

Narażenie na kadm w okresie pre- i postnatalnym – jego wpływ na płodność i na zdrowie dzieci

Pre- and postnatal exposure to cadmium – its impact on fertility and the children's health

Tomasz Jastrzębski^{1 (a, b)}, Anna Kowalska^{1 (b)}, Iwona Szymala^{1 (b)}, Aleksandra Żelazko^{2 (b)}, Joanna Domagalska^{2 (b)}

¹ Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Katedra Zdrowia Środowiskowego – doktorant

² Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Zakład Toksykologii i Ochrony Zdrowia w Środowisku Pracy, Katedra Toksykologii i Uzależnień – doktorantka

^(a) koncepcja

^(b) opracowanie tekstu i piśmiennictwa

STRESZCZENIE

Rozwój cywilizacyjny, urbanizacja oraz uprzemysłowienie mogą prowadzić do znacznego zanieczyszczenia środowiska naturalnego kadmem (Cd). Autorzy zwrócili uwagę na możliwe przyczyny i skutki zanieczyszczeń środowiskowych Cd oraz ich wpływ na zdrowie człowieka, ze szczególnym uwzględnieniem populacji dzieci. Artykuł przedstawia aktualny stan wiedzy na temat prenatalnego i postnatalnego narażenia na kadm oraz jego toksycznego wpływu na funkcje rozrodcze. Omówiono działania profilaktyczne w zakresie ekspozycji na kadm w świetle zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia, rekomendacji Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska oraz w kontekście realizacji celów Narodowego Programu Zdrowia.

Słowa kluczowe: kadm, toksyczność, dzieci, prewencja.

ABSTRACT

The progress of civilization, urbanization, and industrialization may lead to significant risk of cadmium pollution in the natural environment. The authors draw attention to the likely causes and effects of environmental pollution with cadmium and its impact on human health with a special focus on children. The paper presents the current state of knowledge on prenatal and postnatal exposure to cadmium and its toxic effects on reproductive function. Prophylactics regarding exposure to cadmium are discussed in light of the recommendations of the World Health Organisation and the Environmental Protection Agency and in the context of achieving the goals of the National Health Programme.

Key words: cadmium, toxicity, children, prevention.

WSTĘP

Kadm (nazwa pochodzi od słowa *kadmeia*, będącego grecką nazwą rudy cynku – kalaminu, w której kadm został wykryty) jest przedstawicielem grupy metali ciężkich, tj. pierwiastków o gęstości powyżej 4,5 g/cm³, występujących w sposób naturalny w środowisku człowieka. Należy do „czarnej strefy” metali ciężkich, której mianem określane są pierwiastki, w przypadku których nie wykazano żadnego pozytywnego działania, a wręcz przeciwnie – po-

wodują wyłącznie rozwój patologicznych zjawisk zachodzących w ludzkim organizmie. Do „czarnej strefy” zaliczamy również ołów, rtęć czy arsen.

Kadm występuje w śladowych ilościach jako naturalny składnik skorupy ziemskiej, jego zawartość wzrasta w wyniku aktywności wulkanów oraz wietrzenia termicznego skał i minerałów. W wyniku antropopresji, ekspozycja na kadm ulega wzrostowi. Pierwiastek ten powszechnie wykorzystywany jest w procesach technologicznych, w wielu gałęziach przemysłu i rolnictwie. Dostaje się do środowiska

również w związku z postępującą urbanizacją i niekontrolowaną emisją niską. Prócz ekspozycji zawodowej, głównym źródłem narażenia na kadm jest żywność (głównie zboża i warzywa), migracja z materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością, zanieczyszczenie powietrza oraz palenie papierosów (w tym bierne palenie) [1].

Omawiany pierwiastek charakteryzuje się zdolnością bioakumulacji w środowisku, jego zawartość udowodniono zarówno w produktach roślinnych, jak i tkankach zwierzęcych. Zdolność do akumulacji kadmu w roślinach zależy w głównej mierze od jego ilości w glebie, gatunku, odmiany, części rośliny oraz okresu rozwoju (w okresie wegetacyjnym jest ona największa). Najwyższe stężenia kadmu stwierdza się w warzywach korzeniowych i roślinach motylkowych, a także w zbożach uprawianych w rejonach silnie uprzemysłowionych [1]. Produkty zwierzęce charakteryzują się zróżnicowaną zawartością kadmu. Mięso ryb, mięczaków, ostryg i skorupiaków zawiera kadm w ilości od 0,01 do 0,02 mg/kg, natomiast jeszcze wyższą jego zawartością odznaczają się podroby zwierząt rzeźnych (0,2–1,6 mg/kg) [2]. Ilość kadmu pobrana z pokarmem przez człowieka jest zróżnicowana i zależy od rodzaju oraz stopnia skażenia pożywienia oraz nawyków żywieniowych.

Średnie narażenie tygodniowe w krajach Unii Europejskiej wynosi 1,9–3,0 µg/kg masy ciała, a w przypadku grup szczególnie narażonych na ekspozycję na kadm sięga nawet 3,9 µg/kg masy ciała [2, 3]. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA), Panel ds. Zanieczyszczeń w Łańcuchu Żywnościowym wskazał, że wartość tygodniowego tolerowanego pobrania kadmu (TWI) wynosi 2,5 µg/kg m.c. [4]. Ekspozycja dzieci i młodzieży na toksyczne działanie kadmu jest większa, przede wszystkim z powodu stosunkowo wyższego spożycia na jednostkę masy ciała. Wegetarianie, ze względu na małe zróżnicowanie spożywanych produktów i brak w diecie żywności pochodzenia zwierzęcego, są również narażeni na wyższe pobranie kadmu [4].

Kadm odznacza się niezwykle toksycznością w stosunku do organizmów żywych. Największe uszkodzenia powoduje w narządach, w których łatwo się kumuluje, tj. wątrobie, nerkach, kościach, jądrach. Dzieci, jako grupa bardzo wrażliwa, która znajduje się w fazie intensywnego wzrostu i rozwoju, jest niezwykle podatna na negatywny wpływ tego pierwiastka. Niniejsza praca stanowi omówienie szkodliwego wpływu kadmu na populację dziecięcą, z podziałem na ekspozycję prenatalną i postnatalną, dotyczy rozpowszechnionego problemu palenia kobiet w czasie ciąży (w tym biernego palenia), a także rozpatruje kwestię obecnych działań profi-

laktycznych oraz wskazuje potencjalny kierunek przyszłościowych wdrożeń w tym zakresie.

NARAŻENIE NA KADM A FUNKCJE ROZRODCZE

Prowadzone w ostatnich dekadach badania epidemiologiczne wyraźnie wskazują na znaczne upośledzenie płodności mężczyzn. Zjawisko to coraz częściej jest łączone z narastającym narażeniem na działanie toksyn środowiskowych, które mają negatywny wpływ na gonady [5]. Szczególną uwagę badacze poświęcają metalom ciężkim, które ze względu na rozpowszechnienie w środowisku i toksyczność stanowią istotny czynnik ryzyka. Szczególnie niekorzystny wpływ na działanie męskiego układu rozrodczego wykazuje kadm [6]. Pierwiastek ten jest jednym z wielu czynników upośledzających funkcje jąder. Jądra biorą udział w dwóch zasadniczych procesach – wytwarzaniu hormonów płciowych oraz spermato- i spermiogenezie [5].

Narażenie na kadm już w okresie płodowym może wpływać na zaburzenia organogenezy, zstępowania jąder i tym samym może być przyczyną zmian morfologicznych i funkcjonalnych jąder, które to zmiany ujawniają się dopiero w życiu dorosłym [7]. Mechanizmy toksycznego działania kadmu w jądrach są złożone. Do tej pory niewyjaśniony pozostaje wpływ tego pierwiastka na komórki Leydiga. Przypuszcza się, że kluczową rolę może odgrywać uszkodzenie śródbłonna naczyniowego, który jest szczególnie wrażliwy na ten metal. Badania histopatologiczne potwierdzają uszkodzenia naczyń krwionośnych w jądrach [5]. Ekspozycja na kadm może wywoływać stres oksydacyjny indukowany przez nadmiar wolnych rodników tlenowych, powodując tym samym powstanie reakcji zapalnej, która niewątpliwie jest jedną z głównych przyczyn uszkodzenia jąder [5,6]. Zmiany morfologiczne w jądrach, wywołane toksycznym działaniem kadmu, obejmują śródmiąższowy obrzęk i martwicę w kanalikach nasiennych, co hamuje syntezę testosteronu i upośledza spermatogenezę [8]. Dodatkowo działanie tego metalu może powodować apoptozę, a w większych dawkach nekrozę komórkową, prowadząc do obniżenia populacji komórek rozrodczych i najczęściej, nieodwracalnych zmian w funkcjonowaniu jąder, a tym samym do upośledzenia płodności [9]. Kolejnym z istotnych mechanizmów toksycznego działania tego metalu są również uszkodzenia połączeń międzykomórkowych i bariery krew-jądro w komórkach Sertoliego, które są niezbędne do prawidłowego przebiegu procesu spermatogenezy [5].

W badaniach prowadzonych przez Akinloye i wsp. wykazano, że poziom stężenia kadmu w nasieniu niepłodnych Nigeryjczyków był istotnie wyższy niż w grupie kontrolnej płodnych mężczyzn. Ponadto stwierdzono, że wyższy poziom kadmu koreluje z mniejszą objętością nasienia. Po raz pierwszy w tych badaniach wskazano ekspozycje na kadm jako możliwy czynnik upośledzający płodność u mężczyzn [10]. Ponadto Telisman i wsp. wykazali, że nawet umiarkowane narażenie na kadm (stężenie Cd we krwi $<10 \mu\text{g/l}$) może znacząco pogarszać jakość nasienia (liczebność, ruchliwość i przeżywalność plemników) [11]. Badania prowadzone wśród populacji chińskiej przez Lu i wsp. wskazują, że wyższy poziom tego pierwiastka we krwi hamuje syntezę testosteronu, co może istotnie wpłynąć na zdolności reprodukcyjne mężczyzn [12].

Szczególnie niekorzystny wpływ kadmu na upośledzenie płodności obserwuje się u palaczy tytoniu. Palenie, oprócz ekspozycji zawodowej i ciągle rosnącej ekspozycji środowiskowej stanowi jedno z najbardziej istotnych źródeł narażenia. Chaturvedi i wsp. wskazują, że zwiększenie ekspozycji na kadm związane z nałogiem może pogorszyć parametry nasienia – jego objętość i liczbę plemników [13].

Wpływ kadmu na płodność kobiet jest zdecydowanie mniej rozpoznany niż u mężczyzn, jednakże są opublikowane dane dotyczące wpływu tego pierwiastka na zaburzenia hormonalne, które indukują atrezję pęcherzyków jajnikowych i zmniejszają tzw. rezerwę jajnikową [14]. Zaburzenia układu endokrynnego częściej obserwowane u kobiet palących, są przyczyną kobiecej bezpłodności. Dodatkowo u palących kobiet obserwuje się nieprawidłowe cykle menstruacyjne, cykle bezowulacyjne oraz zaburzenia wzrostu i dojrzewania pęcherzyków jajnikowych [15].

NARAŻENIE NA KADM W OKRESIE PRENATALNYM – SKUTKI ZDROWOTNE

Negatywne skutki ekspozycji na kadm u dorosłych są dobrze opisane w literaturze, natomiast doniesienia na temat szkodliwego działania tego metalu ciężkiego na płód podczas ciąży nie są jednoznaczne [16]. Głównym źródłem narażenia płodu na kadm jest dieta matki oraz dym tytoniowy, na które dziecko jest narażone zarówno w życiu płodowym podczas palenia tytoniu przez ciężarną kobietę lub przebywania w towarzystwie palaczy, jak i po narodzeniu poprzez narażenie na bierne palenie [17, 18]. W celu uniknięcia negatywnych skutków zdrowotnych zarówno w okresie prenatalnym, post-

natalnym oraz wczesnym dzieciństwie, a także w późniejszym wieku, związanych z akumulowaniem się kadmu w organizmie, należy ograniczyć jego ekspozycję między innymi poprzez zmniejszenie podaży kadmu z dietą oraz unikania przez ciężarną kobietę zarówno palenia biernego jak i czynnego [17, 19, 20].

Przeprowadzone badania wykazały, że narażenie na kadm w okresie prenatalnym ma niekorzystny wpływ na nienarodzone dziecko, gdyż częściowo przenika on przez barierę łożyskową [16, 21]. Badania wykazały, że stężenie kadmu we krwi pępowinowej może wynosić od 10% do 70% stężenia tego metalu ciężkiego obecnego w krwi matki. Przyczyna takiego zróżnicowania nie została w pełni zidentyfikowana [21]. Badania prowadzone przez Lin i wsp. wśród tajwańskich kobiet dowiodły, że kadm niełatwo pokonuje barierę łożyskową przenikając do płodu [16]. Wykazano również, że narażenie na kadm poprzez spożycie zanieczyszczonej żywności w okresie ciąży kobiet niepalących może mieć niekorzystny wpływ na obwód głowy noworodków oraz na dalszy rozwój dziecka w pierwszych trzech latach życia [16]. Kippler i wsp. oznaczali poziom stężenia kadmu oraz wybranych mikroelementów w łożyskach kobiet niepalących. Naukowcy dowiedli, że ekspozycja matki na kadm obecny w żywności może mieć szkodliwy wpływ na płód poprzez zaburzenia przekazywania niezbędnych pierwiastków do prawidłowego rozwoju [21]. Podwyższony poziom stężenia kadmu w łożysku osłabia transport cynku do płodu [21], zaburza metabolizm wapnia i witaminy D [17] co może mieć wpływ na wzrost i rozwój płodu [21]. W badaniach Llanos i wsp. wykazano, że w łożyskach noworodków z niższą wagą urodzeniową oznaczono wyższy poziom kadmu niż w łożyskach pochodzących od niemowląt z normalną wagą urodzeniową [22]. Zahamowanie wzrostu płodu może być związane z zaburzeniami czynności łożyska skutkując zahamowaniem transferu składników odżywczych niezbędnych do prawidłowego rozwoju płodu [22]. Akesson i wsp. analizowali stężenie kadmu we krwi, moczu oraz w łożysku w stosunku do poziomu żelaza u kobiet przez dwa lata począwszy od wczesnej ciąży [23]. Przeprowadzone badania wykazały, że niedobór żelaza w czasie ciąży prowadzi do zwiększonego wchłaniania kadmu i obciążenia ciała [23]. Badania Yang i wsp. dostarczyły dowodów, że kadm powoduje oksydacyjne uszkodzenie komórek w płucnych fibroblastach płodów ludzkich [24]. Uzyskane wyniki pokazują, że ekspozycja na kadm zwiększa produkcję wolnych rodników, które prowadzą do peroksydacji lipidów oraz utraty potencjału błony mitochondrialnej, co

w ostateczności może spowodować uszkodzenie i śmierć komórki [24]. Wang i wsp. sugerują, że prenatalna ekspozycja na niski poziom kadmu ma negatywny wpływ na rozwój neurologiczny [19]. W wyniku tego narażenia następuje obniżenie poziomu neurotropowego czynnika pochodzenia mózgowego, który może odgrywać ważną rolę w zaburzeniach neurorozwojowych. W 2004 r. Hozyasz i wsp. oznaczyli stężenie kadmu w surowicy u niepalących tytoniu matek dzieci z niespełnowymi rozszczepami czaszki twarzowej i matek dzieci zdrowych [25]. Badacze nie stwierdzili istotnych statystycznie różnic pomiędzy średnimi stężeniami kadmu u matek niepalących, których dzieci urodziły się z rozszczepami czaszki twarzowej oraz u kobiet, których dzieci urodziły się zdrowe. Uzyskane wyniki nie pokryły się z wynikami badań prowadzonymi na zwierzętach, które wykazały, że narażenie na kadm w okresie ciąży skutkuje większą częstością rodzenia potomstwa z rozszczepami wargi oraz podniebienia [26].

Palenie tytoniu jest najczęstszym nałogiem wśród kobiet w Polsce i wpływa na zwiększoną kumulację kadmu w łożysku oraz błonie płodowej [27, 28]. Co roku rodzi się około sto tysięcy dzieci narażonych w trakcie życia płodowego na substancje znajdujące się w dymie nikotynowym, a około połowa z pozostałych ciężarnych narażona jest na bierne palenie [27].

Menai i wsp. prowadzili badania nad związkiem pomiędzy obecnością kadmu we krwi matek podczas ciąży, a masą urodzeniową i zahamowaniem wzrostu płodu [29]. Badania te wykazały toksyczny wpływ kadmu na wzrost płodu poprzez jego akumulację i przenikanie przez łożysko. Zasugerowano również, że istnieje związek między obecnością kadmu we krwi a paleniem tytoniu wskazując, że kadm może być istotnym biomarkerem szkodliwości palenia na rozwój płodu [29]. W badaniu Superewicz i wsp. oznaczono zawartość kadmu oraz ołowiu w różnych częściach łożyska oraz w błonie płodowej u kobiet palących i niepalących [28]. Wszystkie analizowane próbki zawierały kadm i ołów, lecz w materiale pochodzącym od kobiet palących stwierdzono zwiększoną zawartość kadmu. Dzieci matek palących rodziły się przed wyznaczonym terminem porodu, z niższą wagą urodzeniową oraz mniejszą długością ciała. Największą zawartość kadmu u kobiet palących rozpoznano w błonie płodowej, brzeżnej części łożyska oraz w centralnej części łożyska [28]. Badania prowadzone przez Sochaczewską i wsp. obejmowały trzy grupy kobiet: matki palące czynnie, matki biernie narażone na dym tytoniowy oraz matki negujące narażenie na dym tytoniowy

[30]. Podobnie jak w badaniach Superewicz i wsp. czas trwania ciąży, masa i długość ciała w grupie noworodków matek palących czynnie był istotnie niższy niż w pozostałych grupach [28, 30]. Obwód głowy i obwód klatki piersiowej również był istotnie mniejszy u dzieci urodzonych przez matki czynnie palące, a ich donoszone noworodki wymagały częstszego stosowania tlenoterapii biernej w pierwszych godzinach życia. Przeprowadzone badanie dowiodło, że narażenie czynne i bierne na dym tytoniowy w okresie ciąży zwiększa ryzyko wystąpienia hiperbilirubinemii i objawów zakażenia wczesnego u noworodków [30].

NARAŻENIE POSTNATALNE NA KADM I WPŁYW NA ROZWÓJ DZIECI

W ostatnich latach badacze coraz częściej podejmują problem narażenia dzieci i niemowląt na kadm, zarówno w okresie prenatalnym, jak i poporodowym. Organizm dziecka wykazuje zdecydowanie większą wrażliwość na oddziaływanie zanieczyszczeń środowiska, w tym także metali ciężkich. Powodem tego jest niedojrzałość niektórych narządów i układów, a co za tym idzie obniżona sprawność mechanizmów wydalania toksyn z organizmu [26]. Obserwuje się również zdecydowane różnice pomiędzy najmłodszą grupą populacyjną, a osobami dorosłymi, w zakresie metabolizmu i biotransformacji ksenobiotyków już pobranych do organizmu [31]. Naukowcy podkreślają, że dzieci nie są „małymi dorosłymi”, lecz stanowią odrębną grupę, wymagającą szczegółowej analizy w zakresie oddziaływania metali ciężkich na stan ich zdrowia [32].

W narażeniu dzieci na kadm istotną rolę odgrywa miejsce zamieszkania oraz lokalizacja szkół, przedszkoli, boisk czy placów zabaw, w których dzieci spędzają większą część wolnego czasu. Za główną drogę wprowadzania trucizn środowiskowych do organizmu dziecka uznaje się układ pokarmowy. Ze względu na charakterystyczne zachowania dzieci, takie jak wkładanie rąk, zabawek czy innych przedmiotów do ust, kluczowe znaczenie odgrywają źródła pozażywnościowe, do których zaliczamy m.in.: glebę, piasek, brud na rękach czy też kurz w gospodarstwach domowych. Szacuje się, że stanowią one nawet 50–70% wszystkich źródeł ołowiu i kadmu dostających się do ustroju dziecka [33]. Często również, w populacji dzieci, może wystąpić tzw. spaczony łaknienie, które polega na celowym zjedaniu substancji niebędących żywnością (kreda, gleba, tynk) [31].

W organizmach dzieci i niemowląt wchłanianie toksycznych substancji następuje w dużo większych ilościach, niż u osoby dorosłej [34]. Wzrost organizmu i konieczność dostarczania odpowiedniej ilości składników odżywczych prowadzi do większego pobierania pokarmów i napojów w przeliczeniu na jednostkę masy ciała [35]. Proces wchłaniania toksyn przez organizm dziecka nasila także brak aktywności niektórych enzymów oraz zupełnie inne, niż u osoby dorosłej, pH żołądka [31]. Zwiększone ryzyko ekspozycji na kadm obserwuje się również u dzieci przyjmujących pokarmy stałe, co jest spowodowane akumulacją tych związków w produktach spożywczych [26]. Żywność przeznaczona dla niemowląt i małych dzieci powinna zatem być wolna od zanieczyszczeń ksenobiotykami, bądź zawierać ich minimalne ilości. Warto zwrócić uwagę, że istotny składnik diety tej grupy populacyjnej stanowi marchew, która wykazuje duże zdolności do kumulacji metali ciężkich. Koniecznym wydaje się więc uświadamianie rodziców, by nie podawali potomstwu tego warzywa uprawianego na glebie, która może być zanieczyszczona metalami (np. we własnym ogrodzie jeśli nie posiadamy informacji o jej pochodzeniu) [34, 36].

Ważnym czynnikiem w ocenie oddziaływania kadmu na organizm dzieci i niemowląt, jest również narażenie na bierne palenie. Badania wykazują, że aż 45% dzieci do 15 r.ż., narażonych jest na działanie dymu papierosowego, w środowisku domowym. Niesie to za sobą poważne konsekwencje w przyszłości, które mogą przejawiać się w postaci akumulacji kadmu i ołowiu w stawie biodrowym, spadku gęstości kości i zmniejszonej absorpcji wapnia. Ponadto, narażenie na dym tytoniowy (w tym także kadm), powoduje u dzieci szereg nieswoistych objawów, takich jak: kaszel, chrypka, katar, zapalenie ucha środkowego oraz alergie [37]. Narażenie dzieci drogą oddechową jest o tyle bardziej istotne, że częstotliwość oddechów na minutę w tej grupie jest zdecydowanie większa, niż u osób dorosłych [31].

Narażenie na kadm w wieku dziecięcym, wywołuje często odległe i długotrwałe skutki zdrowotne, obserwowane dopiero w okresie młodzieńczym lub dorosłości. Przejawiają się one w szczególności, w postaci upośledzenia procesów metabolicznych, a także zaburzeń funkcjonowania układów, głównie nerwowego i krwiotwórczego. Coraz częściej badacze wskazują również, iż narażenie na kadm w okresie dziecięcym ujawnia się w postaci zaburzeń rozwoju umysłowego, rzutując na całe dalsze życie. W badaniach Rodriguez-Barranco i wsp. porównujących ekspozycję na kadm i rozwój neuropsychologiczny u dzieci szkolnych w południowo-zachod-

niej Hiszpanii zaobserwowano, że podwojenie poziomu kadmu w moczu wiązało się z redukcją dwóch punktów w pełnej skali ilorazu inteligencji (IQ) u chłopców [38]. Podobne wyniki uzyskał Ciesielski i wsp., który wykazał istotny związek pomiędzy poporodowym narażeniem na kadm i trudnościami w uczeniu się u dzieci w USA [39]. Bao i wsp. z kolei, prowadząc badania zaburzeń behawioralnych u dzieci w Chinach, powiązał wyższy poziom kadmu we włosach dzieci w wieku 7–16 lat, z większą częstością występowania problemów ze skupieniem uwagi, wycofania i problemów społecznych [40].

PROFILAKTYKA NARAŻENIA NA KADM

Wobec opisanych zagrożeń dla zdrowia dzieci, zarówno w okresie prenatalnym, jak i postnatalnym, naturalnym działaniem służb odpowiedzialnych za zdrowie publiczne na wszystkich szczeblach administracji jest niwelowanie narażenia na negatywne skutki zdrowotne ekspozycji na kadm. Warto w tym miejscu wskazać na działania i zalecenia Światowej Organizacji Zdrowia odnośnie omawianej toksyny środowiskowej, zaliczanej do grupy ludzkich kancerogenów. WHO rekomenduje, by dla osiągnięcia efektu obniżenia narażenia na kadm i jego związki występujące w środowisku, realizować politykę pozytywnej zmiany poprzez:

- tworzenie miejsc bez dymu tytoniowego w miejscach publicznych;
- obniżanie, jak tylko to możliwe, praktycznej emisji kadmu oraz rozwijanie technologii bezpiecznego składowania odpadów zawierających kadm;
- promowanie efektywnych metod monitoringu systemu odzyskiwania kadmu i restrykcyjne stosowanie tego metalu w systemach nierecyklingowych;
- redukcję ekspozycji na kadm, zwłaszcza w przemyśle hutniczym metali nieżelaznych oraz rozpowszechnianie informacji dotyczących prawidłowego stosowania nawozów;
- podnoszenie powszechnej świadomości dotyczącej minimalizacji kumulowania w środowisku odpadów zawierających kadm [41].

Kadm nazywany również „nowym ołowiem” ze względu na jego powszechność występowania w środowisku oraz łatwość wchodzenia w układy biologiczne, jest coraz częściej omawianym zagrożeniem środowiskowym. Wysiłki w zakresie ograniczania zdrowotnych skutków narażenia na kadm i jego związki są jednym z podstawowych działań z za-

kresu zdrowia środowiskowego w krajach rozwiniętych. Nie bez znaczenia są w tej materii rekomendacje Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (EPA). Szacuje ona, że kadm występuje w ponad 60% najważniejszych do rozwiązania problemów ze związkami chemicznymi zanieczyszczającymi środowisko [42, 43].

Mając na uwadze ochronę zdrowia ludności przed negatywnymi skutkami narażenia na kadm opracowano standardy profilaktyki ze szczególnym uwzględnieniem zdrowia dzieci. Skupiają się one przede wszystkim na budowaniu świadomości społecznej oraz pozytywnym przekazie dotyczącym źródeł narażenia oraz możliwości unikania ekspozycji środowiskowej i jej skutków [44].

Warto w tym miejscu wskazać, że wysiłki agend zajmujących się bezpieczeństwem zdrowotnym obywateli skupione są na ograniczaniu stosowania i wykorzystywania szkodliwych dla zdrowia metali ciężkich, takich jak kadm. Przeznaczane są na to nakłady finansowe do tworzenia środowiska przyjaznego mieszkańcom. Realizowany jest stały monitoring poziomu metali w środowisku, ocena ich wpływu na zdrowie oraz aktualizowanie norm dostępności substancji szkodliwych dla ludzi, zarówno na poziomie międzynarodowym (Komisja Europejska), jak i w poszczególnych krajach. Przykładem takich działań mogą być założenia Narodowego Programu Zdrowia 2007–2015, gdzie w ramach celów operacyjnych realizowano działania mające na celu zmniejszenie skutków narażeń środowiskowych. Ponadto szczególną ochroną profilaktyczną obejmowano matki i dzieci. Natomiast w procedowanym aktualnie Programie na lata 2016–2020, profilaktyka zdrowotnych skutków narażenia na metale ciężkie, w tym kadm u dzieci i młodzieży będzie jedną ze składowych realizacji celu operacyjnego dotyczącego niwelowania zagrożeń środowiskowych i biologicznych dla zdrowia [45, 46].

PODSUMOWANIE

Dzieci to grupa szczególnie wrażliwa na zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi, w tym kadmem. Koniecznym wydaje się zatem otoczenie tej grupy populacyjnej szczególną ochroną. Kluczowe mogłyby okazać się zarówno działania naprawcze (poprawa warunków sanitarno-higienicznych w miejscach przebywania dzieci), jak i edukacyjno-informacyjne, polegające na wdrażaniu odpowiednich programów profilaktycznych w tym zakresie. Celowe jest także podjęcie działań obniżających zagrożenie, w tym weryfikacja ustawodawstwa w za-

kresie dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń środków spożywczych tym pierwiastkiem, w szczególności żywności przeznaczony dla niemowląt.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Ostrowska P. Kadm, występowanie, źródła zanieczyszczeń i metody recyklingu. *Gospod Surowcami* 2008;24:255-260.
- [2] Wojciechowska-Mazurek M, Starska K, Brulińska-Ostrowska E et al. Ocena pobierania metali szkodliwych dla zdrowia z całodziennymi racjami pokarmowymi dzieci i młodzieży w wybranych województwach. *Bromat Chem Toksykol* 2003;267:101-103.
- [3] Czczot H, Majewska M. Kadm – zagrożenie i skutki zdrowotne. *Toksykologia* 2010;66(4):243-250.
- [4] Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food. *The EFSA Journal* 2009;980:1-139.
- [5] Martynowicz H, Skoczyńska A, Karczmarek-Wdowiak B et al. Wpływ kadmu na funkcję gonad męskich. *Med. Pr* 2005; 56(2):167-174.
- [6] Thompson J, Bannigan J. Cadmium: Toxic effects on the reproductive system and the embryo. *Reprod Toxicol* 2008; 25(3):304-315.
- [7] Salvatori F, Talassi CB, Salzgeber SA et al. Embryotoxic and long-term effects of cadmium exposure during embryogenesis in rats. *Neurotoxicol Teratol* 2004;26:673-680.
- [8] Leoni G, Bogliolo L, Deiana G et al. Influence of cadmium exposure on in vitro ovine gamete dysfunction. *Reprod Toxicol* 2002;16(4):371-377.
- [9] Sen Gupta R, Kim J, Gomes C et al. Effect of ascorbic acid supplementation on testicular steroidogenesis and germ cell death in cadmium-treated male rats. *Mol Cell Endocrinol* 2004;221:57-66.
- [10] Akinloye O, Arowojolu AO, Shittu OB et al. Cadmium toxicity: a possible cause of male infertility in Nigeria. *Reprod Biol* 2006;6(1):17-30.
- [11] Telisman S, Cvitkovic P, Jurasovic J, Pizent A et al. Semen quality and reproductive endocrine function in relations to biomarkers of lead, cadmium, zinc, and copper in men. *Environ Health Perspect* 2000;108(1):45-53.
- [12] Chen C, Wang N, Nie X et al. Blood Cadmium Level Associates with Lower Testosterone and Sex Hormone-Binding Globulin in Chinese men: from SPECT-China Study, 2014. *Biol Trace Elem Res* 2015, doi:10.1007/s12011-015-0526-x.
- [13] Pant N, Kumar G, Upadhyay AD et al. Correlation between lead and cadmium concentration and semen quality. *Andrologia* 2015;47(8):887-891.
- [14] Sadeu JC, Foster WG. Cigarette smoke condensate exposure delays follicular development and function in a stage-dependent manner. *Fertil Steril* 2011a;95:2410-2417.
- [15] Freour T, Masson D, Mirallie S et al. Active smoking compromises IVF outcome and affects ovarian reserve. *Reprod Biomed Online* 2008;16:96-102.
- [16] Lin ChM, Doyle P, Wang D et al. Does prenatal cadmium exposure affect fetal and child growth? *Occup Environ Med* 2011;68:641-646.
- [17] Al-Saleh I, Shinwari N, Mashhour A et al. Heavy metals (lead, cadmium and mercury) in maternal, cord blood and placenta of healthy women. *Int J Hyg Envir Heal* 2011; 214: 9-101.

- [18] Gajewska E, Malak R, Mojs E et al. Palenie papierosów – zagrożenie od pierwszych dni życia. *Przegląd Lekarski* 2008; 65(10):709-711.
- [19] Wang Y, Chen L, Gao Y, Zhang et al. Effects of prenatal exposure to cadmium on neurodevelopment of infants in Shandong, China. *Environ Pollut* 2016;211:67-73.
- [20] Martin JA, Dodds L, Arbuckle TE et al. Maternal blood metal levels and fetal markers of metabolic function. *Environ Res* 2015;136:27-34.
- [21] Kippler M, Waheedul Hoque AM, Raqib R et al. Accumulation of cadmium in human placenta interacts with the transport of micronutrients to the fetus. *Toxicol Lett* 2010;192(2):162-168.
- [22] Llanos MN, Ronco AM. Fetal growth restriction is related to placental levels of cadmium, lead and arsenic but not with antioxidant activities. *Reprod Toxicol* 2009;27:88-92.
- [23] Åkesson A, Berglund M, Schütz A et al. Cadmium Exposure in Pregnancy and Lactation in Relation to Iron Status, *Am J Public Health* 2002;92(2):284-287.
- [24] Yang CF, Shen HM, Shen Y et al. Cadmium-induced oxidative cellular damage in human fetal lung fibroblasts (MRC-5 cells). *Environ Health Perspect* 1997;105(7):712-716.
- [25] Hozyaszk K, Rusczyńska A, Bulska E et al. Stężenia kadmu w surowicy u matek dzieci z rozszczepami wargi i/lub podniebienia. *Przegląd pediatryczny* 2004;34(2):125-128.
- [26] Krzywy I, Krzywy E, Peregud-Pogorzelski J et al. Kadm – czy jest się czego obawiać? *Roczniki Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie* 2011;57(3):49-63.
- [27] Krzyściński M, Kulza M, Chuchracki M et al. Palenie papierosów w samoocenie kobiet ciężarnych. *Perinatologia, Neonatologia i Ginekologia* 2013;6(3):152-160.
- [28] Suprewicz K, Kozikowska I, Chrobaczyńska-Dyłał M et al. Wpływ palenia papierosów na parametry noworodka oraz na kumulację kadmu i ołowiu w łożysku kobiet z Górnego Śląska. *Ginekol Pol* 2013;84(9):776-780.
- [29] Menai M, Heude B, Slama R et al. Association between maternal blood cadmium during pregnancy and birth weight and the risk of fetal growth restriction: The EDEN mother-child cohort study. *Reprod Toxicol* 2012;34:622-627.
- [30] Sochaczewska D, Czeszyńska MB, Konefał H et al. Palenie czynne lub bierne w okresie ciąży a wybrane parametry morfologiczne i powikłania okresu noworodkowego. *Ginekol Pol* 2010;81:687-692.
- [31] Nieć J, Baranowska R, Dziubanek G et al. Narażenie środowiskowe dzieci na metale ciężkie zawarte w glebach z placów zabaw, boisk, piaskownic i terenów przedszkoli z obszaru Górnego Śląska. *J Eco Health* 2013;17:55-62.
- [32] Landrigan PJ, Kimmel CA, Correa A et al. Children's health and the environment: public health issues and challenges for risk assessment. *Environ Health Perspect* 2004;112:257-265.
- [33] Kulka E. Ocena narażenia na ołów i kadm dzieci uczęszczających do przedszkoli w Olkuszu. Program wieloletni Środowisko a Zdrowie, Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowanych. – e-biuletyn. 2004, 6 http://www.srodowisko-azdrowie.pl/wpr/Dokumenty/e-biuletyn/ebiuletyn_numer6.pdf (dostęp 26.01.2016).
- [34] Cielecka E, Dereń K. Jakość żywności dla niemowląt i małych dzieci. *Probl Hig Epidemiol* 2011;92(2):187-192.
- [35] Rodríguez-Barranco M, Lacasaña M, Aguilar-Garduño C et al. Association of arsenic, cadmium and manganese exposure with neurodevelopment and behavioural disorders in children: a systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ* 2013;1:454-455:562-77.
- [36] Dziubanek G, Baranowska R, Oleksiuk K. Metale ciężkie w glebach Górnego Śląska – problem przeszłości czy aktualne zagrożenie? *J Ecol Health* 2012;16(4):169-176.
- [37] Nogaj E, Kwapuliński J, Suflita M et al. Bioindykacja kadmu u dzieci narażonych na wpływ biernego palenia papierosów, za pomocą migdałków gardłowych w zależności od wieku, płci i miejsca zamieszkania. *J Ecol Health* 2011;15(3):142-149.
- [38] Rodríguez-Barranco M, Lacasaña M, Gil F et al. Cadmium exposure and neuropsychological development in school children in southwestern Spain. *Environ Res* 2014;134:66-73.
- [39] Ciesielski T, Weuve J, Bellinger DC et al. Cadmium exposure and neurodevelopmental outcomes in U.S. children. *Environ Health Perspect* 2012;120(5):758-63.
- [40] Bao QS, Lu CY, Song H et al. Behavioural development of school-aged children who live around a multi-metal sulphide mine in Guangdong province, China: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 2009, p. 217.
- [41] World Health Organization: WHO. Exposure to cadmium: a major public health concern. 2007 www.euro.who.int (dostęp 20.12.2015).
- [42] Public Health Statement. Cadmium, Agency for Toxic Substances, USA, 2012, www.atsdr.cdc.gov (dostęp 20.12.2015).
- [43] Cone M. Is cadmium as dangerous for children as lead? *Environmental Health News, USA*, 2012 <http://www.scientificamerican.com/article/is-cadmium-as-dangerous-for-children-lead/> (dostęp 20.12.2015).
- [44] Case Studies in Environmental Medicine (CSEM) Cadmium Toxicity, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2008, <http://www.atsdr.cdc.gov> (dostęp 20.12.2015).
- [45] Narodowy Program Zdrowia na lata 2007-2015, Załącznik do Uchwały Nr 90/2007 Rady Ministrów z dnia 15 maja 2007r., www.mz.gov.pl (dostęp 20.12.2015).
- [46] Projekt Rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie wprowadzenia Narodowego Programu Zdrowia na lata 2016-2020, www.legislacja.rcl.gov.pl (dostęp 20.12.2015).

*Adres do korespondencji:**mgr Tomasz Jastrzębski**Katedra Zdrowia Środowiskowego**Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu**Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach**41-902 Bytom, ul. Piekarska 18**tel. 665-103-774; e-mail: tomasz_jastrzebski@yahoo.com*