

Ewa Czarnobilska
Małgorzata Bulanda
Magdalena Leśniak
Maria Czarnobilska
Marcel Mazur
Dorota Myszkowska

Wpływ zanieczyszczenia powietrza na wzrost występowania chorób alergicznych

Influence of air pollution on the increase of allergic diseases

Zakład Alergologii Klinicznej i Środowiskowej
Katedra Toksykologii i Chorób
Środowiskowych
Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum
Kierownik:
Dr hab. n. med. Ewa Czarnobilska, prof. UJ

Dodatkowe słowa kluczowe:
zanieczyszczenia powietrza
choroby alergiczne
prewencja alergii

Additional key words:
air pollution
allergic diseases
allergy prevention

Obecnie alergia stanowi problem zdrowia publicznego o zasięgu pandemicznym, szczególnie w krajach uprzemysłowionych. W Polsce, według badań ECAP 2006-2008 (Epidemiologia Chorób Alergicznych w Polsce), dotyczy już 40% społeczeństwa. Według „Miejskiego Programu Profilaktyki Astmy i Chorób Alergicznych Dzieci i Młodzieży Szkolnej” choroby alergiczne u uczniów krakowskich szkół występują częściej w porównaniu do wyników ECAP. Jednym z możliwych czynników tłumaczących to zjawisko jest dorastanie w warunkach nasilonego zanieczyszczenia powietrza.

Głównymi źródłami zanieczyszczeń są niska emisja, spaliny samochodowe i fabryki, a w ich skład wchodzi: gazy: O_3 , SO_2 , CO , NO_2 , półlotne związki organiczne (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, dioksyny, benzen, aldehydy), pył zawieszony: PM_{10} , $PM_{2.5}$, $PM_{<0.1}$. Narządami najbardziej ekspozycyowanymi na zanieczyszczenia powietrza są drogi oddechowe i płuca. Uważa się, że rola zanieczyszczeń powietrza w wywoływaniu alergii polega zarówno na efekcie adiuwantowym na etapie wywoływania uczulenia, jak i prowokacji alergenowej prowadzącej do rozwoju choroby alergicznej. Najbardziej narażone na wpływ zanieczyszczeń powietrza związanych z ruchem samochodowym (TRAP - traffic-related air pollutants) są dzieci z powodu niedojrzałych układów odpornościowego i oddechowego. Także u dorosłych ekspozycja na TRAP upośledza funkcje płuc, przyczynia się do rozwoju i zaostrzeń astmy oraz nasila objawy wyprysku. W celu zobiektywizowania wpływu zanieczyszczeń powietrza dokonuje się pomiarów ich ilości w środowisku. Złotym standardem oceny narażenia na TRAP jest pomiar indywidualnej ekspozycji. Innymi metodami są pomiar odległości miejsca zamieszkania od dużych dróg oraz technika LUR (land-use regression model). Ochrona przed zanieczyszczeniami zależy od wydolności systemu antyoksydacyj-

Currently, allergy is a problem of public health with a range of pandemic, especially in industrialized countries. In Poland, according to ECAP survey 2006-2008 (Epidemiology of Allergic Diseases in Poland) it affects 40% of society. According to the "Urban Program of prevention of asthma and allergic diseases among School Youth" allergic diseases in schoolchildren from Krakow are more frequent compared to ECAP results. One of the possible factors explaining this phenomenon is growing up in conditions of increased air pollution. The main sources of pollution are low emissions, car exhaust and factories and components of air pollution are: O_3 , SO_2 , CO , NO_2 , semi-volatile organic compounds (polycyclic aromatic hydrocarbons, dioxins, benzene, aldehydes), particulate matter: PM_{10} , $PM_{2.5}$, $PM_{<0.1}$. Organs which are most exposed to air pollution are the airways and the lungs. It is believed that the role of air pollution in the induction of allergy involves both the adjuvant effect at the stage of developing allergies, as well as allergen provocation leading to the development of allergic disease. Children are the most vulnerable to the impact of traffic-related air pollutants (TRAP) are children due to non-mature immune and respiratory systems. Also in adults, exposure to TRAP impairs lung function, contributes to the development and exacerbation of asthma, and exacerbates the symptoms of eczema. In order to objectify the influence of air pollutants, they are measured in the environment. The gold standard of assessment of exposure on TRAP is individual exposure measurement. Other methods are measurement of the distance between place of residence and the large road and land-use regression model (LUR) techniques. Protection against pollution depends on the efficiency of the antioxidant system, which is related, among others, to diet. According to some authors, eating food rich in antioxidants may be associated with a lower incidence of allergies, but the

Autorzy nie deklarują konfliktu interesów

Otrzymano: 08.10.2017
Zaakceptowano: 14.11.2017

Adres do korespondencji:
Dr hab. n. med. Ewa Czarnobilska, prof. UJ
Zakład Alergologii Klinicznej i Środowiskowej
CMUJ
ul. Śniadeckich 10, 31-531 Kraków
tel: (12) 424 88 98, fax: (12) 423 11 22,
e-mail: ewa.czarnobilska@uj.edu.pl

nego, która związana jest m.in. z dietą. Według niektórych autorów spożywanie pokarmów bogatych w przeciwutleniające może wiązać się z niższą częstością występowania alergii, ale wymaga to dalszych badań. Lekarze powinni posiadać wiedzę o czynnikach środowiskowych mających wpływ na organizm ludzki i informować pacjentów o wysokim ryzyku wystąpienia negatywnych skutków ich oddziaływania w celu zminimalizowania krótko- i długoterminowych konsekwencji zdrowotnych.

Wstęp

Obecnie alergia stanowi problem zdrowia publicznego o zasięgu pandemicznym, szczególnie w krajach uprzemysłowionych. W Europie objawy alergii występują u 30% mieszkańców, z których połowa jest niezdiagnozowana, a 20% wykazuje ciężkie postaci alergii [1]. Europejska Akademia Alergologii i Immunologii Klinicznej (EAACI - European Academy of Allergy and Clinical Immunology), przewiduje, że w 2025 roku 50% populacji europejskiej będzie dotknięta jakimś rodzajem alergii [1]. Według szacunków Światowej Organizacji Alergii (WAO - World Allergy Organization) w 2050 roku na świecie będzie 4 miliardy alergików [2]. Najnowsze dane pokazują utrzymywanie się częstości występowania astmy na stałym poziomie w krajach rozwiniętych i wzrost przypadków zachorowań w krajach rozwijających się. Za przyczynę tych trendów uważa się zmiany w środowisku, w tym zanieczyszczenia powietrza [3].

Według badania „Epidemiologia Chorób Alergicznych w Polsce” (ECAP) przeprowadzonych w latach 2006-2008, alergia dotyczy już 40% naszego społeczeństwa. ECAP potwierdziło wyższą częstość występowania objawów chorób alergicznych u mieszkańców dużych aglomeracji miejskich w porównaniu do obszarów wiejskich [4].

Od 10 lat w Krakowie prowadzone jest badanie profilaktyczne w ramach „Miejskiego Programu Profilaktyki Astmy i Chorób Alergicznych Dzieci i Młodzieży Szkolnej”. Liczba respondentów objętych do tej pory badaniem ankietowym (opartym na formularzu ISAAC i uzupełnionym o kwestionariusz dla uczniów z alergią na substancje chemiczne) wynosiła 75 000. Badanie obejmuje uczniów krakowskich szkół w wieku 7-8 lat i 16-17 lat. Dotąd, ponad 50% ankietowanych zgłaszało objawy alergiczne, a 60% z nich nie miało ustalonego rozpoznania i nie było leczonych z tego powodu [5,6]. W drugim etapie badania wykonywano spirometrię, testy skórne punktowe i testy płatkowe. Potwierdzono alergiczny nieżyt nosa (ANN) u prawie 30% dzieci i 25% młodzieży, a astmę odpowiednio u 12% i prawie 9% badanych [5,6]. Wypryskiem alergicznym dotknięte było jedno na czworo dzieci i jeden na osiem nastolatków. Na uwagę zasługuje fakt, iż zaledwie u połowy krakowskich uczniów zgłaszających objawy alergii dróg oddechowych w badaniach ankietowych potwierdzono tło atopowe. Występowanie ANN i astmy u uczniów krakowskich szkół było częstsze w obu grupach w porównaniu do wyników badań ogólnopolskich (ECAP) [5,6]. Jednym z możliwych czynników tłumaczących

statement requires further research. Doctors should have knowledge of environmental factors affecting the human body and inform patients about high risk of adverse effects of their influence to minimize the short- and long-term health consequences.

to zjawisko jest dorastanie w warunkach nasilonego zanieczyszczenia powietrza. Lekarze powinni posiadać wiedzę o czynnikach środowiskowych mających wpływ na organizm ludzki i informować pacjentów o wysokim ryzyku wystąpienia negatywnych skutków w celu zminimalizowania krótko- i długoterminowych konsekwencji zdrowotnych.

Celem artykułu jest przedstawienie wpływu zanieczyszczeń powietrza na występowanie chorób alergicznych.

Rodzaje zanieczyszczeń i ich dystrybucja w drogach oddechowych

Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego następuje wskutek wprowadze-

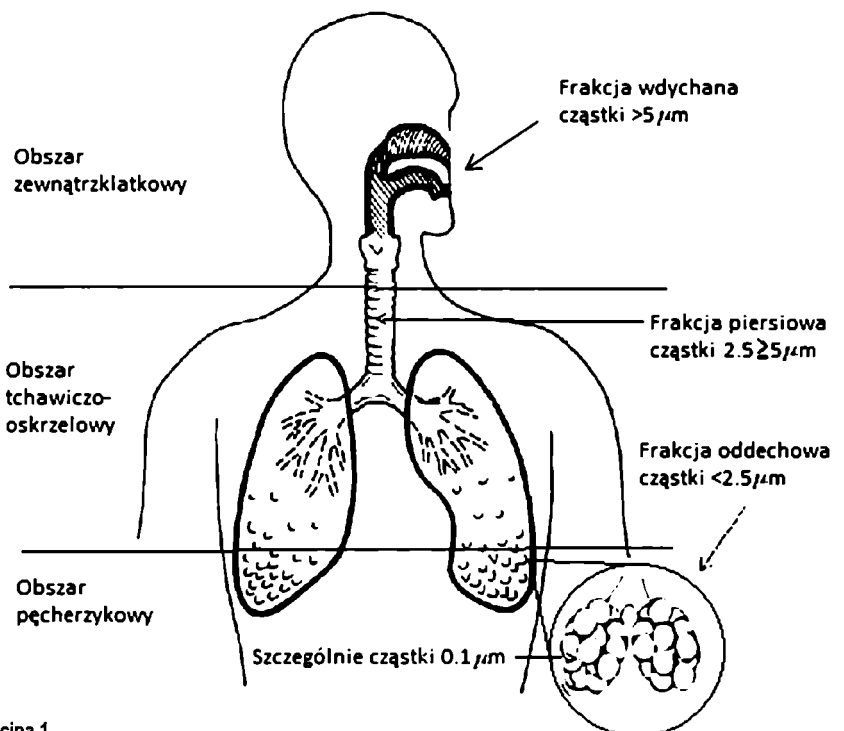
nia do niego substancji stałych, ciekłych, gazowych i energii falowej w ilościach lub natężeniu szkodliwym dla środowiska. Głównymi źródłami zanieczyszczeń jest niska emisja, spaliny samochodowe i fabryki, a w ich skład wchodzi: gazy: O₃, SO₂, CO, NO₂, półlotne związki organiczne (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, dioksyny, benzen, aldehydy), pył zawieszony (PM - particulate matter): PM₁₀, PM_{2.5}, PM <0,1µm (Tab. I).

Przegląd literatury wskazuje, że poszczególne kraje różnią się między sobą proporcjami udziału różnych źródeł emisji [7]. Cząsteczki te docierają do różnych obszarów układu oddechowego, co przedstawiono na rycinie 1 [8].

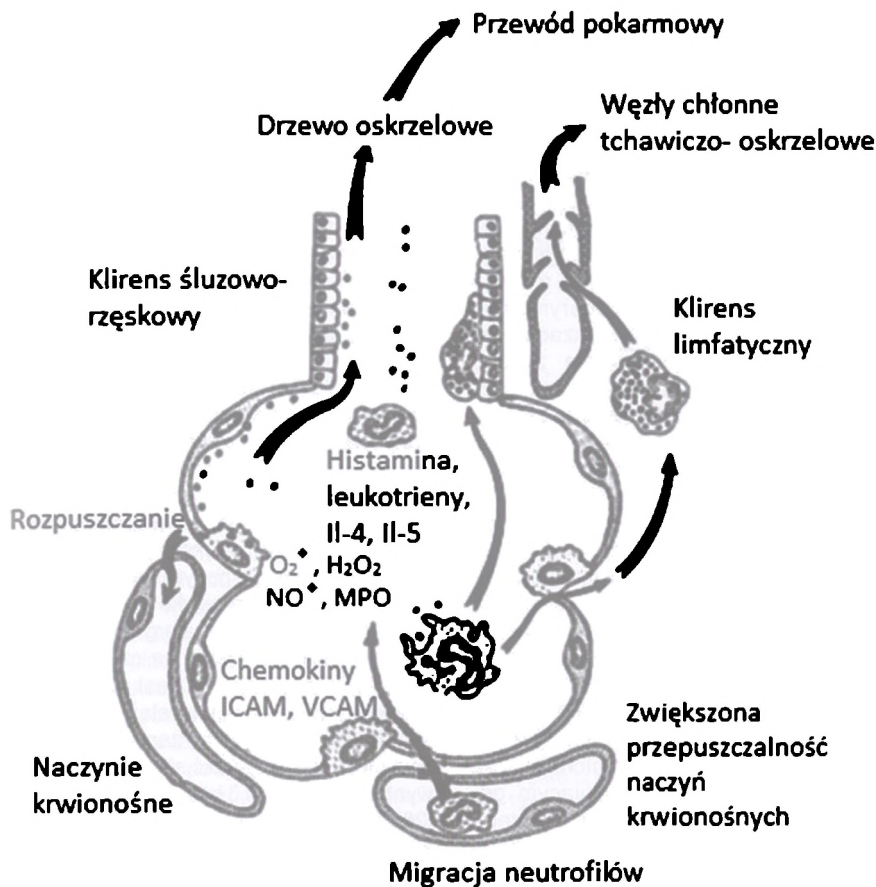
Tabela I
Podział cząsteczek pyłu zawieszanego.
The division of particulate matter.

Oznaczenie	Terminologia	Wielkość	Obszar, gdzie dociera
TSP	bardzo grube	> 10 µm	górne drogi oddechowe
PM ₁₀	grube	2,5 – 10 µm	górne drogi oddechowe i płuca
PM _{2.5}	drobne	0,1 – 2,5 µm	pęcherzyki płucne
PM _{0.1}	ultradrobne	< 0,1 µm	krwioobieg

Skróty: TSP - total suspended particulates, PM - particulate matter



Rycina 1
Depozycja PM w drogach oddechowych w zależności od wielkości cząstek.
Na podstawie: Sierra-Vargas MP, Teran LM: Air pollution: impact and prevention. *Respirology* 2012; 17: 1031-1038 – modyfikacja własna
PM deposition in the respiratory tract depending on particle size.
On the basis of Sierra-Vargas MP, Teran LM: Air pollution: impact and prevention. *Respirology* 2012; 17: 1031-1038 – own modification



Rycina 2
Efekt depozycji zanieczyszczeń powietrza w rejonie oskrzelowo – pęcherzykowym.
 Na podstawie: Sierra-Vargas MP, Teran LM: Air pollution: impact and prevention. *Respirology* 2012; 17: 1031-1038 – modyfikacja własna
 The effect of the deposition of air pollutants in the broncho - alveolar area.
 On the basis of Sierra-Vargas MP, Teran LM: Air pollution: impact and prevention. *Respirology* 2012; 17: 1031-1038 – own modification

Jak wynika z powyższych rozważań, narządem najbardziej ekspozycywnym na zanieczyszczenie powietrza są górne i dolne drogi oddechowe. Obecnie uważa się, że najistotniejszą rolę w odpowiedzi immunologicznej i reakcji ogólnoustrojowej odgrywa pył PM2.5, który dociera do pęcherzyków płucnych. Ultradrobne cząstki przedostają się także do układu krążenia, co powoduje negatywne skutki ze strony innych narządów (takich jak: serce, mózg, szpik kostny itp.). Ponadto, rozpuszczalne składniki cząstek stałych (np. metali) mogą przechodzić przez barierę nabłonkową i być rozprzestrzeniane po całym organizmie. Zanieczyszczenia mogą być usuwane z dróg oddechowych przez warstwę śluzu, jednak kiedy jest ich za dużo są fagocytowane przez makrofagi pęcherzykowe. Komórki te po aktywacji powodują uwalnianie mediatorów stanu zapalnego i czynników chemotaktycznych dla neutrofilów, co z kolei stymuluje powstanie reaktywnych form tlenu i azotu. Przebieg tej kaskady tej reakcji przedstawiono na rycinie 2 [9].

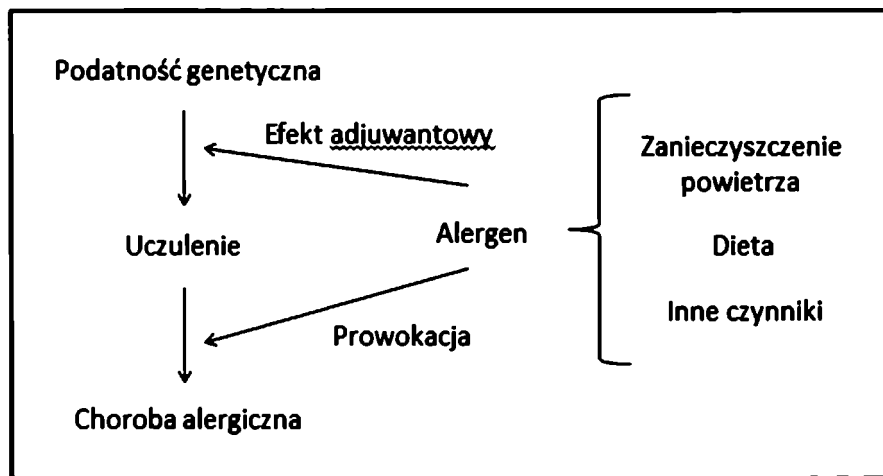
Zanieczyszczenia środowiska a alergeny

Uważa się, że rola zanieczyszczeń powietrza w wywoływaniu alergii polega zarówno na efekcie adiuwantowym na etapie

wywoływania uczulenia, jak i prowokacji alergicznej prowadzącej do rozwoju choroby alergicznej (Ryc. 3) [8]. Ekspozycja na naturalne alergeny wziewne, głównie pyłek roślin, często pokrywa się z wysokim stężeniem pyłu zawieszonego. Przeprowadzone w Zakładzie Alergologii Klinicznej

i Środowiskowej UJCM analizy sezonów pylkowych drzew i stężenia pyłu zawieszonego w Krakowie w latach 2010-2015 wykazały w 100% dni zbieżność wysokich stężeń pyłku olszy i leszczyny z pyłem PM 10, a w okresie pylenia brzozy w około 60% [10].

W połączeniu z czynnikami zanieczyszczającymi powietrze, alergeny mają większy potencjał uczulający. Cząsteczki zanieczyszczeń mogą być transportowane na powierzchni ziaren pyłku lub są zawieszone w powietrzu. Powodują reakcję z podrażnienia i ułatwiają wnikanie alergenu przez błony śluzowe oraz skórę. Zanieczyszczenia powietrza mogą zwiększyć wrażliwość na aeroalergeny przez bezpośredni wpływ na śluzówkę dróg oddechowych. Zaproponowano dwa główne mechanizmy działania: zwiększenie przepuszczalności nabłonka związane z uszkodzeniem oksydacyjnym i łatwiejszą penetracją alergenów oraz bezpośredni efekt adiuwantowy [11]. Badania naukowe potwierdzają znaczący związek między ekspozycją na PM 2,5 a uczuleniem na alergeny zewnątrzdomowe (pyłek traw i drzew). Nie wykazano natomiast takiej korelacji dla alergenów wewnątrzdomowych (roztocze kurzu domowego, sierść psa i kota) [12,13]. Kim i wsp. zaobserwowali znaczącą korelację między zmiennością zanieczyszczenia powietrza i ekspozycją na naturalny pyłek a liczbą wizyt ambulatoryjnych pacjentów z chorobami alergicznymi spowodowanymi uczuleniem na drzewa i/lub chwasty [14]. Zanieczyszczenie powietrza związane z ruchem samochodowym (TRAP - traffic-related air pollutants) wpływają na spadek parametrów wentylacyjnych płuc, mogą się też przyczyniać do rozwoju astmy, alergicznego nieżytu nosa, wyprysku, powodując zaostrzenia astmy [15]. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO - World Health Organization) w swoich rekomendacjach podaje dla zaostrzeń astmy współczynnik ryzyka RR = 1,028 (1,006–1,051) dla średniej dobowej 10 µg/



Rycina 3
Efekt adiuwantowy zanieczyszczeń powietrza w rozwoju alergii.
 Na podstawie: Kim BJ, Hong SJ: Ambient air pollution and allergic diseases in children. *Korean J Pediatr.* 2012; 55: 185-192 – modyfikacja własna
 Adjuvant effect of air pollution in the development of allergy.
 On the basis of Kim BJ, Hong SJ: Ambient air pollution and allergic diseases in children. *Korean J Pediatr.* 2012; 5: 185-192 – own modification.

m³ PM10 [16]. Należy zaznaczyć jednak, że wyniki badań są trudne do porównywania ze względu na niejednorodność metodyki, a część z nich nie wykazała związku między długookresową ekspozycją na zanieczyszczenia powietrza oraz częstością występowania astmy [17].

Zanieczyszczenia środowiska a odpowiedź immunologiczna

Stwierdzono, że spaliny silników Diesla (DEP - diesel exhaust particles) zwiększają aktywność komórek nabłonka dróg oddechowych, limfocytów Th2 i Th17 oraz komórek dendrytycznych do produkcji IL-1 β , IL-4, IL-6, IL-8, IL-13, IL-17A. Uważa się, że profil Th2/Th17 limfocytów jest związany z zaostrzeniem przebiegu astmy oraz nasileniem jej stopnia ciężkości [15]. Stwierdzono, że DEP nasilają w komórkach nabłonka oddechowego u pacjentów z astmą produkcję interleukiny IL-8, GM-CSF i sICAM-1, które są czynnikami chemotaktycznymi dla komórek tucznych, eozynofiliów, limfocytów i neutrofilów. Ekspozycja na DEP i policykliczne węglowodory aromatyczne (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH) powoduje wzrost ilości limfocytów Th22 w sposób zależny od aktywacji arylowego receptora węglowodorowego (Ahr - Aryl hydrocarbon receptor,). Podobna kaskada reakcji została udowodniona dla mediowanej przez roztocze kurzu domowego indukcji GM-CSF przez komórki ludzkiego nabłonka oskrzelowego, co pokazuje że jest to część szlaku odpowiedzi na czynniki stresowe (Rycina 4) [18]. Badania nad wpływem DEP oraz PAH na aktywację bazyfilów u osób uczulonych na pyłek brzozy wykazały nasilenie ekspresji receptorów CD63 bazyfilów [19-21]. Schober i wsp. [19,20] stymulowali bazyfile in vitro także

wybranymi cząsteczkami: bezno(alfa)pirenem i fenantrenem, co istotnie nasilało sekcję cytokin IL-4 i IL-8 oraz wydzielanie histaminy, nawet bez dodania antygeny pyłkowego.

Zanieczyszczenia środowiska a geny

Badania pokazują, że zanieczyszczenia powietrza indukują zmiany epigenetyczne i w tym mechanizmie prawdopodobnie wpływają na ryzyko rozwoju chorób alergicznych. W eksperymentalnych doświadczeniach na myszach ekspozycja na DEP powodowała zmianę metylacji genów dla limfocytów T pomocniczych. W efekcie dochodziło do zmniejszonego wydzielania IFN- γ i wzrostu IL-4 oraz produkcji immunoglobuliny IgE u myszy uczulonych na alergen grzybów *Aspergillus fumigatus* ekspozowanych dodatkowo na DEP. Należy podkreślić, że zmiany epigenetyczne związane z zanieczyszczeniem środowiska wpływają nie tylko na fizjologiczną adaptację do zmieniających się warunków w jakich żyjemy, ale także przy nadmiernej ekspozycji zwiększają wrażliwość naszego organizmu na szkodliwe substancje. Uważa się, że zmiany w ekspresji microRNA są kluczowym czynnikiem mediującym odpowiedź na zanieczyszczenia. Dlatego też poznanie mechanizmów epigenetycznych, które są odpowiedzialne za podatność na szkodliwe czynniki zewnętrzne może być w przyszłości kluczem do prewencji alergii [22].

Zanieczyszczenia środowiska a choroby alergiczne u dzieci

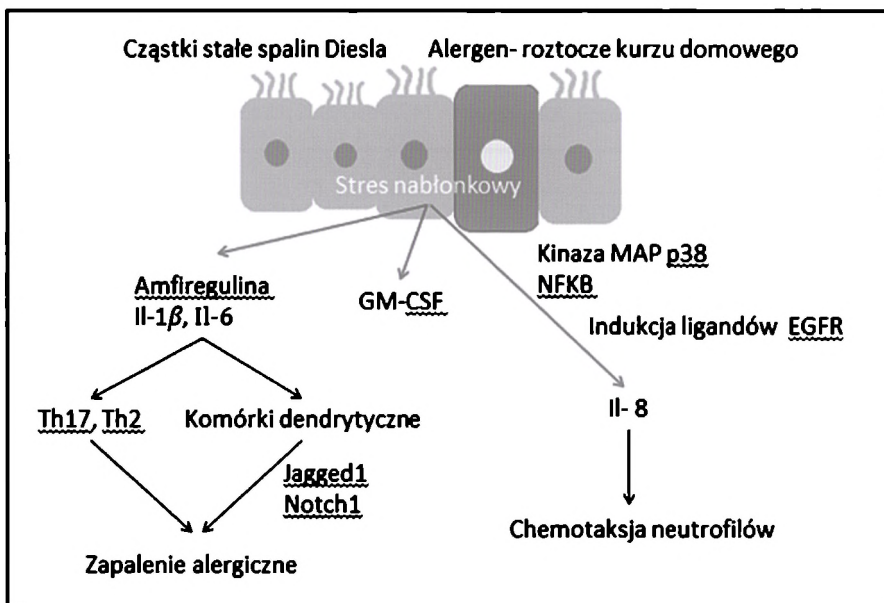
Dzieci z powodu nie w pełni rozwiniętych układów odpornościowego i od-

dechowego są szczególnie wrażliwe na negatywny wpływ zanieczyszczeń powietrza. Wdychają one większą ilość TRAP w przeliczeniu na powierzchnię ciała niż dorośli [15]. Przegląd systematyczny 13 badań opublikowany przez Braback i wsp. [23] potwierdza udział zanieczyszczeń powietrza w etiologii alergicznych objawów z dróg oddechowych u zdrowych dzieci. Udowodniono, że prenatalna ekspozycja na TRAP wiąże się z rozwojem astmy, a narażenie w ciąży na PAH zwiększa ryzyko uczuleń i wczesnych świstów u dzieci [24].

Badania naukowe pokazują, że zamieszkanie w zanieczyszczonym rejonie bezpośrednio po urodzeniu dziecka wiąże się ze zwiększonym ryzykiem przejściowego lub trwałego świszczącego oddechu, a ciągłe narażenie od pierwszych dni życia do 7 r.ż. istotnie zwiększa ryzyko astmy. Wysoki poziom ekspozycji na TRAP w 1 roku życia zwiększa ryzyko rozwoju alergii wziewnej do 4 r.ż. oraz alergii pokarmowej do 8 r.ż. [25]. Narażenie na czynniki takie jak PM10, NO₂, NOx, CO jest związane ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia wyprysku. Skutki narażenia na zanieczyszczenia powietrza mogą ujawnić się z opóźnieniem wynoszącym około 3 lata i mieć trwały efekt [25]. Brandt i wsp. [26] w swoich badaniach stwierdzili, że DEP powodują u noworodkowych myszy rozwój alergii na roztocze kurzu domowego. Myszy były bezpośrednio po porodzie ekspozowane na roztocza kurzu domowego (HDM - house dust mite) i/lub DEP. Wtórne narażenie na HDM przez 4 tygodnie indukowało nadreaktywność oskrzeli tylko u myszy po wcześniejszym kontakcie łącznie z HDM i DEP, ale nie z samym HDM.

Zanieczyszczenia środowiska a choroby alergiczne u dorosłych

Nie ulega wątpliwości, że zanieczyszczenia powietrza wywołują też negatywny wpływ na osoby dorosłe. TRAP może zmniejszać funkcje płuc oraz przyczyniać się do rozwoju i zaostrzeń astmy, a także nasilać objawy wyprysku [15]. W badaniu Vimercati i wsp. [27] stwierdzono wyższy odsetek osób uczulonych na naturalne alergeny w grupie narażonych w pracy na działanie TRAP. Autorzy oceniali występowanie chorób alergicznych u 111 pracowników ruchu drogowego i porównywali z grupą kontrolną 101 zatrudnionych w administracji. U badanych wykonano: spirometrię, pomiar stężenia swoistej immunoglobuliny E (sIgE), testy skórne punktowe, cytologię nosa oraz test prowokacji donosowej z dodatnimi w testach alergenami. W grupie badanej, 60% pracowników narażonych na TRAP miało pozytywne wyniki testów alergologicznych, a u ponad połowy z nich rozpoznano chorobę alergiczną. Osoby poruszające się w pracy na motocyklach miały częściej alergię w porównaniu do pracowników jeżdżących samochodem. Autorzy sugerują, że testy alergologiczne powinny być zawarte w protokołach nadzoru zdrowotnego dla pracowników narażonych na działanie zanieczyszczeń środowiska zewnętrznego [27].



Rycina 4

Mechanizm immunologiczny wpływu zanieczyszczeń powietrza na nabłonek oskrzelowy.

Na podstawie: Brandt EB, Biagini Myers JM, Ryan PH, Khurana Hershey GK: Air pollution and allergic diseases. Curr Opin Pediatr. 2015; 27: 724-735 – modyfikacja własna.

Immune mechanism of air pollution influence on bronchial epithelium.

On the basis of Brandt EB, Biagini Myers JM, Ryan PH, Khurana Hershey GK: Air pollution and allergic diseases. Curr Opin Pediatr. 2015; 27: 724-735 – own modification.

Metody pomiaru ilości zanieczyszczeń

W celu zobjektywizowania wpływu zanieczyszczeń powietrza na ludzi dokonuje się pomiarów ich ilości w środowisku. Złotym standardem oceny narażenia na TRAP jest pomiar indywidualnej ekspozycji oraz ocena stężenia markerów PAH we krwi lub moczu [15].

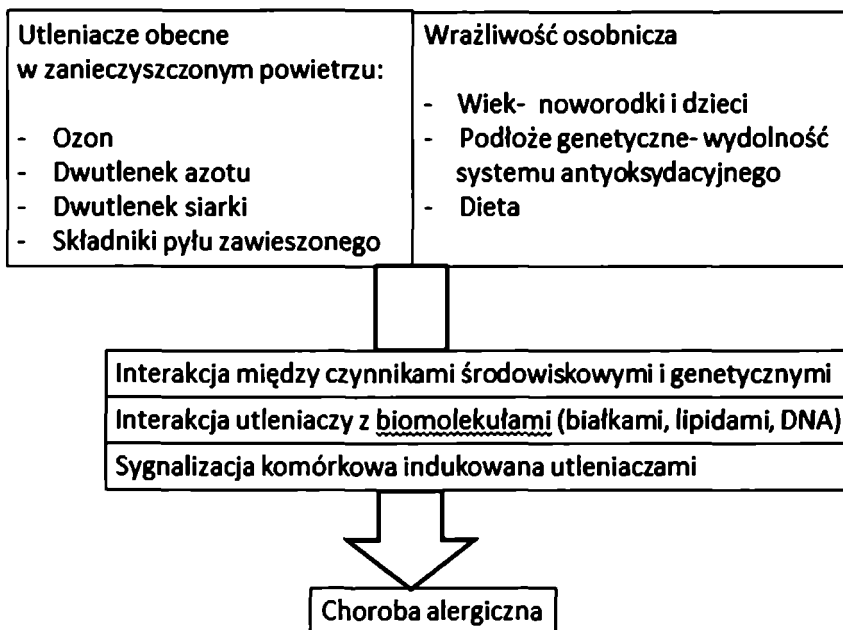
Popularną metodą oceny narażenia na TRAP jest pomiar odległości miejsca zamieszkania od dużych dróg komunikacyjnych. Analiza wyników „Badania Zdrowia Dzieci w Południowej Kalifornii” obejmującego 11 365 uczniów wskazuje, że ekspozycja na wyższe stężenia NO₂ i bliskość autostrad zwiększają częstość występowania astmy [28].

Kolejne badanie obejmujące 5 443 dzieci z Korei w wieku 6-14 lat pokazało, że zamieszkanie do 200 metrów od głównych dróg w porównaniu do mieszkania w odległości ≥254 m. wiąże się ze zwiększeniem epizodów świstów, astmy oraz pogorszeniem funkcji płuc [29]. W Krakowie wykazano także większą częstość zarówno astmy, jak i ANN u respondentów mieszkających w odległości poniżej 200 m., w porównaniu do mieszkających powyżej 200 m. od głównych traktów komunikacyjnych [30]. Badania te cechuje jednak niejednorodność wyników.

Dlatego zalecana jest technika LUR (land-use regression model), która wykorzystuje dane o poziomach stężeń zanieczyszczeń powietrza pochodzące z 40-60 stanowisk pomiarowych. Model uwzględnia również dane przestrzenne takie jak np.: strumienie ruchu, łączną długość dróg, charakterystyki ruchu samochodów ciężarowych, gęstość zaludnienia i powierzchnię terenu. Pierwsze modele LUR służyły do pomiaru stężeń NO₂ i rzadziej PM, obecnie uwzględniają także poszczególne komponenty PM, ultradrobne cząstki, PAH i sadzę. Najnowsze technologie łączą LUR z określeniem dokładnej lokalizacji pacjenta przez zastosowanie nawigacji GPS [31].

Ochrona przed zanieczyszczeniami

Ochrona przed zanieczyszczeniami zależy od wydolności systemu antyoksydacyjnego, która związana jest m.in. z dietą. Substancje gazowe (O₃, SO₂ i NO₂) oraz cząstki stałe (PM i DEP) tworzą reaktywne formy tlenu (ROS - Reactive Oxygen Species), takie jak aniony nadtlenkowe, nadtlenek wodoru i rodniki hydroksylowe. Zaburzenia równowagi między ROS a przeciwutleniaczami prowadzą do rozwoju stresu oksydacyjnego. Jego konsekwencją jest szereg reakcji chemicznych w konsekwencji powodujących stan zapalny w organizmie, uszkadzających błonę komórkową i prowadzących do śmierci komórki [15]. W badaniach Romieu i wsp. dieta bogata w przeciwutleniacze okazała się być związana z niższą częstością występowania alergii. Autorzy w grupie dzieci z astmą (n = 158), które były mieszkańcami miasta Meksyk podawali losowo antyoksydanty (50 mg dziennie witaminy E i 250 mg dziennie witaminy C) lub placebo w okresie od października 1998 r. do kwietnia 2000 r. Badania czynności płuc przeprowadzono dwa razy w ty-



Rycina 5

Czynniki wpływające na rozwój choroby alergicznej pod wpływem zanieczyszczeń powietrza.

Na podstawie: Kim BJ, Hong SJ: Ambient air pollution and allergic diseases in children. Korean J Pediatr. 2012; 55: 185-192 – modyfikacja własna.

Factors influencing the development of allergic disease caused by air pollution.

On the basis of Kim BJ, Hong SJ: Ambient air pollution and allergic diseases in children. Korean J Pediatr. 2012; 55: 185-192 – own modification.

godniu. Autorzy obserwowali znaczne różnice w zmniejszaniu natężonego przepływu wydechowego (FEF - forced expiratory flow) i szczytowego przepływu wydechowego (PEF - peak expiratory flow) między grupami. W grupie badanych przyjmujących witaminy nie zaobserwowali związku między stężeniem ozonu, a parametrami spirometrycznymi. Badacze stwierdzili, że suplementacja przeciwutleniaczami poprawia funkcje płuc u dzieci ekspozowanych na wysokie zanieczyszczenie powietrza. Prawdopodobnie ma to związek z modulacją wpływu ozonu na zapalenie w małych drogach oddechowych szczególnie dzieci z astmą umiarkowaną lub ciężką [32].

Podsumowanie

Ekspozycja na zanieczyszczenia powietrza prowadzi do powstawania nowych uczuleń oraz do rozwoju i zaostrzenia astmy oskrzelowej, ANN, wyprysku, alergii pokarmowej. Niekorzystne skutki TRAP, w tym rozwój chorób alergicznych zależą od wrażliwości osobniczej, na którą wpływają: uwarunkowania genetyczne, wiek, wydolność antyoksydacyjna organizmu i dieta (Ryc. 5). Bez wątpliwości najbardziej podatne na negatywny wpływ środowiska są dzieci i ludzie starsi. Ograniczenie ekspozycji na zanieczyszczenia i profilaktyka są ważne z punktu widzenia zdrowia społeczeństwa i ekonomii. Możliwe do uniknięcia koszty pośrednie braku prawidłowego leczenia chorób alergicznych w Unii Europejskiej szacuje się na 55-151 mld euro rocznie. Konieczne są działania zwiększające wiedzę o wpływie zanieczyszczeń na organizm człowieka oraz zmierzające do ograniczenia ich ilości w środowisku [33].

Praca finansowana z K/ZDS/004586.

Piśmiennictwo

1. **Plusa T:** Współczesne zagrożenia i obciążenia chorobami układu oddechowego w Polsce. Pol Merkur Lekarski. 2013; 35: 287-291.
2. **Pawankar R:** Allergic diseases and asthma: a global public health concern and a call to action. WAO J. 2014; 7: 12-14.
3. **Hatzler L, Hofmaier S, Papadopoulos NG:** Allergic airway diseases in childhood - marching from epidemiology to novel concepts of prevention. Pediatr Allergy Immunol. 2012; 23: 616-622.
4. **Samoliński B, Raciborski F, Tomaszewska A, Szpak, Emeryk A. et al:** Epidemiology of allergic diseases in Poland - ECAP study. Allergy 2008; Supp.88: 626-627.
5. **Czarnobilska E, Mazur M:** Wpływ zanieczyszczenia środowiska na występowanie chorób alergicznych u dzieci i młodzieży szkolnej w Krakowie. Lekarz Wojskowy 2016; 94: 32-39.
6. **Mazur M, Czarnobilska E:** Wpływ zanieczyszczenia powietrza na rozwój chorób alergicznych. Przegl Lek. 2016; 73: 823-825.
7. **Künzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Chanel O. et al:** Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. Lancet 2000; 356: 795-801.
8. **Wilczyńska-Michalik W, Michalik M:** Skład i pochodzenie cząstek pyłów w powietrzu atmosferycznym w Krakowie. Aura 2015; 3: 12-16.
9. **Sierra-Vargas MP, Teran LM:** Air pollution: impact and prevention. Respirology 2012; 17: 1031-1038.
10. **Ziemianin M, Myszkowska D, Piotrowicz K, Czarnobilska:** Ekspozycja na pyłek olchy, leszczyny i brzozy, a stężenie pyłu zawieszzonego PM10 w Krakowie w latach 2010-2015. Przegl Lek. 2016; 73: 802-808.
11. **Schiavoni G, D'Amato G, Afferdi C:** The dangerous liaison between pollens and pollution in respiratory allergy. Ann Allergy Asthma Immunol. 2017; 118: 269-275.
12. **Bowatte G, Lodge C, Lowe AJ, Erbas B, Perret J. et al:** The influence of childhood traffic-related air pollution exposure on asthma, allergy and sensitization: a systematic review and a meta-

- analysis of birth cohort studies. *Allergy* 2015; 70: 245-256.
13. **Brunst KJ, Ryan PH, Brokamp C, Bernstein D, Reponen T. et al:** Timing and Duration of Traffic-related Air Pollution Exposure and the Risk for Childhood Wheeze and Asthma. *Am J Respir Crit Care Med.* 2015; 192: 421-427.
 14. **Kim H, Park Y, Park K, Yoo B:** Association between Pollen Risk Indexes, Air Pollutants, and Allergic Diseases in Korea. *Osong Public Health Res Perspect.* 2016; 7: 172-179.
 15. **Brandt EB, Biagini Myers JM, Ryan PH, Khurana Hershey GK:** Air pollution and allergic diseases. *Curr Opin Pediatr.* 2015; 27: 724-735.
 16. **Héroux ME, Anderson HR, Atkinson R, Brunekreef B, Cohen A. et al:** Quantifying the health impacts of ambient air pollutants: recommendations of a WHO/Europe project. *Int J Public Health* 2015; 60: 619-627.
 17. **Andersen ZJ, Hvidberg M, Jensen SS, Ketzel M, Loft S. et al:** Chronic obstructive pulmonary disease and long-term exposure to traffic-related air pollution: a cohort study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011; 183: 455-161.
 18. **Carlsten C, Blomberg A, Pui M, Sandstrom T, Wong SW. et al:** Diesel exhaust augments allergen-induced lower airway inflammation in allergic individuals: a controlled human exposure study. *Thorax* 2016; 71: 35-44.
 19. **Schober W, Belloni B, Lubitz S, Eberlein-König B, Bohn P:** Organic extracts of urban aerosol (\leq PM_{2.5}) enhance rBet v 1-induced upregulation of CD63 in basophils from birch pollen-allergic individuals. *Toxicol Sci.* 2006; 90: 377-384.
 20. **Schober W, Lubitz B, Belloni B, Gebauer G, Lintelmann J. et al:** Environmental polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) enhance allergic inflammation by acting on human basophils. *Inhal Toxicol.* 2007; 19: 151-156.
 21. **Lubitz S, Schober W, Pusch G, Effner R, Klopp N. et al:** Polycyclic aromatic hydrocarbons from diesel emissions exert proallergic effects in birch pollen allergic individuals through enhanced mediator release from basophils. *Environ Toxicol.* 2010; 25: 188-197.
 22. **Liu J, Ballaney M, Al-alem U, Quan C, Jin X. et al:** Combined inhaled diesel exhaust particles and allergen exposure alter methylation of T helper genes and IgE production in vivo. *Toxicol Sci.* 2008; 102: 76-81.
 23. **Braback L, Forsberg B:** Does traffic exhaust contribute to the development of asthma and allergic sensitization in children: findings from recent cohort studies. *Environ Health* 2009; 8: 17-28.
 24. **Jedrychowski WA, Perera FP, Mauger U, Mrozek-Budzyn D, Mroz E. et al.:** Intrauterine exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons, fine particulate matter and early wheeze. Prospective birth cohort study in 4-year olds. *Pediatr Allergy Immunol.* 2010; 21: 723-732.
 25. **Brunst KJ, Ryan PH, Brokamp C, Bernstein D, Reponen T. et al:** Timing and Duration of Traffic-related Air Pollution Exposure and the Risk for Childhood Wheeze and Asthma. *Am J Respir Crit Care Med.* 2015; 192: 421-427.
 26. **Brandt EB, Biagini Myers JM, Acciani TH, Ryan PH, Sivaprasad U. et al:** Exposure to allergen and diesel exhaust particles potentiates secondary allergen-specific memory responses, promoting asthma susceptibility. *J Allergy Clin Immunol.* 2015; 136: 295-303.
 27. **Vimercati L, Gatti MF, Baldassarre A, Nettis E, Favio N. et al:** Occupational Exposure to Urban Air Pollution and Allergic Diseases. *Int J Environ Res Public Health* 2015; 12: 12977-12987.
 28. **Chen Z, Salam MT, Eckel SP, Breton CV, Gilliland FD:** Chronic effects of air pollution on respiratory health in Southern California children: findings from the Southern California Children's Health Study. *J Thorac Dis.* 2015; 7: 46-58.
 29. **Jung DY, Leem JH, Kim HC, Kim JH, Hwang SS. et al:** Effect of Traffic-Related Air Pollution on Allergic Disease: Results of the Children's Health and Environmental Research. *Allergy Asthma Immunol Res.* 2015; 7: 359-366.
 30. **Porebski G, Woźniak M, Czarnobilska E:** Residential proximity to major roadways is associated with increased prevalence of allergic respiratory symptoms in children. *Ann Agric Environ Med.* 2014; 21: 760-766.
 31. **Kim BJ, Hong SJ:** Ambient air pollution and allergic diseases in children. *Korean J Pediatr.* 2012; 55: 185-192.
 32. **Romieu I, Sierra-Monge JJ, Ramirez-Aguilar M, Téllez-Rojo MM, Moreno-Macias H. et al:** Antioxidant supplementation and lung functions among children with asthma exposed to high levels of air pollutants. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002; 166: 703-709.
 33. **Ng CL, Wang DY:** Latest developments in allergic rhinitis in allergy for clinicians and researchers. *Allergy* 2015; 70: 1521-1530.