchnię ustawioną pionowo. Wartości nalotu są na ogół kilkakrotnie większe od opadu mierzonego w tym samym miejscu. Na przestrzeniach otwartych użyć można aparatu typu flagowego zmieniającego położenie powierzchni chwytnej zależnie od kierunku wiatru. W pomieszczeniach obrotowy ruch tej powierzchni jest wymuszony przez zasilany baterią silnik będący na wyposażeniu aparatu. Na podstawie pola powierzchni chwytnej, drogi przebywanej przez nie podczas jednego obrotu i ilości obrotów obliczyć można objętość powietrza, w której znajdowały się zliczane cząstki.

3) aparaty ssące

Zasadą działania tych aparatów jest zasysanie powietrza, które następnie jest kierowane na powierzchnię chwytłą umieszczoną na poruszającym przez mechanizm zegarowy bębnie przesuwającym się ze stałą prędkością, co pozwala na monitorowanie w czasie stężeń cząstek przenoszących alergeny. Najczęściej stosowane są tzw. aparaty typu Hirsta np. aparat firmy Burkard lub Lanzoni. Służą one do monitorowania stężenia pyłku roślin i zarodników grzybów, a także alergenów roślinnych. Do monitorowania powietrza wykorzystać również można – nie rozpowszechnione dotąd w Polsce – przenośne aparaty osobiste, np.: Partrap FA52. Jest on zbudowany z komory, wewnątrz której znajduje się przezroczysta błona pełniąca funkcję powierzchni chwytnej. Na niej osadzają się cząstki z powietrza zasysanego do aparatu ze stałą prędkością 10 l/min dzięki działaniu zasilanego bateriami silnika. Niewielkie rozmiary (15 x 10 x 5 cm) urządzenia pozwalają na jego stałe noszenie przy sobie. Umożliwia to uzyskanie próbek dokładnie z tych miejsc, w których przebywa nosząca Partrap FA52 osoba [9].

W roku 2003 w Zakładzie Alergologii Przemysłowej w ramach grantu KBN prowadzono ocenę stężeń ziarn pyłku roślin i zarodników pleśni przy użyciu aparatów Partrap FA52 i aparatów Burkard. Pomiary prowadzono zarówno w pomieszczeniach wewnętrznych, jak i na zewnątrz. W pomieszczeniach Zakładu Alergologii, w których przebywa tylko personel zazwyczaj w stroju służbowym, ilość stwierdzonych ziarn w okresach 3-4 godzinnych wynosiła 0-11 ziarn/m³ powietrza. W pomieszczeniach Zakładu Alergologii, w których przebywają pacjenci oraz personel przebiera się z okryć wierzchnich, ilość stwierdzonych ziarn w okresach 3-4 godzinnych wynosiła 15-55 ziarn/m³. Oba typy pomieszczeń mają podobną wielkość i rozmieszczenie w budynku. Większa ilość pyłku w pomieszczeniach drugiej grupy wynika z częstego wietrzenia i wnoszenia pyłku na ubraniach. Jednak porównując te wartości ze stwierdzonym w tym czasie stężeniem pyłku na zewnątrz (111-470 ziarn/m³) można podkreślić bezpieczeństwo przebywania alergików w takich pomieszczeniach [10].

Interesującą konstrukcję zaproponowali badacze australijscy [11]. Inhalix przez nich zbudowany to mały, zakładany na krótkie okresy czasu, do wylotów obu przewodów nosowych przyrząd, który zbiera cząstki wdychanego przez daną osobę powietrza na lepką powierzchnię chwytłą. Ma on pozwolić na identyfikację miejsc największej ekspozycji na alergeny i pomóc w określeniu pełnego profilu narażenia na cząstki powietrzno-pochodne w środowisku codziennego bytowania danej osoby. Opory oddechowe generowane przez Inhalix są zbliżone do takich, jakie odczuwa się przy łagodnej obturacji nosa. Na sprawność urządzenia wpływa wielkość wdychanych cząstek i przepływ nosowy wdechowy. Przy przepływie 25 l/min autorzy metody oceniają wydajność zbierania cząstek powietrzno-pochodnych na 100% dla cząstek o średnicy aerodynamicznej 10 µm i większej oraz 85%, gdy cząstki są mniejsze (5 µm). Jak dotąd nie używano tego typu aparatów na szerszą skalę.

Ponieważ stężenie alergenów w pomieszczeniach jest uzależnione od ruchu powietrza, przynoszonych lub używanych w danej chwili przedmiotów, ubrań, mebli próbki do oceny zawartości alergenów w danym pomieszczeniu pobierać można nie tylko opisanymi powyżej metodami, ale także bezpośrednio z miejsc, w których spodziewamy się znaleźć zwiększoną ilość konkretnego alergenu np.: w materacach, pościeli, czy miejscach częstego przebywania zwierząt domowych.

Do oznaczenia stężeń czynników chemicznych można stosować różne metody fizykochemiczne [12]. Najszybsze z nich to metody bezpośredniego odczytu pomiarów (np. rurki wskaźnikowe, czujniki elektrochemiczne, fotometry podczerwieni) pozwala-

jące na uzyskanie wyniku w czasie krótszym niż 20 minut, wykorzystywane rutynowo do oznaczeń m.in. tlenku węgla, dwutlenku węgla, tlenków azotu, ozonu, siarkowodoru, metanu. Inny typ metod opiera się na absorpcji badanego czynnika w miejscu narażenia oraz analizie instrumentalnej wykonywanej w laboratorium.

Dzięki rozwojowi metod analitycznych możliwe jest oznaczenie wielu czynników chemicznych na bardzo niskim poziomie, rzędu kilku ppm. Najczęściej stosowane techniki pozwalające na oznaczanie czynników chemicznych to: spektrofotometria w zakresie UV/VIS, IR (pary rtęci, tlenki azotu, formaldehyd, amoniak, chlorowódór), mikroskopia optyczna (włókna respirabilne, włókna azbestu), metoda filtracyjno-wagowa (pył całkowity, pył respirabilny), absorpcyjna spektrometria atomowa (chrom, miedź, nikiel, ołów, żelazo, cynk, kadm, mangan), chromatografia gazowa (aceton, akrylany, benzen, benzyna, chloroform, cykloheksanon, dekan, etanol, eter dietylowy, heksan i jego izomery, heptan, izooktan, alkohol izopropylowy, octan etylu, oktan, pentan, izopentan, propanol, propylobenzen, styren, terpentyna, toluen).

Wnioski

1. Metody monitorowania stężeń czynników uczulających w pomieszczeniach wymagają dalszej standaryzacji.

2. Stężenie ziarn pyłku w pomieszczeniach znacznie zwiększa się wraz z ilością osób wchodzących z zewnątrz, co wynika z wnoszenia przez nie pyłku na ubraniach.

3. Osobiste, przenośne aparaty do pomiarów stężeń czynników uczulających są pomocne w identyfikacji miejsc największej ekspozycji na alergeny i określeniu pełnego profilu narażenia na cząstki powietrzno-pochodne w środowisku codziennego bytowania danej osoby.

Piśmiennictwo

1. **Obtułowicz K.** Alergologia praktyczna, PZWL, Warszawa.
2. Global Initiative for Asthma (GINA). Raport NHLBI/WHO. Publikacja nr 02-3569. Medycyna Praktyczna 2002, wyd. specjalne 6.
3. **Zawisza E, Lipiec A.** Alergeny grzybów w: Choroby alergiczne (Zawisza E. i Samoliński B., red.), PZWL, Warszawa.
4. **Platts Mills TAE, Vervolet D, Thomas WR et al.** Indoor allergens and asthma. Report of the third international workshop. J Allergy Clin Immunol 1997; 100, S1-S24.
5. **Skyberg K, Skulberg KR, Eduard W.** Symptoms prevalence among office employees and associations to building characteristics. Indoor Air 2003; 13, 246-252.
6. **Rapiejko P.** Pyłek roślin. [W:] Choroby alergiczne (Zawisza E. i Samoliński B., red.), PZWL, Warszawa.
7. **Hirst JM.** An automatic spore trap. 1952. Ann Appl Biol 1952; 30: 257-265.
8. **Mędrala W, Wolańczyk-Mędrala A.** Diagnostyka chorób alergologicznych in vitro. [W:] Choroby alergiczne i astma (Małolepszy J., red.), Volumed, Wrocław.
9. **Liccardi G, Russo M, Barber D. et al.** Cat allergen sampling by a new personal collector (Partrap FA 52). Invest Allergol Clin Immunol 2000; 10: 204-208.
10. **Myszkowska D, Stępalska D, Obtułowicz K, Porębski G.** The relationship between airborne pollen and fungal spores concentrations and seasonal pollen allergy symptoms in Cracow in 1997-1999. Aerobiologia 2001; 18: 153-161.
11. **Gore RB, Hadi EA, Craven M et al.** Personal exposure to house dust mite allergen in bed : nasal air sampling and reservoir allergen levels. Clin Exp Allergy 2002. 32, 856-859.
12. **Namieśnik J, Jamrógiewicz Z.** (red.) Fizykochemiczne metody kontroli zanieczyszczeń środowiska. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998.