

Stężenia polichlorowanych bifenyli w materiale pochodzącym od człowieka

*Jan K. Ludwicki, Katarzyna Góralczyk, Katarzyna Czaja, Paweł Struciński,
Agnieszka Jędrzejczuk*

Zakład Toksykologii Środowiskowej
Państwowy Zakład Higieny
ul. Chocimska 24
00-791 Warszawa

Polichlorowane bifenyle (PCB) stanowią grupę zanieczyszczeń środowiskowych, na które człowiek narażony jest niemal wyłącznie za pośrednictwem żywności. Związki te krążą w środowisku ulegając biomagnifikacji i przemianom metabolicznym w kolejnych ogniwach łańcucha pokarmowego. Ostatnim ogniwem tego łańcucha jest zwykle człowiek, który w swoich tkankach gromadzi najwyższe stężenia tych substancji. Szczególnym przypadkiem jest mleko kobiece, w którym stężenia tych związków osiągają znacznie wyższe wartości niż w mleku krowim. Z tego względu do grupy podwyższonego ryzyka należy zaliczyć niemowlęta i małe dzieci karmione pokarmem matki.

PCB dzięki swym właściwościom fizyko-chemicznym stosowane były w przeszłości w transformatorach, kondensatorach, wymiennikach ciepła, układach hydraulicznych, a także przy produkcji klejów, tworzyw sztucznych, smarów, jako plastyfikatory do farb, do produkcji papieru przebitkowego itp. (*GEMS 1988*). Tak szerokie zastosowanie oraz wyjątkowa trwałość tych związków spowodowały, że stały się niebezpiecznym czynnikiem skażającym środowisko kumulując się, podobnie jak inne polichlorowane węglowodory aromatyczne, w organizmach stanowiących kolejne ogniwa łańcucha pokarmowego. Przypuszcza się, że okres półtrwania w glebie wynosi ok. 5 lat. Te niekorzystne właściwości biologiczne PCB spowodowały, że wiele państw wprowadziło drastyczne ograniczenia obejmujące ich produkcję i użytkowanie. Obecnie stosowane są tylko w systemach zamkniętych (*EHC 1988, EHC 1993*). W grudniu 2000 r. przedstawiciele 122 krajów na roboczym spotkaniu United Nations Environment Programme zaliczyli PCB do 12 wysoko toksycznych związków tzw. grupa „*dirty dozen*”, które powinny być sukcesywnie wycofywane z użycia. W przypadku PCB mogą one być stosowane tylko w systemach zamkniętych takich jak np. transformatory do czasu zastąpienia ich innymi związkami nie dłużej jednak niż do 2025 roku. Rządy krajów

Materiały konferencyjno-szkoleniowe programu PCB-STOP

należących do United Nations Environment Programme mają ratyfikować te postanowienia w maju 2001 r. na spotkaniu w Sztokholmie (*Environ. Health Prespec. 2001*).

Ostre lub podostre zatrucia PCB w Polsce są mało prawdopodobne. Problem zdrowotny może stanowić jednak stałe narażenie na niewielkie dawki tych związków pochodzących głównie z żywności (w tym z pokarmu kobiecego) i lokalnie także z wody do picia. Liczne doniesienia wskazują, że długotrwałe narażenie nawet na stosunkowo niskie stężenia PCB może mieć działanie immunosupresyjne zmniejszając odporność organizmu na infekcje bakteryjne i schorzenia neurotoksyczne (*Kryteria 1985*). Mimo iż nie stwierdzono bezpośredniego oddziaływania tych związków na materiał genetyczny ssaków, to jednak w wyniku oceny licznych badań na zwierzętach Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) zaliczyła PCB do grupy 2A- związków o prawdopodobnym działaniu rakotwórczym dla człowieka. Związki te zaliczane są również do grupy substancji zaburzających funkcjonowanie układu endokrynologicznego tzw. „*endocrine disruptors*”. Działanie to wielu autorów wiąże ze zwiększonym ryzykiem występowania raka sutka, a także z możliwością wystąpienia zaburzeń hormonalnych w wieku rozwojowym (*Houghton i wsp., Longnecker i wsp., Wolff i wsp.*).

Badania monitorowe polichlorowanych bifenyli dostarczają wiedzę o narażeniu ludności na tę grupę zanieczyszczeń środowiskowych oraz umożliwiają wyznaczenie trendów ilustrujących dynamikę zmian wielkości narażenia na te związki stwarzając tym samym możliwość przewidywania zagrożenia z ich strony w przyszłości. Zakład Toksykologii Środowiskowej Państwowego Zakładu Higieny od szeregu lat prowadzi monitoring biologiczny pod kątem obecności polichlorowanych bifenyli w materiale pochodzącym od człowieka (tkanka tłuszczowa, mleko kobiece itp.). Wyniki monitoringu umożliwiają oszacowanie ryzyka w zakresie przewidywanych skutków zdrowotnych narażenia populacji generalnej. Ponadto, monitoring PCB w pokarmie kobiecym dostarcza danych na temat całkowitego narażenia niemowląt i małych dzieci na tę grupę ksenobiotyków.

Na przełomie lat 80-tych i 90-tych prowadzono monitoring polichlorowanych węglowodorów aromatycznych, w tym polichlorowanych bifenyli, w okołooobwodowej tkance tłuszczowej ludzi. Przebadano 277 próbek, w tym było 135 próbek tkanki tłuszczowej pochodzącej od kobiet i 142 próbki od mężczyzn. Średnie stężenia sumarycznego PCB w tkance ludzkiej wynosiły 0,86 mg/kg wyekstrahowanego tłuszczu. Zaobserwowano różnice

Materiały konferencyjno-szkoleniowe programu PCB-STOP

między średnimi stężeniami PCB w tkankach pochodzących od kobiet (0,97 mg/kg) i mężczyzn (0,82 mg/kg), ale różnice te nie były jednak istotne statystycznie ze względu na dużą wartość odchylenia standardowego. Wynika to ze znacznego zróżnicowania stężeń tych związków stwierdzanych w materiale pochodzącym od poszczególnych osób o czym świadczy znaczne zróżnicowanie między wartościami medialnymi a wartością 90%-tego centyla. Średnie stężenia polichlorowanych bifenyli w badanej tkance tłuszczowej było nieco wyższe od wyników uzyskiwanych w badaniach prowadzonych na terenach o mniejszym skażeniu środowiska np. kraje skandynawskie. Stężenia te były jednak niższe niż u mieszkańców krajów europejskich o cieplejszym klimacie (np. Włochy i Hiszpania) oraz w porównaniu z krajami wysokoprzemysłowymi (np. USA).

Rycina 1.

W latach 90-tych Zakład Toksykologii Środowiskowej PZH wraz z laboratoriami Stacji Sanitarno-Epidemiologicznych prowadził monitoring mleka kobiecego pod kątem obecności insektycydów chloroorganicznych, heksachlorobenzenu i polichlorowanych bifenyli. Ogółem przebadano 823 próbki pochodzące z terenów 5 byłych województw (kaliskiego, kieleckiego, krośnieńskiego, przemyskiego, warszawskiego). Średnie stężenia PCB w mleku wynosiło $0,054 \pm 0,081$ mg/l. Analiza wyników stężeń PCB w mleku pochodzącym od mieszkank województwa przemyskiego umożliwiła wykazanie, że na wysokie średnie poziomy w tym rejonie wpływały wysokie wartości od dawczyń z jednej okolicy. Z tego względu przy porównywaniu średnich, wyników tych nie brano pod uwagę, aby uniknąć ich wpływu na średnią odzwierciedlającą sytuację w pozostałych rejonach kraju.

Rycina 2.

Z grupy dawczyń wyodrębniono mieszkanki wsi i miast. Kobiety te nie zmieniały miejsca zamieszkania przynajmniej przez ostatnich 10 lat. W tej populacji wyników nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy dawczyniami pochodzącymi ze wsi (0,013 mg/l) i miasta (0,013 mg/l). Miejsce zamieszkania nie miało więc wpływu na stężenia badanych substancji w mleku kobiet z wyjątkiem województwa przemyskiego gdzie stężenia PCB w mleku kobiet mieszkających zarówno w mieście jak i na wsi były stanowczo wyższe w porównaniu z innymi rejonami kraju. Wyniki te w znaczący sposób wpływały na średnią

Materiały konferencyjno-szkoleniowe programu PCB-STOP

krajową, która po uwzględnieniu województwa przemyskiego wynosiła odpowiednio wieś – 0,060 mg/l; miasto – 0,040 mg/l mleka. W tym przypadku nie odnotowana także różnic statystycznych. Wykazano więc, że stopień uprzemysłowienia miejsca zamieszkania dawczyń nie wpływał istotnie statystycznie na stężenia PCB w pokarmie kobiecym.

Rycina 3.

Podjęto również próbę oceny narażenia dzieci karmionych piersią na PCB pobierane z mlekiem matki. W tym celu obliczono wartości Teoretycznego Najwyższego Dziennego Pobrania (TMDI) i Szacunkowego Dziennego Pobrania (EDI). Wartość TMDI jest to najwyższe teoretyczne pobranie związku z żywnością przy założeniu, że każdy produkt zawiera Najwyższe Dopuszczalne Pozostałości (NDP) badanego związku określone w Kodeksie Żywnościowym FAO/WHO lub w odpowiednich przepisach narodowych. TMDI (wyrażone w mg/kg masy ciała x dzień⁻¹) obliczono przyjmując na podstawie danych FAO/WHO (*WHO 1985*), że niemowlę w wieku od 0 do 2 miesięcy spożywa średnio 150 ml mleka/kg m.c. x dzień⁻¹, a od 3 miesiąca – 120 ml. TMDI dla PCB wyznaczono na podstawie NDP w mleku i jego przetworach wykorzystując wytyczne Kodeksu Żywnościowego FAO/WHO (*Codex Alimentarius 1990*).

Przy obliczeniach TMDI posłużono się następującym wzorem:

$$\text{TMDI} = \sum F_i \times M_i$$

gdzie:

F_i – całkowite dzienne spożycie mleka matki,

M_i – najwyższa dopuszczalna pozostałość związku w środku spożywczym.

EDI wyrażone w mg/kg masy ciała x dzień⁻¹ obliczono wg wzoru:

$$\text{EDI} = \sum F_i \times R_i$$

gdzie:

F_i – całkowite dzienne spożycie mleka matki,

R_i – poziomy pozostałości związku stwierdzane w pokarmie kobiecym.

Uzyskane wyniki wykazują, że wartości EDI (2,8 µg/kg m.c./dzień) dla PCB pobieranego przez dziecko z mlekiem matki są wyższe od wartości, uznanej za bezpieczną, jaką jest TMDI liczone na podstawie NDP, które przyjmowane są z odpowiednio dużymi

Materiały konferencyjno-szkoleniowe programu PCB-STOP

marginesami bezpieczeństwa. Oszacowana wartość EDI (2,8 µg/kg m.c./dzień) jest jednak znacznie niższa od średniego dziennego spożycia PCB obliczonego przez Światową Organizację zdrowia na podstawie badań monitorowych prowadzonych w różnych krajach – średnia światowa wynosi 4,4 µg/kg m.c./dzień (*EHC 1988, WHO/EURO 1986, Slorach 1983, WHO 1985*). Nie ma obecnie podstaw do stwierdzenia, że uzyskane wyniki, a także dokonana ocena ryzyka wskazują na występowanie istotnych zagrożeń dla dzieci ze strony PCB obecnych w pokarmie matek w Polsce, a korzyści wynikające z karmienia dziecka pokarmem naturalnym znacznie przewyższają możliwe do wystąpienia skutki ujemne spowodowane zanieczyszczeniem mleka kobiecego polichlorowanymi bifenylami.

Rycina 4.

Podsumowanie

Średnie i medialne stężenia polichlorowanych bifenyli w materiale biologicznym nie odbiegają od wyników uzyskiwanych w innych krajach. Badania te powinny być jednak powtarzane w odstępach kilkuletnich, co umożliwi wyznaczenie trendów dla zmian, a co za tym idzie dostarczenie naukowych podstaw do odpowiedniego kształtowania polityki zdrowotnej państwa. Na podstawie obecnej wiedzy toksykologicznej prowadzone w przyszłości badania monitorowe powinny obejmować oznaczanie poziomów zarówno sumarycznego PCB jak i poszczególnych, wybranych kongenerów. Wynika to ze znacznych różnic we właściwościach toksykologicznych poszczególnych kongenerów oraz częstotliwości ich występowania w poszczególnych elementach środowiska. Regulują to odpowiednie przepisy Unii Europejskiej.

Piśmiennictwo:

Codex Alimentarius 1990, Codex Alimentarius Commission, FAO/WHO 1990.

EHC 1988, PCBs, PCDDs and PCDFs in breast milk: Assessment of health risks, Environmental Health Criteria 29, WHO Copenhagen, 1988.

EHC 1993, Polychlorinated Biphenyls and terphenyls. (second edition), Environmental Health Criteria 140, WHO Geneva, 1993.

Materiały konferencyjno-szkoleniowe programu PCB-STOP

Environ. Health Perspect. 2001, Environmental Health Perspectives, 2001, 109, A17.

GEMS, Assessment of chemical contaminants in food. Report on the results of the UNEP/FAO/WHO programme on health-related environmental monitoring (Global Environmental Monitoring System)(London: Monitoring and assessment Research Centre), 1988, 73. Global Environmental Monitoring System. Assessment of Chemical Contaminants in Food. WHO London 1988.

Houghton D.L., Ritter L.: Organochlorine residues and risk of breast cancer., *J. Am. Coll. Toxicol.*, 1995, 14, 71.

Kryteria 1984, Kryteria Zdrowotne Środowiska, Polichlorowane bifenyly i terfenyle, Tom 2, PZWL Warszawa, 1985.

Longnecker M.P., Rogan W.J., Lucier G.: The human effects of DDT (Dichlorodiphenyl-trichloroethane) and PCBs (Polychlorinated Biphenyls) and an overview of organochlorines in public health., *Annu. Rev. Public Health*, 1997, 18, 211.

Slorach A.S., Vaz R.: Assessment of human exposure to selected organochlorine compounds through biological monitoring., Swedish National Food Administration, Uppsala, 1983.

WHO 1985, The quantity and quality of breast milk., WHO, Geneva, 1988, 31-35.

WHO/EURO 1986, Raport on a WHO/EURO planning meeting, ICP/CEH 541/C, Lillestrom, 1986.

Wolff M.S., Toniolo P.G.: Environmental organochlorine exposure as a potential etiologic factor in breast cancer., *Environ. Health Perspect.*, 1995, 103, 141.