



The effect of Chernobyl accident on the development of non malignant diseases

Anna Zonenberg, Marcin Leoniak, Wiesław Zarzycki

Department of Endocrinology, Diabetology and Internal Medicine, Białystok Medical University

Abstract

The early medical complications of Chernobyl accident include post radiation disease, which were diagnosed in 134 subjects affected by ionizing radiation. 28 persons died during the first 100 days after the event. The increase occurrence of coronary heart disease, endocrine, haematological, dermatological and other diseases were observed after disaster in the contaminated territories. We also discussed the impact of ionizing radiation from Chernobyl accident on pregnancy and congenital defects occurrence. Changes following the Chernobyl accident, as the inhabitants migration from contaminated regions, political and economic conversions, led to depression, anxiety, and even to "epidemic" of mental diseases. Increased suicide rate, car accidents, alcohol and drug abuse have been observed in this population. Nowadays vegetative neurosis is more often diag-

sed in Ukrainian children. Epidemiological studies were conducted on the ionising radiation effect on the health and on the dose of received radiation after Chernobyl accident face numerous problems as the absence of reliable data regarding diseases in the contaminated territories.

(*Pol J Endocrinol* 2006; 1 (57): 38-44)

Key words: Chernobyl accident, non malignant diseases



Anna Zonenberg, M.D.
Department of Endocrinology, Diabetology and Internal
Medicine, Białystok Medical University, Poland
ul. M. Curie-Skłodowskiej 24a, 15-276 Białystok
tel.: (085) 746 86 07, (085) 746 86 77
e-mail: zonenbergab@poczta.onet.pl

Wpływ awarii w Czarnobylu na rozwój schorzeń nienowotworowych

Anna Zonenberg, Marcin Leoniak, Wiesław Zarzycki

Klinika Endokrynologii, Diabetologii i Chorób Wewnętrznych Akademii Medycznej, Białystok

Streszczenie

Do wczesnych skutków zdrowotnych katastrofy w Czarnobylu należy przede wszystkim ostra choroba popromienna, której objawy wystąpiły u 134 najbardziej narażonych na promieniowanie jonizujące osób. W ciągu pierwszych 100 dni po katastrofie zanotowano 28 zgonów. W późniejszym okresie wśród osób zamieszkujących skażone tereny zaobserwowano wzrost występowania choroby wieńcowej, chorób hematologicznych, dermatologicznych i innych. W niniejszej pracy omówiono wpływ promieniowania jonizującego pochodzącego z elektrowni w Czarnobylu na przebieg ciąży i częstość wad wrodzonych. Zmiany, które nastąpiły po awarii w Czarnobylu, takie jak przesiedlenia czy zamieszkiwanie na skażonych terenach w połączeniu z przemianami politycznymi i ekonomicznymi stały się przyczyną rozwoju depresji, lęku czy wręcz „epidemii” chorób psychosomatycznych. W populacji dotkniętej katastrofą wykazano wzrost liczby samobójstw, okaleczeń, wypadków samochodowych, nadużywania alkoholu i leków. Wśród

ukraińskich dzieci często obserwowano nerwicę wegetatywną. Prowadzenie badań epidemiologicznych nad skutkami zdrowotnymi i wielkości pochłoniętej dawki promieniowania jonizującego po wypadku w Czarnobylu jest dość trudne, między innymi ze względu na brak wiarygodnych danych dotyczących zapadalności na poszczególne choroby na terenach skażonych przed katastrofą.

(*Endokrynol Pol* 2006; 1 (57): 38-44)

Słowa kluczowe: awaria w Czarnobylu, schorzenia nienowotworowe



Dr med. Anna Zonenberg
Klinika Endokrynologii Diabetologii
i Chorób Wewnętrznych AMB
ul. M. Curie-Skłodowskiej 24a, 15-276 Białystok
tel.: (085) 746 86 07, (085) 746 86 77
e-mail: zonenbergab@poczta.onet.pl

Wstęp

W wyniku serii ludzkich błędów i wad konstrukcyjnych reaktora w bloku numer 4 elektrowni atomowej w Czarnobylu 26 kwietnia 1986 roku o godzinie 1.23 czasu moskiewskiego nastąpiło wiele eksplozji. Uszkodzenie mechaniczne rdzenia reaktora i trudny do opanowania pożar spowodowały uwolnienie do środowiska izotopów promieniotwórczych. Według najnowszych danych do atmosfery przedostało się 5300 PBq (*petabeke-rel*) (1 PBq = 10^{15} Bq) całkowitej aktywności radionuklidów, wyłączając gazy szlachetne (krypton, ksenon), które praktycznie w 100% wydostały się z paliwa reaktora. W skład „chmury czarnobylskiej” weszło około 1760 PBq ^{131}I (jod) i około 85 PBq ^{137}Cs (cez) [1]. W ciągu pierwszych dni i tygodni po wybuchu większość dawki promieniowania pochodziła z ^{131}I (czas połowicznego rozpadu 8,04 doby). Następnie największą aktywność zaczęły wykazywać pierwiastki o długim okresie półtrwania, szczególnie ^{137}Cs (czas połowicznego rozpadu — 30 lat), powodując skażenie gleby i produktów żywnościowych, oraz ^{90}Sr (stront) i ^{239}Pu (pluton) [2].

Wybuch w Czarnobylu stworzył zupełnie nową kategorię kataklizmów, inną niż na przykład trzęsienia ziemi czy powodzie. Spowodował on długotrwałe skażenie środowiska nie tylko na obszarach otaczających elektrownię, ale również na terenach oddalonych o setki i tysiące kilometrów. Fakt ten nie pozostał oczywiście bez wpływu na stan zdrowia ludzi mieszkających na skażonych terenach i przyszłych pokoleń.

Wczesne skutki zdrowotne katastrofy w Czarnobylu (ostra choroba popromienna)

W czasie i po wybuchu na terenie elektrowni czarnobylskiej znajdowało się około 600 osób (pracownicy elektrowni, strażacy, ratownicy, personel medyczny), którzy jako pierwsi usuwali skutki awarii, w związku z czym zostali poddani działaniu dużych dawek promieniowania jonizującego. Objawy ostrej choroby popromiennej stwierdzono początkowo u 237 osób, jednak po dalszych badaniach liczbę tą zmniejszono do 134 osób. Wśród nich symptomy ostrej choroby popromiennej I° występowały u 41 pacjentów [dawka promieniowania otrzymanego na całe ciało 0,8–2,1 Gy (greja)] i odpowiednio: II° — 50 pacjentów (2,2–4,1 Gy), III° — 22 chorych (4,2–6,4 Gy), a najcięższego IV° — 21 pacjentów (6,5–16,0 Gy) [3]. Rozpoznanie ostrej choroby popromiennej dokonano na podstawie objawów klinicznych (gorączka, wybroczyny i krwotoki na skórze i śluzówkach, trudne do wyleczenia infekcje) oraz wyników badań dodatkowych (stopień pancytopenii: neutrofile $0,1\text{--}0,5 \times 10^9/\text{l}$, płytki krwi $10\text{--}20 \times 10^9/\text{l}$, aberracje

chromosomowe w limfocytach krwi obwodowej i w komórkach szpiku kostnego) [4].

Objawy zapalenia błony śluzowej jamy ustnej i gardłowej zgłaszało 82 pacjentów: 42 z nich (dawka otrzymana 1,7–4,0 Gy) — obrzęk śluzówki, tkliwość dziąseł; u 40 (dawka otrzymana 4,5–6 Gy) — nadżerki i owrzodzenia śluzówki jamy ustnej oraz nadmierną produkcję kleistej wydzieliny utrudniającej oddychanie [4]. U 7 pacjentów z III° i IV° ostrej choroby popromiennej zaobserwowano gwałtownie narastającą duszność z postępującą niewydolnością oddechową prowadzącą w ciągu 2–3 dni do zgonu [4]. Jednym z groźniejszych objawów ostrej choroby popromiennej jest zespół jelitowy, który zaobserwowano u 10 osób [4]. Wśród innych objawów występujących u napromienionych ofiar katastrofy można wymienić: 56 przypadków popromiennych oparzeń skóry [5], zaćmę, zapalenie spojówek, bliznowacenie i owrzodzenia rogówki, łysienie oraz funkcjonalne zaburzenia seksualne [6]. W ciągu 5 lat po wypadku urodziło się 14 zdrowych dzieci — potomków chorych na ostrą chorobę popromienną [6].

U 13 osób, naświetlonych dawką na całe ciało wynoszącą od 5,6 do 13,4 Gy, przeprowadzono transplantację allogenicznego szpiku kostnego. Dwie osoby, które otrzymały dawkę promieniowania 5,6 i 8,7 Gy, przeżyły dłużej niż 3 lata, pozostałe zmarły z różnych przyczyn, na przykład w wyniku reakcji przeszczep przeciwko gospodarzowi (*graft-versus-host disease*), oparzeń, ostrej niewydolności nerek i śródmiąższowego zapalenia płuc [7]. Po raz trzeci zastosowano przeszczepy szpiku kostnego w terapii ostrej choroby popromiennej. Poprzednio w wyniku awarii reaktora w Vinca (była Jugosławia) w 1958 roku 5 robotnikom naświetlonym dawką powyżej 3 Gy przeszczepiono szpik kostny — 4 osoby przeżyły [8]. Drugi przypadek miał miejsce w 1967 roku w Pittsburgu. Pacjent przypadkowo narażony na promieniowanie otrzymał dawkę 6 Gy. Przeszczepiono mu szpik od genetycznie identycznego brata bliźniaka. Regeneracja funkcji szpiku nastąpiła w ciągu 21 dni po zabiegu [9]. Osoby niezakwalifikowane do przeszczepu poddano terapii wspomagającej, w której zastosowano antybiotyki i transfuzje preparatów krwiopochodnych. Transplantację zarodkowych komórek wątrobowych wykonano u 6 osób — niestety wszystkie zmarły [10].

W ciągu pierwszych 100 dni po wypadku zanotowano 28 zgonów. Do 24. dnia po ekspozycji na promieniowanie jonizujące zmarło 19 chorych (15 w wyniku poparzeń skóry i zespołu jelitowego, 4 z powodu ostrego popromiennego uszkodzenia płuc). Między 25. a 48. dniem nastąpiły: 4 zgony w wyniku uszkodzeń skóry, ostrej niewydolności oddechowej, obrzęku mózgu; jeden spowodowany przez reakcję przeszczepu przeciwko

gospodarzowi (*graft-versus-host disease*) oraz infekcje wirusowo-grzybicze i jeden w wyniku ostrej niewydolności nerek i płuc spowodowanej przez transplantację szpiku niezgodnego w układzie zgodności tkankowej (HLA, *human leukocyte antigen*). W późniejszym czasie (86.–96. dzień) z powodu wtórnej infekcji wirusem cytomegalii (CMV) zmarło 2 chorych, a jeden — w wyniku niewydolności nerek i wątroby [4].

Późne skutki zdrowotne katastrofy w Czarnobylu

Ostra choroba popromienna była spowodowana działaniem dużych dawek promieniowania jonizującego w krótkim czasie po katastrofie w elektrowni w Czarnobylu. W późniejszym okresie i nadal ludność zamieszkująca skażony teren jest poddawana działaniu małych dawek promieniowania, które nie są dla organizmu obojętne i mogą powodować wzrost częstości schorzeń nowotworowych i nienowotworowych.

Według raportu Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, *World Health Organization*) z 1995 roku współczynnik zgonów na skażonych terenach Ukrainy wynosił 14–18 na 1000 mieszkańców i w porównaniu z całym obszarem Ukrainy był wyższy (11–12 na 1000 mieszkańców). W Rosji, w regionach Briańsk i Kaługa, współczynnik ten był podobny do zanotowanego na terenie całego kraju. Na Białorusi śmiertelność z powodu choroby wieńcowej i wypadków wzrosła w populacji przesiedleńców i ludzi zamieszkujących na terenach skażonych [11]. Śmiertelność noworodków, która jest jednym z najczulszych wskaźników stanu zdrowia populacji i opieki medycznej, badana w latach 1980–2000 w białoruskim regionie Mogile, wykazała natomiast tendencję spadkową. Jest ona i tak znacznie wyższa w porównaniu z krajami Europy Zachodniej, ale niższa niż w Rosji [12].

Zaobserwowano wzrost występowania choroby wieńcowej, a także zwiększenie zapadalności na choroby endokrynologiczne, neurologiczne, hematologiczne, układów krążenia, pokarmowego i oddechowego u osób zamieszkujących tereny skażone [11, 13, 14]. Występowanie tych jednostek chorobowych prawdopodobnie nie jest bezpośrednio związane z działaniem promieniowania jonizującego. Większy wpływ może wywierać stres, trudności ekonomiczne, szybki rozwój cywilizacyjny, czyli tak zwany „uraz psychosocjalny” [1].

Romanenko i wsp. [15] przebadali 159 mężczyzn operowanych z powodu łagodnego przerostu prostaty (BPH, *benign prostatic hyperplasia*) i 5 kobiet chorujących na przewlekłe zapalenie pęcherza moczowego przebywających na skażonych terenach Ukrainy. Stwierdzono, że przewlekłe, długotrwałe, małe dawki promieniowania jonizującego prowadzą do rozwoju, dotychczas

nieznanego, wywołanego przez promieniowanie przewlekłego proliferacyjnego atypowego zapalenia pęcherza moczowego, tak zwanego *Chernobyl cystitis*. Charakteryzują go mnogie obszary dysplazji i *carcinoma in situ* występujące w nabłonku pęcherza moczowego, a także sklerotyzacja i hialinizacja tkanki łącznej ze zwiększoną angiogenezą bez oznak reakcji zapalnej.

W badaniach przeprowadzonych przez Evdokimov i wsp. [16] u 25% ze 164 badanych „likwidatorów” w wieku 22–50 lat wykazano zaburzenia aktywności seksualnej i/lub zdolności reprodukcyjnej w postaci impotencji i patologii nasienia.

Piętnaście lat po wybuchu w Czarnobylu pod kątem występowania zmian dermatologicznych oceniono 99 pacjentów z grupy 237 osób, u których początkowo rozpoznano ostrą chorobę popromienną. U 22 osób rozpoznano przewlekłe zmiany skórne spowodowane promieniowaniem jonizującym. Do najczęstszych należały: hiperpigmentacja, hipopigmentacja, atrofia naskórka, telangiektazje i *xerosis*. Zmiany keratocytarne obserwowano u 14 badanych, włóknienie skóry — u 8, a owrzodzenia popromienne — u 5 pacjentów. U chorego, u którego jako jedyne z tej grupy występowały objawy IV° ostrej choroby popromiennej, stwierdzono dwa raki podstawnkomórkowe [17].

Według badań przesiewowych przeprowadzonych w ramach *The Chernobyl Sasakawa Health and Medical Cooperation Project* w latach 1991–1996 wśród około 120 000 dzieci z Rosji, Ukrainy i Białorusi anemia występowała w 0,2–0,5% przypadków, leukopenia — u 0,2–1,1%, leukocytoza — u 2,8–4,9%, eozynofilia — u 12,2–18,9%, a trombocytopenia u 0,06–0,12% dzieci [18]. Niestety nie istnieją żadne wiarygodne dane na temat wyżej wymienionych zaburzeń hematologicznych występujących przed 1986 rokiem, co uniemożliwia porównanie ich ze sobą, a co za tym idzie — ocenę hipotetycznej roli, jaką pełni w ich patogenezie wybuch w elektrowni w Czarnobylu. Po przebadaniu ponad 1500 robotników pracujących przy porządkowaniu elektrowni w Czarnobylu stwierdzono nieznaczny spadek liczby leukocytów, limfocytów T oraz okresowe zmniejszenie liczby limfocytów B i stężenia immunoglobulin. Zaburzenia te utrzymywały się, w zależności od przyjętej dawki promieniowania, przez 4 do 6 miesięcy przy napromienieniu poniżej 2,5 mGy, do około roku przy napromienieniu od 2,5 do 7 mGy [19].

W cytogenetycznej analizie aberracji chromosomowych w leukocytach krwi obwodowej przeprowadzonej 4–13 lat po awarii w Czarnobylu u pracowników porządkujących teren tej elektrowni w porównaniu z grupą kontrolną wykazano częstszą obecność wymiany chromatyd, chromosomów pierścieniowatych, acentrycznych i dicentrycznych. Występowanie na przykład wymiany chromatyd może wynikać z działania różnych

czynników środowiskowych, między innymi zanieczyszczeń środowiska czy palenia tytoniu. Natomiast występowanie chromosomów pierścieniowatych i dicytrycznych może wskazywać na genotoksyczny efekt promieniowania jonizującego [20].

Ciąża i wady wrodzone

W piśmiennictwie jednym z ważniejszych skutków zdrowotnych w pierwszych miesiącach po awarii w elektrowni czarnobylskiej wymienia się wzrost sztucznych poronień. Także lekarze częściej radzili wstrzymać się z zachodzeniem w ciążę. W 1987 roku w Europie Zachodniej urodziło się około 200 000 dzieci mniej [21], a w Szwajcarii w czerwcu 1986 roku zanotowano 60-procentowy wzrost liczby aborcji w porównaniu z latami 1984–1985 [22]. Było to spowodowane raczej aurą wokół tej katastrofy, nasilonym lękiem przed promieniowaniem jonizującym i jego ewentualnymi skutkami niż rzeczywistymi efektami jego działania.

Dziewięć miesięcy po wypadku w Czarnobylu w Berlinie Zachodnim zanotowano 12 przypadków zespołu Downa (prognozowano 2–3 przypadki) [23]. Trudno jest jednak przypisać ich wystąpienie opadowi promieniotwórczemu, ponieważ dawki promieniowania otrzymane przez populację Berlina były zbyt małe, aby wywołać typowe dla zespołu Downa zmiany w chromosomach.

W 1991 roku w rejestrze *European Registration of Congenital Anomalies and Twins* (EUROCAT), zawierającym dane z 14 europejskich krajów, porównując częstość zespołu Downa przed i po wypadku w Czarnobylu, nie stwierdzono znaczących różnic [24]. Podobne wyniki przyniosło porównanie anomalii dotyczących centralnego układu nerwowego i oczu. Ich występowanie w grupie dzieci narażonych na promieniowanie *in utero* podczas pierwszych 5 miesięcy po awarii nie różniło się od oczekiwanego wyliczonego na podstawie rejestrów z lat 1980–1985 [24].

Lazjuk i wsp. [25, 26] przeprowadzili badania 21 000 embrionów i płodów w wieku od 5 do 12 tygodni pochodzących z aborcji na Białorusi w latach 1980–1991. Występowanie wszystkich typów wad wrodzonych było wyższe na terenach skażonych między 1986 a 1991 rokiem niż na terenie kontrolnym w stolicy Białorusi — Mińsku w latach 1980–1991 (odpowiednio: 8% i 4,9%). Znaczny wzrost występowania wrodzonych malformacji, takich jak: *anencephalia*, rozszczep podniebienia, rozszczep wargi, rozszczep kręgosłupa, *polydactylia*, zespół Downa, atrezja przelyku, atrezja odbytu, stwierdzono po awarii w obu strefach skażonej i nieskażonej.

Ten sam zespół badaczy przeanalizował białoruski Narodowy Rejestr Wad Wrodzonych, gdzie w latach 1983–1999 monitorowano 9 łatwo diagnozowanych

wad, między innymi zespół Downa, atrezję odbytu i inne oraz porównał dane z 4 regionów o różnym stopniu skażenia radiologicznego. We wszystkich porównywanych okresach częstość wspomnianych wyżej wad wrodzonych w momencie narodzin na terenach najbardziej skażonych (Gomel, Mogilev) była mniejsza w porównaniu z mniej skażonymi (Mińsk, Witebsk). Tę pozytywną tendencję obserwowano na terenach o mniejszym i większym skażeniu. W latach 1979–1985 na wymienionych obszarach rodziło się średnio 130 000 dzieci rocznie. Po 1986 roku liczba urodzeń stopniowo spadała aż do 64 000/rok w 1997 roku. Obserwowana jest także tendencja wzrostowa częstości wad wrodzonych we wszystkich 4 regionach (średnio 5/1000 urodzeń w 1983 r. do 11/1000 urodzeń w 1998 r.). Autorzy opracowania uważają, że może to się wiązać z lepszą diagnostyką i opieką medyczną po awarii, jednak prawdziwego wzrostu występowania wad wrodzonych spowodowanego awarią w Czarnobylu nie można wykluczyć [27].

W raporcie *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2000* (UNSCEAR 2000) porównano wyniki badań z 3 regionów Rosji o różnym stopniu skażenia (Bryansk-Briańsk, Tula-Tuła, Ryazan-Riazań) przed i po wybuchu. Współczynnik urodzeń zmniejszył się we wszystkich trzech regionach w zależności od poziomu skażenia [1]. W 1987 roku zanotowano wzrost śmiertelności okołoporodowej na terenach Białorusi i Ukrainy otaczających Czarnobyl, a także w Niemczech i Polsce. Podejrzewa się, że było to spowodowane skażeniem środowiska przez ^{137}Cs . Po 1989 roku nastąpił kolejny, nieoczekiwany wzrost śmiertelności okołoporodowej na Białorusi i Ukrainie, który tym razem wiązał się z aktywnością ^{90}Sr [28]. Z badań przeprowadzonych w północno-wschodniej Polsce wynika, że 8,1% młodych kobiet poddanych badaniu w maju 1986 roku była w ciąży. Urodziły one zdrowe dzieci, zanotowano 7 spontanicznych poronień, jedna kobieta usunęła ciążę [29]. Podobne badania przeprowadzono w regionie poznańskim, gdzie skażenie promieniotwórcze również nie miało wpływu na przebieg ciąży u kobiet w czasie awarii czarnobylskiej [30].

W podsumowaniu raportu UNSCEAR 2000 stwierdzono, że do 2000 roku nie wystąpił wzrost występowania wad wrodzonych oraz wczesnych czy martwych porodów w związku z ekspozycją na promieniowanie jonizujące pochodzące z elektrowni w Czarnobylu [1].

Psychologiczne skutki katastrofy

Dotychczas nie wiadomo, czy w rzeczywistości katastrofa w Czarnobylu nie wywołała największego spustoszenia w psychice ludności nie tylko bezpośrednio dotkniętej tragedią czy zamieszkującej skażone tereny, ale także tej oddalanej o wiele tysięcy kilometrów od

miejsca awarii. Niepokój i lęk przed promieniowaniem jonizującym i jego skutkami bezzasadnie podsycali media na wszystkich kontynentach. Panująca radiofobia stała się ważnym narzędziem przeciwników energetyki jądrowej w walce z nowo powstającymi elektrowniami atomowymi, na przykład protesty przeciwko budowie elektrowni atomowej w Żarnowcu.

Zmiany, które zaszły w wyniku katastrofy czarnobylskiej, takie jak: przesiedlenia z miejsc zamieszkania na skażonych terenach, zmiany nawyków żywieniowych w połączeniu z przemianami politycznymi (rozpad ZSRR), ekonomicznymi i socjalnymi (bezrobocie i postępujące ubożenie społeczeństwa) zachodzącymi w 3 krajach byłego Związku Radzieckiego, stworzyły mocne fundamenty do rozwoju depresji, lęku i epidemii chorób psychosomatycznych. Raport UNSCEAR 2000 wykazuje, że występowanie chorób psychosomatycznych jest wyższe w populacji pochodzącej z terenów bardziej skażonych, jednak nie dowiedziono bezpośredniego związku z otrzymaną dawką promieniowania [1]. Wyniki badań na Ukrainie wykazały rozprzestrzenianie się lęku przed zdrowotnymi skutkami promieniowania przekazywane dzieciom przez rodziców w wyniku nadmiernej opiekuńczości. Raport WHO i UNICEF z 2002 roku podają, że 65% dorosłych dotkniętych katastrofą ma pesymistyczny pogląd na świat [31].

Szczególnie dużo uwagi poświęcono ocenie wpływu, jaki wywarła awaria w Czarnobylu na psychikę dzieci. Kozlova i wsp. [32] za pomocą psychometrycznych testów porównali dwie grupy dzieci: pochodzące z obszarów skażonych (15–40 Ci/km²), poddane działaniu promieniowania jonizującego *in utero* w różnych okresach ciąży i pochodzące z terenów nieskażonych (< 1 Ci/km²). W grupie narażonej na działanie promieniowania zaobserwowano zmniejszone zdolności intelektualne. Dzieci będące w czasie awarii *in utero* lub w okresie niemowlęcym ewakuowane z okolic Czarnobyla 11 lat po katastrofie nie wykazują różnic w testach neuropsychologicznych i postrzeganiu swojego komfortu życia w porównaniu z rówieśnikami z grupy kontrolnej [33]. W badaniach przeprowadzonych w latach 1998–2000 wśród dużej grupy osób, które wyemigrowały do Izraela, a w czasie wybuchu były dziećmi zamieszkującymi skażone lub nieskażone promiennotwórczo tereny, nie znaleziono relacji między ekspozycją na promieniowanie a wynikami testów oceniających procesy poznawcze i neurobehawioralne [34].

Często wśród ukraińskich dzieci stwierdzano tak zwaną dystonię neurovegetatywną, na którą składa się: zmęczenie, nieuwaga, bladeść, bóle głowy, bóle brzucha i gorsze wyniki w nauce. Schorzenie to można porównać do zespołu przewlekłego zmęczenia (*chronic fatigue syndrome*) [35].

W badaniach przeprowadzonych na Białorusi, Ukrainie i w Rosji wśród grupy osób pochodzących z różnych stref: skażonej, nieskażonej przylegającej do skażonej, zakazanej, kontrolnej, a także u przesiedleńców wykazano ogólnie wysoki poziom obciążenia psychicznego — wyższy w populacji zamieszkującej skażone tereny. Spośród badanych 25–50% osób przyznało się do zażywania środków uspokajających (największa ich liczba była wśród przesiedleńców). Najpowszechniej występował lęk o stan zdrowia — zarówno własny, jak i całej rodziny [36].

Z katastrofą w Czarnobylu wiąże się także wystąpienie zespołu stresu pourazowego (PTSD, *posttraumatic stress disorder*), na który najbardziej narażeni zostali ludzie usuwający skutki awarii bezpośrednio po niej oraz przesiedleńcy. Zespół stresu pourazowego może przybierać formy depresji, dystymii, zespołu lęku pourazowego, reakcji konwersyjno-dysocjacyjnych czy schizofrenii. *The International Chernobyl Project* w populacji dotkniętej katastrofą i u „likwidatorów” odnotował wzrost liczby samobójstw, okaleczeń, wypadków samochodowych, nagłych zgonów z nieustalonych przyczyn, a także nadużywanie alkoholu i leków [13].

W raporcie UNSCEAR 2000 stwierdzono, że objawy, takie jak depresja, labilność emocjonalna, zaburzenia snu, bóle głowy, niemożność koncentracji, są spowodowane stresogennymi wydarzeniami występującymi po wypadku w czarnobylskiej elektrowni [1].

Trudności w prowadzeniu badań epidemiologicznych

Prowadzenie oceny epidemiologicznej nad związkiem między otrzymaną po wypadku w Czarnobylu dawką promieniowania jonizującego a skutkami zdrowotnymi nie jest łatwe. Podstawowym problemem jest brak dokładnych i wiarygodnych danych dotyczących zapadalności na różne schorzenia na skażonych terenach pochodzących sprzed katastrofy, co stwarza trudności w porównywaniu współczynników zapadalności przed i po wybuchu.

Zwiększonej liczby wykrytych chorób nienowotworowych nie można bezwzględnie wiązać z ekspozycją na promieniowanie jonizujące. Może być ona także wynikiem poprawy nadzoru medycznego, większej liczby zgłoszeń, zainteresowania własnym zdrowiem i poprawy prowadzenia dokumentacji medycznej. Większa zapadalność na raka tarczycy w znacznym stopniu wynika z prowadzenia intensywnych badań przesiewowych, dzięki którym wykryto klinicznie utajone przypadki [1] (zapadalność na raka tarczycy wzrosła 1–4 lata po wypadku, co jest sprzeczne ze zwykle obserwowanym dłuższym okresem utajenia dla guzów litych — około 10 lat) [37].

W 1987 roku w wyniku rozporządzenia rządu ZSRR powstały rejestry czarnobylskie, do których wpisano: tak zwanych „likwidatorów”, ludność ewakuowaną bądź zamieszkałą na skażonych terenach. Rejestr ten przed rozpadem ZSRR zawierał dane 659 292 osób aktywnie obserwowanych [38]. Decydującym czynnikiem o wpisaniu danej osoby do rejestru było zamieszkanie w okolicach Czarnobyla w trakcie i po awarii. Spis ten nie jest w pełni wartościowy z powodu braku podziału badanych ze względu na otrzymaną dawkę promieniowania i stan zdrowia przed wypadkiem. Liczba osób w rejestrze ciągle wzrasta, co utrudnia jego rozsądne i zgodne z prawdą ukończenie. Postępująca telefonizacja i komputeryzacja Białorusi, Ukrainy i Rosji sprzyja polepszeniu warunków pracy badaczy, jednak ciągle jest ona daleka od standardów europejskich. Z tego także powodu badania wymagają więcej czasu i środków.

W trakcie międzynarodowej konferencji, która odbyła się w 2001 roku w Kijowie, próbowano podsumować wpływ katastrofy w Czarnobylu na stan zdrowia ludności. Wzięli w niej udział eksperci z wielu krajów i organizacji międzynarodowych m.in.: UNSCEAR, WHO, Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA, *International Atomic Energy Agency*), Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej (ICRP, *International Commission on Radiological Protection*). Stwierdzono, że istnieją przesłanki do wzrostu występowania incydentów wieńcowych, mózgowo-naczyniowych i innych nienowotworowych chorób u robotników porządkujących teren elektrowni atomowej w Czarnobylu [39]. Wykazano tendencję do wzrostu liczby zachorowań na białaczkę u robotników pracujących w elektrowni czarnobylskiej w 1986 i 1987 roku. Zaobserwowano również wzrost częstości guzów litych u „likwidatorów”, osób ewakuowanych i zamieszkujących skażone tereny.

Niniejszy przegląd piśmiennictwa sugeruje, że w czasie kolejnych wielu lat uwaga badaczy powinna skupiać się na osobach, które w czasie wypadku były dziećmi lub *in utero*. W badaniach epidemiologicznych należy zająć się poszukiwaniem zależności między dawką otrzymanego promieniowania a występowaniem schorzeń nienowotworowych, nowotworowych (szczególnie raka tarczycy i białaczki) i innych schorzeń wywołanych przez promieniowanie.

Piśmiennictwo

- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, 2000: Report to the General Assembly, Annex J: Exposures and effects of the Chernobyl accident. United Nations, New York 2000.
- Checherov KP, Kumshaev SB, Tokarchuk MV. Scale of radionuclide emission AT the Chornobyl Nuclear Power Plant in 1986 (The analysis of estimations). *Condensed Matter Physics* 2000; 3: 597–606.
- Ilyin LA. Realities and Myths of Chernobyl. ALARA Limited, Moscow 1994.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, 1988: report to the General Assembly, Appendix to Annex G: Early effects in man of high doses of radiation: Acute radiation effects in victims of the Chernobyl accident. United Nations, New York 1988.
- Barabanova A, Guskova AK. The diagnosis and treatment of skin injuries and other non-bone-marrow syndromes in Chernobyl victims. W: *The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness II. Clinical Experience and Follow-up since 1979*. Elsevier, New York 1990.
- Guskova AK. Ten years after the accident at Chernobyl (retrospective assessment of clinical findings and of counter-measures for mitigating consequences). *Clin Med* 1996; 3: 5–8.
- Baranov M, Gale RP, Guskova AK i wsp. Bone marrow transplantation after the Chernobyl nuclear accident. *New Engl J Med* 1989; 321: 205–212.
- Mathe G, Amiel L, Schwarzenberg L. The treatment of acute total-body irradiation injury in man. *Ann NY Acad Sci* 1964; 114: 388–389.
- Gilberti MV. The 1967 radiation accident nar. Pittsburgh, Pennsylvania, and follow-up report. W: Hubner KF, Fry SA (red.). *The medical basis for radiation accident preparedness*. New York, Elsevier 1980: 131–140.
- Linnemann RE. Soviet Medical Response to the Chernobyl Nuclear Accident. *JAMA* 1987; 258: 637–643.
- World Health Organisation. Report of the International Project for the Health Effects of the Chernobyl Accident. Geneva 1995.
- Zichittella LJ, Mahoney MC, Lawvere S i wsp. Infant mortality trends in a region of Belarus, 1980–2000. *BMC Pediatr* 2004; 4: 3.
- The International Chernobyl Project: an overview. Assessment of radiological consequences and evaluation of protective measures: report by an international advisory committee. International Atomic Energy Agency, Vienna 1991.
- Trivedi A, Hannan MA. Radiation and cardiovascular diseases. *J Environ Pathol Toxicol Oncol* 2004; 23: 99–106.
- Romanenko A, Morimura K, Wanibuchi H i wsp. Urinary bladder lesions induced by persistent chronic low-dose ionizing radiation. *Cancer Sci* 2003; 94: 328–333.
- Evdokimov VV, Erasova VI, Demin AI i wsp. State of the reproductive system of men who participated in the cleaning-up of aftereffects of the Chernobyl AES accident. *Med Tr Prom Ekol* 1993; 3–4: 25–26.
- Steinert M, Weiss M, Gottlob P i wsp. Delayed effects of accidental cutaneous radiation exposure: Fifteen years of follow-up after the Chernobyl accident. *J Am Acad Dermatol* 2003; 49: 417–423.
- Yamashita S, Shibata Y. Chernobyl: A Decade. Proceedings of the Fifth Chernobyl Sasakawa Medical Cooperation Symposium, Kiev, 14–15 October 1996. Elsevier Science BV, Amsterdam 1997.
- Kosianov AD, Morozov VG. Characteristic of immunological state of liquidators of industrial accident with radiation components. W: *Proceedings of the Whole-Union Conference on Human Immunology and Radiation*, Gomel 1991; 120–121.
- Neronova E, Slozina N, Nikiforov A. Chromosome Alterations in Cleanup Workers Sampled Years after the Chernobyl Accident. *Radiat Res* 2003; 160: 46–51.
- Jaworowski Z. UNSCEAR on the health effects from Chernobyl. *Science* 2001; 293: 605–606.
- Perucchi M, Domenighetti G. The Chernobyl accident and induced abortions: only one-way information. *Scand J Work Environ Health* 1990; 16: 443–444.
- Sperling KS, Pelz J, Wegner RD i wsp. Significant increase in trisomy 21 in Berlin nine months after the Chernobyl reactor accident: temporal correlation or casual relation? *BMJ* 1994; 309: 158–162.

24. Dolk H, Lechat MF. Health surveillance in Europe: lessons from EUROCAT and Chernobyl. *Int J Epidemiol* 1993; 22: 363–368.
25. Lazjuk GI, Kirillova IA, Nikolaev DL i wsp. Monitoring of congenital malformations in Belarus after the Chernobyl accident. W: Merwin SE, Balonov MI (red.). *The Chernobyl papers*. Research Enterprises, Richland 1993: 385–397.
26. Lazjuk GI, Kirillova IA, Nikolaev DL i wsp. Frequency changes of inherited anomalies in the Republic of Belarus after the Chernobyl accident. *Radiat Protect Dosim* 1995; 62: 71–74.
27. Lazjuk G, Verger P, Gagniere B i wsp. The congenital anomalies registry in Belarus: a tool for assessing the public health impact of the Chernobyl accident. *Reproductive Toxicol* 2003; 17: 659–666.
28. Korblein A. Strontium fallout from Chernobyl and perinatal mortality In Ukraine and Belarus. *Radiats Biol Radioecol* 2003; 43: 197–202.
29. Kinalska I, Zarzycki W, Zonenberg A i wsp. Wyniki badania wpływu skażenia radiologicznego po katastrofie w Czarnobylu i profilaktyki jodowej na morfologię i czynność tarczycy na terenie północno-wschodniego regionu Polski. *Endokrynol Pol* 1991; 42: 215–234.
30. Gembicki M, Sowiński J, Ruchala M i wsp. Wpływ skażenia radioaktywnego i profilaktyki jodowej w następstwie awarii reaktora atomowego w Czarnobylu na morfologię i czynność tarczycy mieszkańców regionu poznańskiego. *Endokrynol Pol* 1991; 42: 273–298.
31. A Report Comissioned by UNDP and UNICEF with the support of UN-OCHA and WHO. *The Human Consequences of the Chernobyl Nuclear Accident. A Strategy for Recovery*. 25 January 2002.
32. Kozlova I, Korolev V, Nyagu A i wsp. Indicators of radiation effects on the neuro-physic development of children (according to the results of the pilot project “Brain damage in utero” in Belarus, Ukraine and Russia). W: *Health consequences of the Chernobyl accident. Results of the IPHECA pilot projects and related national programmes*. Scientific report. World Health Organisation, Geneva 1996: 116–118, 391–394.
33. Bromet EJ, Goldgaber D, Carlson G i wsp. Children’s well-being 11 years after the Chornobyl’s catastrophe. *Arch Gen Psychiatry* 2000; 57: 563–571.
34. Bar NJ, Reisfeld D, Tirosh E i wsp. Neurobehavioral and cognitive performances of children exposed to low-dose radiation in the Chernobyl accident. *The Israeli Chernobyl health effects study*. *Am J Epidemiol* 2004; 160: 453–459.
35. Stiehm ER. The psychologic fallout from Chernobyl. *Am J Dis Child* 1992; 146: 761–762.
36. Drottz Sjoberg BM, Rumyantseva GM, Arkhangelskaya HV i wsp. Public reactions to the Chernobyl accident. Report from a data collection in 1993 in Russia, Belarus and Ukraine: social and psychological factors. Stockholm Center for Risk Research, Stockholm School of Economics, Stockholm 1994.
37. Moysich KB, Menezes RV. Chernobyl-related ionising radiation exposure and cancer risk: an epidemiological review. *Lancet Oncol* 2002; 3: 269–279.
38. Souchkevitch GN, Tsyb AF (red.). *World Health Organization: Health consequences of the Chernobyl accident. Results of the IPHECA pilot projects and related national programmes*. Scientific Report, WHO/EHG 1996: 95–19.
39. Conclusions. 3rd International Conference: Health effects of the Chernobyl accident: Results of 15-year follow-up studies. Kiev (Ukraine), 4 to 8 June 2001.