

ZADANIE Z ZAKRESU: NAUKI MEDYCZNE / RADIOBIOLOGIA

WSTĘP

Zanieczyszczenia powietrza w dużych aglomeracjach miejskich o zwartej zabudowie i wysokiej gęstości zaludnienia, takich jak aglomeracja śląska, wynikają z opartych na węglu metodach ogrzewania i pozyskiwania energii, z intensywnego ruchu samochodowego oraz z przemysłu.

Podczas spalania węgla do atmosfery uwalniane są m.in.: tlenek węgla (IV), tlenek węgla (II), tlenki azotu, tlenek siarki (IV), chlorowodór, fluorowodór, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, dioksyny, furany, metale ciężkie (głównie ołów i kadm) oraz pyły zawieszane (PM10 i PM2.5). Pył zawieszony PM10 jest mieszaniną substancji zawierającą wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, metale ciężkie, dioksyny i furany. Ulega on akumulacji głównie w górnych drogach oddechowych. Pył zawieszony PM2.5 przenika do płuc i tam ulega akumulacji. Może powodować liczne choroby płuc, w tym także nowotwory płuc.

Transport powoduje uwalnianie do atmosfery m.in.: tlenku węgla (IV), tlenku węgla (II), tlenków azotu, tlenku siarki (IV), chlorowodoru, ołowiu, benzenu, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz dioksyn. W spalinach samochodowych wydzielanych do atmosfery, wskutek działania promieniowania UV, rośnie ilość wolnych rodników, nadtlenków, ozonu i związków nitrozowych.

W przypadku przemysłu jedną z najbardziej szkodliwych jego gałęzi jest przemysł metalurgiczny, który uwalnia do atmosfery tlenki żelaza, węglowodory i fenole. Inne szkodliwe gałęzie przemysłu to przemysł energetyczny i przemysł transportowy, przede wszystkim z powodu używania przestarzałych technologii.

W 2013 roku Światowa Organizacja Zdrowia zakwalifikowała zanieczyszczenie powietrza jako karcinogen. W badaniach kohortowych uwzględniających miliony ludzi w Europie, Azji i Ameryce Północnej zaobserwowano znaczny wzrost zapadalności na raka płuc na obszarach z zanieczyszczonym powietrzem. Odnotowano także związek zachorowań na raka pęcherza moczowego i długiej ekspozycji na niektóre zanieczyszczenia powietrza pochodzące głównie z transportu (tak więc dotyczy to np. osób kierujących ruchem drogowym).¹

Zanieczyszczenie powietrza zmienia ekspresję genów biorących udział w naprawie DNA, zapaleniach, odpowiedzi immunologicznej i odpowiedzi na stres oksydacyjny, skraca długość telomerów (co wiąże się z szybszym starzeniem się komórek) i wpływa na proces metylacji DNA, który prowadzi do wyciszenia niektórych genów. Zanieczyszczenia powietrza powodują mutacje, których skutkiem jest zwiększenie aktywności onkogenów (np. K-ras i c-myc; wówczas dochodzi do nadmiernej, niekontrolowanej proliferacji komórek i zahamowania ich apoptozy) lub zmniejszenie aktywności genów supresorowych (np. P53 i RB; wówczas geny te, normalnie odpowiadające za zahamowanie

¹ International Agency for Research on Cancer, Lyon, France, *The carcinogenicity of outdoor air pollution*, opublikowano: 24.10.2013: https://www.researchgate.net/profile/Beatrice_Lauby-Secretan/publication/259160742_The_carcinogenicity_of_outdoor_air_pollution/links/54ae69300cf2828b29fcfa d0.pdf (dostęp: 20.02.2016);

proliferaacji i promocję apoptozy komórek, nie spełniają swoich funkcji), czyli dochodzi do transformacji nowotworowej.

CEL BADANIA

Celem badania jest potwierdzenie tezy, iż mieszkańcy aglomeracji śląskiej częściej zapadają na nowotwory, głównie nowotwory płuc, niż mieszkańcy terenów wiejskich regionu śląskiego z powodu ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza wynikające przede wszystkim z uwalniania do atmosfery produktów spalania węgla. Rak płuc to obecnie najczęstszy nowotwór złośliwy w Polsce i jest główną przyczyną zgonu z powodu chorób nowotworowych w Polsce. Poprzez zwiększenie świadomości społecznej na temat czynników etiologicznych raka płuc, istnieje szansa na zmniejszenie zapadalności na tę chorobę. W dalszej perspektywie celem badania jest także edukacja społeczeństwa na temat skutków zanieczyszczenia powietrza poprzez spalanie węgla i promowanie innych źródeł energii, tj. przede wszystkim energii jądrowej.

ZAŁOŻENIA BADANIA

Zostanie przeprowadzone badanie kohortowe, tj. badanie prospektywne służące do określenia związku przyczynowo-skutkowego poprzez pomiar zapadalności na daną chorobę w grupach ekspozowanej i nieekspozowanej, u których na początku obserwacji dana choroba nie występowała. Przyjęto założenie, że badania trwać będą 10 lat. Taka perspektywa czasowa wydaje się być optymalna, zważywszy na to, iż nowotwory rozwijają się w różnym tempie i dzięki dość długiemu okresowi czasu możliwe będzie odnotowanie wyraźnych różnic w zapadalności na nowotwory. Badania będą obejmowały w sumie około 2000 osób. Zaangażowanie takiej ilości osób jest korzystne nie tylko przez zapewnienie szerokiego zakresu zmienności osobniczej, lecz także ze względu na ewentualne straty kohorty. Narzędziem, na którym będzie skupione badanie, są płuca ze względu na to, że głównymi nowotworami powstającym po ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza są nowotwory płuc.

1. Ekspozycja: grupa ekspozowana (mieszkańcy aglomeracji śląskiej, ok. 1000 osób) i nieekspozowana (mieszkańcy terenów wiejskich regionu śląskiego, ok. 1000 osób). W obu grupach badani są mężczyźni i kobiety w wieku 35-75 lat. Dane gromadzone są dla obu płci osobno, przy uwzględnieniu przedziałów wiekowych co 5 lat; w każdym 5-letnim przedziale wiekowym powinno znaleźć się ok. 60 kobiet i 60 mężczyzn z grupy ekspozowanej oraz ok. 60 kobiet i 60 mężczyzn z grupy nieekspozowanej. Uwzględniane są inne czynniki etiologiczne powodujące nowotwory:
 - palenie tytoniu: klasyfikacja badanych na: nigdy niepalących, byłych palaczy (niepalących od co najmniej 2 lat), palących (na podstawie ilości paczek dziennie: ≤ 1 , 2 lub $3\leq$),
 - warunki w pracy: ekspozycja na pył węglowy, azbest, produkty spalania oleju napędowego,
 - warunki bytowe (materiały, z których zbudowano dom, farby, pestycydy),
 - ekspozycja na radon (powstaje on jako produkt rozpadu śladowych ilości pierwiastków promieniotwórczych, obecnych np. w granicie i pustakach żużlowych oraz powoduje raka płuc),
 - rodzaj diety (zbilansowana/niezbilansowana),
 - status socjoekonomiczny (rolnicy, pracownicy zatrudnieni w przemyśle lekkim, pracownicy zatrudnieni w przemyśle ciężkim, pracownicy umysłowi).
2. Obserwacja stanu zdrowia grupy ekspozowanej i nieekspozowanej przez 10 lat.

3. Punkt końcowy – stan kliniczny (choroba) i porównanie zapadalności w obu grupach (określenie ryzyka względnego, czyli stosunku zapadalności w grupie ekspozowanej i nieekspozowanej).

ORGANIZACJA BADANIA

1. Badanie bazowe: do badań zostaną włączone osoby zdrowe i określony zostanie przydział do grupy ekspozowanej lub nieekspozowanej. Można to zrobić przy użyciu kwestionariuszy pocztowych lub elektronicznych. Dokonuje się kwalifikacji badanych do odpowiedniej grupy płci i przedziału wiekowego, przy uwzględnieniu dodatkowych czynników etiologicznych.
2. Podczas badań regularnie monitorowana jest jakość powietrza (pomiar natężenia ekspozycji) przy użyciu Systemu Informacji Geograficznej.
3. Badania kontrolne prowadzone są co roku; określa się wówczas czy wystąpił punkt końcowy (choroba). Podejrzeniem choroby są dolegliwości zgłaszane przez pacjenta (np. kaszel, duszność, krwioplucie – dolegliwości typowe dla wystąpienia nowotworu płuc), a następnie zaobserwowanie zmian na zdjęciu rentgenowskim (ewentualnie w badaniu rezonansem magnetycznym). Wystąpienie nowotworu należy potwierdzić badaniem histopatologicznym, badaniem krwi: rozmazem, koagulogramem i badaniem biochemicznym (kreatynina, mocznik, transaminazy, fosfataza zasadowa, LDH, bilirubina, wapń, sód, potas), oceną wydolności oddechowej (badania spirometryczne) i oceną wydolności układu krążenia (EKG lub echo serca).
4. W badaniach należy uwzględnić straty kohorty: migrację, śmierć, choroby inne niż punkt końcowy, które uniemożliwiają udział w badaniach, odmowę udziału w badaniach. Wszystkie dane zebrane od badanych, których dotknął któryś z powyższych czynników, należy uwzględnić w badaniu.
5. Dane na temat stanu zdrowia pacjentów i poziomu ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza należy gromadzić i opracowywać w bazach danych.
6. Wyniki badania należy opracować w formie tabel, uwzględniając zmienne: ekspozycja lub brak ekspozycji na zanieczyszczenie powietrza, płeć, przedział wiekowy, narażenie na poszczególne czynniki etiologiczne.

HIPOTEZA

Wyniki badania ukażą, że mieszkańcy aglomeracji śląskiej częściej zapadają na nowotwory płuc niż mieszkańcy terenów wiejskich regionu śląskiego z powodu ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza wynikające przede wszystkim z uwalniania do atmosfery produktów spalania węgla, a także z zanieczyszczenia powietrza przez transport oraz przemysł.

Większa zapadalność będzie dotyczyła także osób starszych oraz osób, u których odnotowano inne czynniki etiologiczne oprócz zanieczyszczenia powietrza, tj.: palenie tytoniu, ekspozycję na czynniki szkodliwe w pracy (takie jak pył węglowy, azbest czy produkty spalania oleju napędowego), złe warunki bytowe (narażenie na farby i pestycydy, materiałem budowlanym były pustaki żużlowe itd.), złą dietę (otyłość, częste spożywanie alkoholu).

ODNIESIENIE DANYCH POLSKICH DO PORÓWNYWALNEJ W KONTEKŚCIE PROBLEMU AGLOMERACJI ŚWIATOWEJ

Porównywalną z rejonem śląskim aglomeracją jest Donieckie Zagłębie Węglowe. Region ten jest zamieszkały przez około 4 mln ludzi. W samym Doniecku funkcjonuje 17 kopalni węgla i 5 hut żelaza, które emitują do atmosfery m. in.: tlenek węgla (IV), tlenek węgla (II), tlenki azotu, tlenek

siarki (IV), chlorowodór, fluorowodór, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, metale ciężkie oraz pyły zawieszane (PM10 i PM2.5). W regionie Doniecka odsetek nowotworów złośliwych w ogólnej śmiertelności wynosi ok. 15%, podczas gdy średnia w całym kraju to ok. 12%. Szczególnie dużo zachorowań na nowotwory obserwuje się w Mariupolu, najbardziej zanieczyszczonym mieście Donieckiego Zagłębia Węglowego. Najczęstszym diagnozowanym nowotworem (ok. 20%) jest nowotwór płuc.²

Z podobnym problemem zanieczyszczenia powietrza przez uwalnianie do atmosfery produktów spalania węgla, zanieczyszczeń produkowanych przez ruch samochodowy, transport oraz rolnictwo są Chiny. W Chinach istnieją rejony o bardzo wysokiej gęstości zaludnienia i tradycyjnych, opartych na węglu metodach ogrzewania i pozyskiwania energii. W październiku 2015 roku organizacja Greenpeace opublikowała raport na temat zanieczyszczenia powietrza w Chinach pyłem zawieszonym PM2.5; norma jest tam przekroczona czterokrotnie.³ Prognozy zapowiadają, iż w Chinach do 2020 roku na raka płuc będzie zapadało 800 tysięcy osób rocznie, a śmiertelność wyniesie 700 tysięcy osób rocznie. Obecnie w Chinach na raka płuc umiera rocznie około 600 tysięcy osób.⁴

ANALOGICZNA AGLOMERACJA WYŁĄCZNIE ENERGETYKI JĄDROWEJ

Badanie kohortowe prowadzone w celu udowodnienia tezy, iż zapadalność na nowotwory może być mniejsza w przypadku aglomeracji wyłącznie energetyki jądrowej niż w aglomeracji pozyskującej energię z węgla, należałoby prowadzić w państwie, które posiada zarówno elektrownie jądrowe, jak i elektrownie węglowe. Dobrym przykładem takiego kraju jest Francja. Tego typu badanie można prowadzić w porozumieniu z ośrodkami badawczymi we Francji, które zajmują się zanieczyszczeniami powietrza i ich wpływem na zdrowie człowieka.

Zostanie przeprowadzone badanie prospektywne, służące porównaniu częstości zapadalności na nowotwory osób mieszkających w pobliżu elektrowni jądrowej, przykładowo elektrowni we Flamanville we Francji, oraz osób mieszkających w pobliżu elektrowni węglowej, przykładowo elektrowni w Cordemais we Francji (w obu przypadkach zakłada się odległość nie większą niż 100 km). Wszystkie badane osoby na początku obserwacji nie chorowały na nowotwory. Przyjęto założenie, że badania trwać będą 10 lat i będą obejmowały w sumie około 2000 osób.

W przypadku tego badania nie zakłada się jednej konkretnej lokalizacji narządowej, ponieważ radioaktywność może powodować nowotwory o różnych lokalizacjach narządowych: nowotwory tarczycy, białaczki, nowotwory płuc itd.

Założenia badania:

1. Ekspozycja: grupa osób żyjąca w pobliżu elektrowni jądrowej we Flamanville (ok. 1000 osób) i grupa osób żyjąca w pobliżu elektrowni węglowej w Cordemais (ok. 1000 osób). W obu

² OstroV news agency, *Мариуполь – самый загрязненный город Донецкой области с высоким уровнем заболеваемости раком (Mariupol – najbardziej zanieczyszczonym miastem w regionie Doniecka z częstym występowaniem raka)*, opublikowano: 04.10.2006: <http://www.ostro.org/donetsk/society/news/28933/> (dostęp: 20.02.2016);

³ Energydesk Greenpeace, *China air pollution: Things are getting better but 80% of cities are still super smoggy*, opublikowano: 15.10.2015: <http://energydesk.greenpeace.org/2015/10/15/china-air-pollution-things-are-getting-better-but-80-of-cities-are-still-super-smoggy/> (dostęp: 20.02.2016);

⁴ China Daily, *Lung cancer patients to number 800,000 per year by 2020*, opublikowano: 01.12.2015: http://www.chinadaily.com.cn/china/2015-12/01/content_22593831.htm (dostęp: 20.02.2016);

grupach badani są mężczyźni i kobiety w wieku 35-75 lat. Dane gromadzone są dla obu płci osobno, przy uwzględnieniu przedziałów wiekowych co 5 lat oraz biorąc pod uwagę inne czynniki etiologiczne powodujące nowotwory:

- palenie tytoniu: klasyfikujemy badanych na: nigdy niepalących, byłych palaczy (niepalących od co najmniej 2 lat), palących (na podstawie ilości paczek dziennie: ≤ 1 , 2 lub $3 \leq$);
 - warunki w pracy: ekspozycja na pył węglowy, azbest, produkty spalania oleju napędowego,
 - warunki bytowe (materiały, z których zbudowano dom, farby, pestycydy),
 - ekspozycja na radon (powstaje on jako produkt rozpadu śladowych ilości pierwiastków promieniotwórczych, obecnych np. w granicie i pustakach żużlowych oraz powoduje raka płuc),
 - rodzaj diety (zbilansowana/niezbilansowana),
 - status socjoekonomiczny (rolnicy, pracownicy zatrudnieni w przemyśle lekkim, pracownicy zatrudnieni w przemyśle ciężkim, pracownicy umysłowi).
2. Obserwacja stanu zdrowia osób żyjących w pobliżu elektrowni jądrowej i osób żyjących w pobliżu elektrowni węglowej przez 10 lat.
 3. Punkt końcowy – stan kliniczny (choroba) i porównanie zapadalności w obu grupach.

Organizacja badania przebiega analogicznie z badaniem przeprowadzanym w regionie śląskim:

1. Badanie bazowe: do badań zostaną włączone osoby zdrowe i określony zostanie przydział do grupy osób żyjących w pobliżu elektrowni jądrowej lub grupy osób żyjących w pobliżu elektrowni węglowej. Można to zrobić przy użyciu kwestionariuszy pocztowych lub elektronicznych. Dokonuje się klasyfikacji badanych do odpowiedniej grupy płci i przedziału wiekowego oraz uwzględnia się dodatkowe czynniki etiologiczne.
2. Podczas badań regularnie monitorowana jest w obu miejscach jakość powietrza (pomiar natężenia ekspozycji) przy użyciu Systemu Informacji Geograficznej oraz przy pomocy specjalnych urządzeń w obu miejscach mierzony jest stopień radioaktywności.
3. Badania kontrolne prowadzone są co roku; określa się wówczas czy wystąpił punkt końcowy (choroba nowotworowa), przeprowadzając prawidłowe postępowanie diagnostyczne.
4. W badaniach należy uwzględnić straty kohorty: migrację, śmierć, choroby inne niż punkt końcowy, które uniemożliwiają udział w badaniach, odmowę udziału w badaniach. Wszystkie dane zebrane od badanych, których dotknął któryś z powyższych czynników, należy uwzględnić w badaniu.
5. Dane na temat stanu zdrowia pacjentów i poziomu ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza należy gromadzić i opracowywać w bazach danych.
6. Wyniki badania należy opracować w formie tabel, uwzględniając zmienne: ekspozycja lub brak ekspozycji na zanieczyszczenie powietrza, płeć, przedział wiekowy, narażenie na poszczególne czynniki etiologiczne.

Hipoteza: Wyniki badania ukażą, że osoby mieszkające w pobliżu elektrowni węglowej częściej zapadają na nowotwory niż osoby mieszkające w pobliżu elektrowni jądrowej. Jest to spowodowane tym, że w pobliżu elektrowni węglowej w atmosferze znajdują się emitowane przez elektrownię gazy, takie jak: tlenek węgla (IV), tlenek węgla (II), tlenki azotu, tlenek siarki (IV), a także pyły zawieszone PM10 i PM2.5 oraz metale ciężkie (np. rtęć i kadm). Jeśli chodzi o elektrownię jądrową, uwalnia ona do atmosfery głównie skondensowaną parę wodną, co znacznie ogranicza emisję gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń. Co więcej, emisje radionuklidów są bardzo małe, a

emitowana radioaktywność nie przekracza 1 mSv rocznie (co jest dopuszczalną dawką emisji w Unii Europejskiej), a więc elektrownie jądrowe nie powodują zagrożenia nowotworowego.⁵

Większa zapadalność na nowotwory w obu grupach będzie dotyczyła osób starszych oraz osób, u których odnotowano inne czynniki etiologiczne: palenie tytoniu, ekspozycję na czynniki szkodliwe w pracy (takie jak pył węglowy, azbest czy produkty spalania oleju napędowego), złe warunki bytowe (narażenie na farby i pestycydy, materiałem budowlanym były pustaki żużlowe itd.), złą dietę (otyłość, częste spożywanie alkoholu).

PODSUMOWANIE

Choroby nowotworowe są obecnie drugą, zaraz po chorobach układu krążenia, przyczyną zgonów w Polsce – według Głównego Urzędu Statystycznego w 2013 roku były przyczyną 25,5% wszystkich zgonów.⁶ Rocznie w Polsce na nowotwory zapada ponad 150 tys. osób. Prognozy zapowiadają, że w następnych latach zapadalność w naszym kraju będzie rosła w różnym stopniu w zależności od województwa. W bardziej zanieczyszczonych regionach Polski, takich jak województwo śląskie, zapadalność będzie znacznie wyższa niż w mniej zanieczyszczonych rejonach, na przykład w województwach: podlaskim, świętokrzyskim i warmińsko-mazurskim. Dla władz polskich powinno to stanowić sygnał do zdecydowanego działania w kierunku eliminowania energetyki opartej na węglu.

Zanieczyszczenie powietrza spowodowane emisją do atmosfery szkodliwych gazów, pyłów, a nawet metali ciężkich przez elektrownie węglowe wpływa bezpośrednio na stan zdrowia osób mieszkających w pobliżu elektrowni. Poza wspomnianymi wcześniej nowotworami, mamy do czynienia między innymi z zaostrzeniami astmy oskrzelowej, nawracającymi infekcjami dróg oddechowych, przewlekłą obturacyjną chorobą płuc, miażdżycą, a co za tym idzie z nadciśnieniem tętniczym, chorobą niedokrwienną serca czy udarami mózgu. Leczenie tych jednostek chorobowych jest często bardzo drogie, więc skutki zanieczyszczenia powietrza w dalszej perspektywie odczuje także budżet państwa i służba zdrowia.

Bez wątpliwości jednym z najlepszych rozwiązań w tak dramatycznej sytuacji byłaby budowa elektrowni jądrowej na terytorium Polski. Jak pokazują ogólnoswiatowe badania stanu zdrowia osób mieszkających w pobliżu elektrowni jądrowych, nie istnieje tam zagrożenie nowotworowe, ponieważ emisje radionuklidów są bardzo małe i nie przekraczają dopuszczalnej dawki emisji promieniowania. Co więcej elektrownie jądrowe (w przeciwieństwie do elektrowni węglowych) nie uwalniają do atmosfery tlenku węgla (IV), tlenku węgla (II), tlenków azotu, tlenku siarki (IV), wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, metali ciężkich i pyłów zawieszonych. Budowa elektrowni jądrowej przyczyniłaby się więc do zmniejszenia stopnia zanieczyszczenia powietrza w Polsce, a co za tym idzie byłaby to szansa na zmniejszenie zapadalności na nowotwory.

⁵Oficjalna strona internetowa Ministerstwa Energii: *Czy elektrownie jądrowe powodują zagrożenie nowotworowe dla pracowników obsługi i ludności w bliskim sąsiedztwie, szczególnie u dzieci i noworodków?*, opublikowano: 04.01.2010, zmodyfikowano: 26.04.2014: <http://www.mg.gov.pl/node/6753?font-size=1> (dostęp: 20.02.2016).

⁶Główny Urząd Statystyczny, *Trwanie życia w 2014 r.*, Warszawa, Informacje i opracowania statystyczne, 2015, s. 37.