

KJELL HANSSON MILD^{1,2}
LENNART HARDELL^{2,3}
MICHAEL CARLBERG³

¹ Umeå University Dept. of Radiation Physics, S-901 87 Umeå, Sweden

² Department of Natural Sciences, Örebro University, SE-701 82 Örebro, Sweden

³ Department of Oncology, University Hospital, SE-701 85 Örebro, Sweden

Użytkowanie telefonów komórkowych i bezprzewodowych a ryzyko występowania guzów mózgu zdiagnozowanych w latach 1997-2003

– wyniki badań kliniczno-kontrolnych*

W ostatnich latach na całym świecie wzrasta liczba użytkowników telefonów przenośnych i bezprzewodowych. Mózg jest organem ekspozowanym na pola elektromagnetyczne o częstotliwościach radiowych, emitowane podczas rozmów telefonicznych.

Od drugiej połowy lat dziewięćdziesiątych w Szwecji były wykonywane badania w celu ustalenia związku tej ekspozycji z guzami mózgu. Ekspozycja była oceniana na podstawie pytań ankietowych. Analiza łączna dwóch badań kliniczno-kontrolnych przypadków zachorowań na guzy mózgu została oparta na odpowiedziach od 1 254 (88%) pacjentów z łagodnym guzem mózgu, 905 (90%) ze złośliwym guzem mózgu oraz 2 162 (89%) osób z grupy kontrolnej.

W podsumowaniu autorzy stwierdzili, że na podstawie przeglądu najnowszych badań dotyczących tego tematu można wnioskować, iż używanie telefonów przenośnych dłużej niż 10 lat powoduje zwiększone ryzyko występowania guzów mózgu.

Pooled analysis of two Swedish case-control studies on the use of mobile and cordless telephones and the risk of brain tumours diagnosed in 1997-2003

During recent years the use of mobile and cordless phones has increased worldwide. Radiofrequency electromagnetic fields are emitted during calls and the brain is the main target organ for exposure.

We have done case-control studies on this topic since the second part of the 1990s to evaluate an association with brain tumours. Exposures were assessed with self-administered questionnaires. The pooled analysis of the two case-control studies on brain tumours was based on answers from 1 254 (88%) cases with a benign brain tumour, 905 (90%) with a malignant brain tumour and 2 162 (89%) controls.

A recent review of currently published studies on this topic has revealed that the use of mobile phones for longer than 10 years increases the risk for brain tumours.

Wstęp

W ostatniej dekadzie znacząco wzrosło wykorzystanie bezprzewodowej komunikacji telefonicznej. Obecnie praktycznie wszyscy posiadają w pracy telefony przenośne lub komórkowe. Czas spędzany na rozmowach telefonicznych rośnie z roku na rok. Postęp związany z użytkowaniem telefonów przenośnych jest bardziej stymulowany rozwojem technologii niż wynikami badań laboratoryjnych i klinicznych dotyczących ich potencjalnego szkodliwego wpływu na zdrowie. Powoduje to pewne zaniepokojenie skutkami używania takich telefonów, bowiem z powodu zbyt małej liczby długotrwałych użytkowników większość badań nie dostarczyła dotychczas rozstrzygających wniosków w tej sprawie.

* Artykuł pt. *Pooled Analysis of Two Swedish Case-Control Studies on the Use of Mobile and Cordless Telephones and the Risk of Brain Tumours Diagnosed During 1997-2003* w wersji oryginalnej został opublikowany w "International Journal of Occupational Safety and Ergonomics" (JOSE). Volume 13, no. 1, 2007. Przetłumaczony i opublikowany za zgodą autorów.

Mózg jest organem narażonym na pola elektromagnetyczne o częstotliwościach radiowych zarówno podczas używania telefonów przenośnych, jak i bezprzewodowych telefonów stacjonarnych. Przeprowadzone w Szwecji i relacjonowane badania kliniczno-kontrolne przypadków guzów mózgu są jednymi z pierwszych na świecie, które dają wyniki dotyczące długotrwałych użytkowników (okres używania telefonów dłuższy niż 10 lat), z liczbą użytkowników wystarczającą do określenia zależności pomiędzy długotrwałym użytkowaniem telefonów przenośnych i komórkowych a ryzykiem zachorowania na nowotwory.

Jednymi z pierwszych krajów na świecie, które wprowadziły nową technologię bezprzewodowej komunikacji telefonicznej są kraje skandynawskie. Telefonia analogowa (NMT; Nordic Mobile Telephone System) pracująca z częstotliwością 450 MHz została wprowadzona w Szwecji w 1981 roku, ale przenośne telefony NMT 450 zostały po raz pierwszy użyte w 1984 roku. Telefony analogowe pracujące z częstotliwością



900 MHz były wykorzystywane w Szwecji w latach 1986 – 2000. System telefonii cyfrowej (GSM) funkcjonuje od 1991 roku i jest obecnie najbardziej powszechnym systemem telefonicznym. System ten wykorzystuje podwójne pasmo: 900 i 1800 MHz. System UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) lub 3G funkcjonuje w Szwecji od 2003 roku i pracuje z częstotliwością 1900 MHz.

Stacjonarne telefony bezprzewodowe także wykorzystują technologię bezprzewodową. Pierwsze telefony analogowe pracujące z częstotliwością radiową z zakresu 800-900 MHz były dostępne w Szwecji w 1988 roku. Cyfrowe telefony bezprzewodowe (DECT – *Digital Enhanced Cordless Telecommunications*) pracujące z częstotliwością 1900 MHz wykorzystywane są od 1991 roku.

Używanie przenośnych i stacjonarnych telefonów wiąże się z ekspozycją na pola radiofalowe. Różne rodzaje telefonów charakteryzują się różną mocą wyjściową. Telefon NMT pracuje z maksymalną mocą równą 1W i bardzo rzadko ją obniża. Telefon GSM 900 pracuje z maksymalną mocą szczytową równą 2W, ale może ją obniżyć do kilku mW, w zależności od odległości od stacji bazowych. Adaptacyjna kontrola mocy (APC) powoduje, że typowe wartości mogą wynosić kilkadziesiąt mW, co daje średnią moc wyjściową mniejszą niż 10 mW. Telefony bezprzewodowe nie mają systemu APC i pracują ze szczytową mocą wyjściową rzędu 250 mW i cyklem pracy 1/24, co daje średnią moc wyjściową około 10 mW.

Część mózgu znajdująca się podczas rozmowy po tej samej stronie co telefon jest najbardziej ekspozowana na pola elektromagnetyczne. W przypadku używania zestawu słuchawkowo-mikrofonowego (*hands-free*), telefon znajduje się przy innej części ciała, która podlega największej ekspozycji na pola częstotliwości radiowych.

Od lat dziewięćdziesiątych przeprowadzono sześć badań kliniczno-kontrolnych przypadków dotyczących związku używania telefonów przenośnych i bezprzewodowych oraz zachorowań na różnego rodzaju guzy, jak: guzy mózgu, guzy gruczolaki ślinowego, *non-Hodgkin lymphoma* oraz nowotwory jąder. Trzy spośród tych badań dotyczyły guzów mózgu. W dalszej części artykułu zostaną one zaprezentowane wraz z analizą statystyczną wyników z przeprowadzonych badań.

Pierwsze badanie kliniczno-kontrolne przypadków zachorowań na guzy mózgu były przeprowadzane w małym zakresie [1, 2]. Były one kontynuowane na większą skalę w dwóch kolejnych badaniach dotyczących guzów mózgu [3-6]. Niniejszy artykuł prezentuje wyniki łącznej analizy dwóch przeprowadzonych na dużą skalę badań kliniczno-kontrolnych przypadków zachorowań na guzy mózgu [7, 8]. W dalszej części artykułu krótko scharakteryzowano te badania. We wszystkich badaniach wykorzystano te same metody epidemiologiczne. Podsumowanie wszystkich sześciu badań dotyczących tego zagadnienia zaprezentowano w innej publikacji [9].

Metoda badań

Wszystkie badania zostały zaakceptowane przez komisje etyczne. Były one przeprowadzane w różnych placówkach służby zdrowia na terenie Szwecji w różnych terminach, w których wybierano grupy przypadków i grupę kontrolną (tabela 1.). Grupa przypadków wybrana została na podstawie informacji pochodzących ze Szwedzkiego Rejestru Nowotworów (*Cancer Registries in Sweden*) w celu ujęcia wszystkich przypadków nowotworów. Adresy zostały sprawdzone z wykorzystaniem Narodowego Rejestru Ludności (*National Population Registry*). Przypadki zgonów zostały wyłączone. Grupa kontrolna została wylosowana ze Szwedzkiego Rejestru Ludności (*Swedish Population Registry*), tak aby odpowiadała grupie przypadków płcią, wiekiem i regionem zamieszkania.

Ocena ekspozycji

Wysłana pocztą ankieta została wykorzystana do oceny ekspozycji na różne czynniki środowiskowe, np. oceny ekspozycji zawodowej związanej z wykorzystywaniem podczas pracy różnych substancji chemicznych i poddawaniem się badaniom rentgenowskim. Zawarto w niej szczegółowe pytania dotyczące użytkowania telefonów przenośnych i bezprzewodowych: lata użytkowania, średni dzienny czas użytkowania w minutach, wykorzystanie zestawu słuchawkowo-mikrofonowego (*hands-free*), dostępność zewnętrznej anteny samochodowej, które ucho jest najczęściej wykorzystywane podczas rozmów telefonicznych. Do celów analizy wykorzystano także możliwość rozdzielenia użytkowania przenośnych telefonów analogowych od użytkowania telefonów cyfrowych dzięki temu, że dla tych telefonów wprowadzono w Szwecji różne prefixy, odpowiednio 010 i 07. W przypadku niejasności w odpowiedziach na pytania ankiety, zostały one uzupełnione telefonicznie przez przeszkolonego ankietera. Do celów analizy statystycznej, ankiety zakodowano z wykorzystaniem metody ślepej próby, tj. bez wyróżniania przynależności do grup – przypadków i kontrolnej.

Analiza statystyczna

Do obliczeń ryzyka względnego (OR) oraz 95% przedziału ufności (CI) wykorzystano analizę bezwarunkowej regresji logistycznej (Stata/SE 8.2 for Windows; StataCorp, College Station, TX). Nie ekspozowana grupa kontrolna złożona była z osób nigdy nie korzystających z telefonów bezprzewodowych lub komórkowych. Ekspozowana grupa przypadków i ekspozowana grupa kontrolna zostały podzielone według rodzaju używanego telefonu: analogowy, cyfrowy, bezprzewodowy. W ocenie ekspozycji rok zdiagnozowania guza mózgu był uznany jako rok zakończenia ekspozycji dla dopasowanej kontroli. Dane do analizy

dotyczące osób z grup przypadków i kontrolnej dopasowano pod względem płci, wieku, wskaźnika socjoekonomicznego (*socio-economic index* – SEI – kod) i roku zdiagnozowania [7, 8].

Wiek wykorzystano w analizie jako ciągłą zmienną. Okres utajenia lub okres wywołania guza był analizowany w trzech przedziałach czasowych: od roku do 5 lat, od 5 do 10 lat i ponad 10 lat od pierwszego użycia telefonu komórkowego lub bezprzewodowego przed zdiagnozowaniem guza. Należy podkreślić, że ogólne wyniki dla wszystkich przedziałów czasowych zostały objęte jedną analizą. Obliczenia dla kombinacji czasu używania w czasie całego życia, wyrażanego w godzinach (1–1000 godzin, 1001–2000 godzin i >2000 godzin), i okresu utajenia (1-5 lat, 5-10 lat i ponad 10 lat) były przeprowadzane oddzielnie w odniesieniu do każdej kategorii okresu utajenia. Czas używania i okres utajenia były zmiennymi ciągłymi. Obliczono OR oraz 95% CI na 100 godzin użytkowania telefonów, a także na 1 rok używania i 1 rok okresu utajenia.

Wyniki

Analiza łączna dwóch badań kliniczno-kontrolnych przypadków zachorowań na guzy mózgu została opracowana na podstawie odpowiedzi od 1254 (88%) pacjentów z łagodnym guzem mózgu, 905 (90%) ze złośliwym guzem mózgu oraz 2162 (89%) osób z grupy kontrolnej. Szczegółowe dane z poszczególnych badań można znaleźć w innych publikacjach [3-6].

Odnosnie do meningioma (oponiak, nowotwór niezłośliwy, najczęściej łatwy do zoperowania, umiejscowiony w oponach mózgowo-rdzeniowych – *przyp. red.*) ryzyko wzrosło wraz z okresem utajenia. Telefony analogowe przy ponad 10-letnim okresie utajenia powodują ryzyko względne OR=1,6; 95% CI 1,02-2,5; telefony cyfrowe OR=1,3; 95% CI 0,5-3,2, natomiast telefony bezprzewodowe OR=1,6; 95% CI 0,9-2,8. Jednak w analizie wielowymiarowej dopasowanej do poszczególnych rodzajów te-

Tabela 1

OPIS BADAŃ KLINICZNO-KONTROLNYCH PRZYPADKÓW ZACHOROWAŃ (HARDELL) DOTYCZĄCYCH UŻYWANIA TELEFONÓW PRZENOŚNYCH I BEZPRZEWODOWYCH ORAZ RYZYKA WYSTĄPIENIA GUZÓW MÓZGU

Description of case-controls studies by HardeLL et al on use of mobile and cordless telephones and the risk for brain tumour

Badania	Obszar geograficzny	Lata	Objęte osoby	Współczynnik odpowiedzi
CNS [1,2]	Uppsala/Örebro Stockholm	1994-1996 1995-1996	233 przypadki 466 grupa kontrolna	209 (90%) przypadki 425 (91%) grupa kontrolna
CNS [3,4]	Uppsala/Örebro, Stockholm, Linköping, Göteborg	1 stycznia 1997 – 30 czerwca 2000	1617 przypadki * 1617 grupa kontrolna	1429 (88%) przypadki 1470 (91%) grupa kontrolna
CNS, łagodny [5]	Uppsala/Örebro, Linköping	1 lipca 2000 – 31 grudnia 2003	462 przypadki ** 820 grupa kontrolna	413 (89%) przypadki 692 (84%) grupa kontrolna
CNS, złośliwy [6]	Uppsala/Örebro, Linköping	1 lipca 2000 – 31 grudnia 2003	359 przypadki ** 820 grupa kontrolna	317 (88%) przypadki 692 (84%) grupa kontrolna

* Jedna grupa przypadków z dwoma guzami mózgu

** Jedna grupa przypadków z łagodnym i złośliwym guzem mózgu

lefonów stwierdzono mniejsze wartości OR, nieistotne statystycznie [7].

Wszystkie rodzaje telefonów zwiększają ryzyko wystąpienia acoustic neuroma (nerwiak nerwu słuchowego, nowotwór rozwijający się na nerwie łączącym ucho z mózgiem – *przyp. red.*). W przypadku telefonów analogowych OR wzrasta wraz z okresem utajenia, a najwyższy jest przy ponad 15-letnim okresie utajenia, OR = 3,5; 95% CI = 1,4-10 [7]. Zwiększone ryzyko występuje także w przypadku telefonów cyfrowych i bezprzewodowych. Jednak w analizie wielowymiarowej tylko telefony analogowe miały znaczący wskaźnik ryzyka wynoszący OR 2,2; 95% CI 1,3-3,8 przy ponad 10-letnim okresie utajenia [7].

W tabeli 2. zestawiono wyniki na 100 godzin używania, na rok używania i na rok okresu utajenia. Odnośnie *meningioma*, ryzyko na 100 godzin używania nie wzrasta znacząco. Jednak 1 rok używania telefonów analogowych powoduje OR=1,05; 95% CI=1,01-1,09, a telefonów bezprzewodowych – OR=1,04; 95% CI=1,01-1,07. Podobne wyniki uzyskano w odniesieniu do okresu utajenia. W przypadku acoustic neuroma ryzyko wzrasta na 100 godzin używania telefonów analogowych i wynosi OR=1,05; 95% CI=1,02-1,09. OR znacząco wzrasta także na rok używania i na rok okresu utajenia w przypadku telefonów analogowych. Telefony cyfrowe i bezprzewodowe nie zwiększają znacząco ryzyka w prezentowanych obliczeniach.

W przypadku *astrocytoma* stopnia I-II (gwiazdziak – nowotwór układu nerwowego – *przyp. red.*) nie znaleziono wyraźnego trendu wzrostu OR wraz z wydłużaniem okresu utajenia, a ryzyko znacząco nie wzrosło (tabela 3.). OR także znacząco nie wzrosło na 100 godzin używania, na 1 rok używania lub 1 rok okresu utajenia, bez względu na rodzaj telefonu (tabela 2.).

Przeciwnie, w przypadku *astrocytoma* stopnia III-IV OR wzrasta wraz z okresem utajenia, jest najwyższe przy ponad 10-letnim okresie utajenia i dotyczy wszystkich rodzajach telefonów. Przy tym okresie utajenia telefony analogowe powodują OR=2,7; 95% CI=1,8-4,2, telefony cyfrowe OR=3,8; 95% CI=1,8-8,1 natomiast telefony bezprzewodowe OR=2,2; 95% CI=1,3-3,9 (tabela 3.). W analizie wielowymiarowej telefony analogowe dają OR=2,0; 95% CI=1,4-2,9, telefony cyfrowe OR=2,4; 95% CI=1,1-4,9, a telefony bezprzewodowe OR=1,3; 95% CI=0,8-2,3 [8].

Ryzyko *astrocytoma* stopnia III-IV znacząco wzrosło na 100 godzin używania: telefonów analogowych OR=1,06; 95% CI=1,03-1,09, telefonów cyfrowych OR=1,04; 95% CI=1,02-1,06, a telefonów bezprzewodowych OR=1,02; 95% CI=1,01-1,03 (tabela 2.). OR znacząco wzrosła dla tych rodzajów telefonów również w odniesieniu do 1 roku używania i 1 roku utajenia.

W tabeli 4. – str. 24. przedstawiono analizę dotyczącą trzech różnych okresów utajenia

z podziałem na trzy długości używania: 1-1000 godzin, 1001-2000 godzin i ponad 2000 godzin. Wzrost OR stwierdzono w odniesieniu do guzów łagodnych w grupach z okresem utajenia: 5-10 lat i ponad 10 lat. Prezentowane wyniki wiążą się głównie ze wzrostem ryzyka wystąpienia *acoustic neuroma*. W trzech kategoriach łącznego czasu używania nie określono jasnej zależności od dozy, chociaż w kilku obliczeniach najwyższe ryzyko stwierdzono w kategorii z najdłuższym łącznym godzinowym czasem używania.

W przypadku złośliwych guzów mózgu używanie telefonów przenośnych wyraźnie zwiększyło OR we wszystkich kategoriach z okresem utajenia dłuższym niż 10 lat. W przypadku łącznej analizy przenośnych telefonów analogowych i cyfrowych wartości OR=2,0; 95% CI=1,3-3,0 przy używaniu 1-1000 godzin wzrosły do OR=6,4; 95% CI=3,0-14 w grupie łącznego używania dłuższego niż 2000 godzin. Odnośnie do telefonów bezprzewodowych używanie dłużej niż 1000 godzin znacząco zwiększa wartość OR zarówno w odniesieniu do okresu utajenia 5-10 lat, jak i dłuższego niż 10 lat.

Dyskusja

Wyniki łącznej analizy opierają się na dostatecznie dużej liczbie długotrwałych użytkowników telefonów przenośnych i bezprzewodowych. Grupy przypadków ustalono na podstawie Szwedzkiego Rejestru Nowotworów (*Swedish Cancer Registry*) obejmującego wszystkie nowe przypadki zachorowań. Grupa kontrolna została zwerbowana z wykorzystaniem Szwedzkiego Rejestru Ludności (*Swedish Population Registry*) obejmującego całą populację. W ten sposób nie było żadnej stronniczości w wyborze grup przypadków i grup kontrolnych do różnorodnych badań. Ocena ekspozycji odnosząca się do pacjentów z guzami mózgu przeprowadzona została po około dwóch miesiącach od diagnozy histopatologicznej. Jedną z korzyści było to, że pacjenci zostali poinformowani o diagnozie oraz mogli odpowiedzieć na ankietę i wywiad telefoniczny w domu, w bardziej dogodnych warunkach niż w szpitalu.

Osiągnięto bardzo wysoki poziom odpowiedzi zarówno w przypadku grup przypadków, jak i grup kontrolnych. Cała ocena ekspozycji i kodowanie danych zostały przeprowadzone bez wiedzy o statusie danej osoby (grupa przypadków lub grupa kontrolna) w celu uniknięcia stronniczych spostrzeżeń. W analizie statystycznej uwzględniono potencjalne czynniki zakłócające, takie jak wiek, płeć, rok zdiagnozowania choroby – właściwy rok dla odpowiedniej osoby z grupy kontrolnej oraz wskaźnik socjoekonomiczny. Ponieważ z roku na rok coraz dłużej korzystamy z telefonów przenośnych i bezprzewodowych, bardzo ważne jest określenie roku diagnozy. Ze względu na większą zachorowalność na *meningioma* kobiet niż mężczyzn konieczne było także określenie płci.

Głównym rezultatem jest zwiększone ryzyko *acoustic neuroma* oraz *astrocytoma* stopnia

Tabela 2
RYZYSKO WZGLĘDNE (OR) ORAZ 95% PRZEDZIAŁ UFNOŚCI (CI) NA 100 GODZIN UŻYWANIA, 1 ROK UŻYWANIA I 1 ROK OKRESU UTAJENIA, ODPOWIEDNIO DLA TELEFONÓW PRZENOŚNYCH (ANALOGOWYCH I CYFROWYCH) LUB TELEFONÓW BEZPRZEWODOWYCH W BADANIACH ZWIĄZANYCH Z GUZAMI MÓZGU [7, 8]. WYNIKI DOPASOWANO DO PŁCI, WIEKU, KODU SEI I ROKU ZDIAGNOZOWANIA

Odds ratio (OR) and 95% confidence interval (CI) per 100 h use, one year use and one year latency period, respectively, for mobile (analogue, digital) or cordless phones in brain tumour studies [7, 8]. Adjustment was made for age, sex, SEI-code and year of diagnosis

	Analogowe		Cyfrowe		Bezprzewodowe	
	OR	95% CI	OR	95% CI	OR	95% CI
OR na 100 godzin używania						
Łagodne	1.03	1.003-1.06	1.00	0.98-1.03	1.01	0.998-1.02
– Meningioma	1.02	0.99-1.05	0.99	0.96-1.02	1.01	0.997-1.02
– Acoustic neuroma	1.05	1.02-1.09	1.03	0.998-1.06	1.01	0.997-1.02
Złośliwe	1.05	1.02-1.07	1.03	1.01-1.05	1.01	1.01-1.02
– Astrocytoma, stopnia I-II	1.04	0.996-1.10	1.03	0.99-1.06	1.01	0.99-1.03
– Astrocytoma, stopnia III-IV	1.06	1.03-1.09	1.04	1.02-1.06	1.02	1.01-1.03
OR na 1 rok używania						
Łagodne	1.06	1.03-1.10	1.04	1.0004-1.07	1.04	1.01-1.06
– Meningioma	1.05	1.01-1.09	1.02	0.98-1.06	1.04	1.01-1.07
– Acoustic neuroma	1.12	1.06-1.17	1.06	0.995-1.13	1.04	0.99-1.10
Złośliwe	1.08	1.04-1.11	1.08	1.04-1.12	1.06	1.03-1.09
– Astrocytoma, stopnia I-II	1.03	0.94-1.13	1.06	0.97-1.16	1.05	0.98-1.12
– Astrocytoma, stopnia III-IV	1.10	1.06-1.14	1.11	1.06-1.16	1.08	1.05-1.12
OR na 1 rok okresu utajenia						
Łagodne	1.05	1.03-1.08	1.04	1.001-1.07	1.04	1.01-1.07
– Meningioma	1.03	1.004-1.06	1.02	0.98-1.06	1.04	1.01-1.07
– Acoustic neuroma	1.10	1.06-1.14	1.06	0.99-1.13	1.04	0.99-1.09
Złośliwe	1.06	1.03-1.08	1.08	1.04-1.12	1.05	1.02-1.08
– Astrocytoma, stopnia I-II	1.03	0.96-1.09	1.06	0.97-1.16	1.04	0.98-1.11
– Astrocytoma, stopnia III-IV	1.07	1.04-1.10	1.11	1.06-1.16	1.08	1.04-1.11

Tabela 3

UŻYWANIE TELEFONÓW PRZENOŚNYCH I BEZPRZEWODOWYCH, RYZYKO WZGLĘDNE (OR) ORAZ 95% PRZEDZIAŁ UFNOŚCI (CI) DLA RÓŻNYCH RODZAJÓW GUZÓW. WYNIKI DOPASOWANO DO PŁCI, WIEKU, KODU SEI I ROKU ZDIAGNOZOWANIA. WYNIKI PRZEDSTAWIONO DLA RÓŻNYCH OKRESÓW UTAJENIA

Use of mobile and cordless phones and odds ratio (OR) and 95% confidence intervals (CI) for different tumour types. Adjustment was made for age, sex, SEI-code and year of diagnosis. Results are given for different latency periods

Badania	>1-5 lat utajenia			>5-10 lat utajenia			>10 lat utajenia		
	analogowe OR CI	cyfrowe OR CI	beprzewodowe OR CI	analogowe OR CI	cyfrowe OR CI	beprzewodowe OR CI	analogowe OR CI	cyfrowe OR CI	beprzewodowe OR CI
CNS 1997-2003 [7,8]									
- Wszystkie	1,3 0,9-1,7	1,1 0,97-1,3	1,2 0,97-1,4	1,4 1,1-1,9	1,4 1,1-1,8	1,4 1,1-1,7	2,1 1,5-2,9	2,1 1,1-3,9	1,6 1,1-2,4
- Wszystkie, łagodne	1,4 0,9-2,0	1,1 0,9-1,4	1,1 0,9-1,4	1,7 1,2-2,3	1,2 0,9-1,7	1,4 1,1-1,7	1,8 1,2-2,6	1,6 0,8-3,5	1,4 0,8-2,3
- Meningoma	1,2 0,8-1,8	1,0 0,8-1,3	1,0 0,8-1,3	1,2 0,8-1,8	1,1 0,8-1,6	1,3 1,01-1,8	1,6 1,02-2,5	1,3 0,5-3,2	1,6 0,9-2,8
- Acoustic neuroma	2,3 1,2-4,1	1,4 1,01-2,1	1,5 1,01-2,1	3,4 2,1-5,5	1,8 1,1-3,0	1,5 0,96-2,4	3,1 1,7-5,7	0,6 0,1-5,0	1,0 0,3-2,9
- Wszystkie złośliwe	1,2 0,8-1,8	1,2 0,96-1,5	1,2 0,9-1,5	1,1 0,8-1,6	1,7 1,2-2,2	1,5 1,1-2,0	2,4 1,6-3,4	2,8 1,4-5,7	1,8 1,1-3,0
- Astrocytoma, stopnia I-II	1,1 0,4-2,8	1,4 0,8-2,3	1,3 0,7-2,2	1,1 0,4-2,6	1,6 0,8-3,4	1,6 0,9-3,0	1,6 0,6-4,1	1,3 0,2-11	1,6 0,5-4,6
- Astrocytoma, stopnia III-IV	1,3 0,8-2,2	1,3 0,97-1,7	1,2 0,9-1,7	1,3 0,8-2,0	2,2 1,6-3,1	1,8 1,3-2,5	2,7 1,8-4,2	3,8 1,8-8,1	2,2 1,3-3,9

III-IV. Szczególnie dla *astrocytoma* stopnia III-IV ryzyko wzrasta zarówno wraz z wydłużeniem czasu utajenia, jak i czasu używania w odniesieniu do wszystkich badanych rodzajów telefonów. Wyniki te wydają się mieć odniesienie biologiczne. Wartości względnego ryzyka OR odnoszące się do 1 roku używania i utajenia są podobne, wskazujące że większość pacjentów przez wiele lat używa stale telefonu, zmieniając tylko jego rodzaj. W Szwecji liczba użytkowników telefonów analogowych maleje z roku na rok, natomiast liczba użytkowników telefonów cyfrowych wzrasta.

Acoustic neuroma może być rodzajem guza „sygnalizującego” zwiększone ryzyko pojawienia się guzów mózgu na skutek ekspozycji na pola elektromagnetyczne o częstotliwościach radiowych, ponieważ jest on w miejscu anatomicznym najbardziej ekspozowanym podczas rozmów z wykorzystaniem telefonów przenośnych i komórkowych. W Szwecji odnotowuje się zwiększoną zachorowalność na tego rodzaju guzy [9]. Ryzyko wystąpienia *acoustic neuroma* znacząco wzrosło o 5% (95% CI=2-9%) na 100 godzin używania telefonu analogowego. Ryzyko związane z używaniem telefonów analogowych wzrosło także, o 12% (95% CI=6-17%) na rok używania i podobnie na rok okresu utajenia. W odniesieniu do telefonów cyfrowych i bezprzewodowych ryzyko znacząco nie wzrosło bez względu na 100-godzinny czas używania, roczny okres używania czy utajenia. Analizując trzy kategorie okresu utajenia, nie otrzymano wyraźnego trendu. Zwiększone OR stwierdzono także w grupie z najkrótszym okresem utajenia (1-5 lat). Może to wskazywać na oddziaływanie pól radiofali emitowanych przez telefony analogowe w późnym etapie powstawania nowotworu. Jednak, dłuższy okres utajenia został określony w innych badaniach dotyczących telefonów przenośnych i ryzyka zachorowania

na *acoustic neuroma* [11]. Zdecydowanie niezbędne są dalsze badania dotyczące guzów mózgu i wykorzystywania urządzeń do komunikacji bezprzewodowej.

W zakresie analizowanych kategorii czasowych w odniesieniu do *meningioma* i *astrocytoma* stopnia I-II nie znaleziono wyraźnego trendu. Jednak w przypadku *astrocytoma* stopnia III-IV ryzyko znacząco wzrosło na 100 godzin używania wszystkich rodzajów telefonów, jak również na rok używania; telefonów analogowych – o 10% (95% CI=6-14%), telefonów cyfrowych – o 11% (95% CI=6-16%) oraz o 8% (95% CI=5-12%) podczas używania telefonów bezprzewodowych. Rezultaty są zbliżone w przypadkach wszystkich rodzajów telefonów. W analizie wielowymiarowej stwierdzono, że zarówno telefon przenośny analogowy jak i cyfrowy są znaczącym czynnikiem ryzyka zachorowania na *astrocytoma* stopnia III-IV [8].

Odnotowania wymaga fakt wystąpienia najwyższego ryzyka zachorowania na złośliwego guza mózgu obliczonego w odniesieniu do grupy o czasie utajenia ponad 10 lat i łącznym czasie używania dłuższym niż 2000 godzin (tabela 4.). Wyniki badań wskazują na dłuższy okres utajenia złośliwych guzów mózgu niż ma to miejsce w przypadku *acoustic neuroma*. Może to być zależne od wpływu pól elektromagnetycznych o częstotliwościach radiowych w różnych fazach powstawania tych guzów. Z całą pewnością należy zwrócić uwagę na bardzo wysokie ryzyko pochodzące od telefonów analogowych obliczone dla przypadków złośliwych guzów mózgu przy ponad 10-letnim okresie utajenia i łącznym czasie użytkowania dłuższym niż 2000 godzin, OR=9,6; 95% CI=3,5-27. Wysokie wartości OR obliczono także w przypadku telefonów cyfrowych i bezprzewodowych.

Wybiórcza pamięć uczestników badania może stanowić problem w ocenie ekspozycji

w badaniach kliniczno-kontrolnych przypadków zachorowań. Wyniki związane ze wzrostem ryzyka wraz z wydłużeniem okresu utajenia oraz sumarycznego czasu używania, głównie w przypadku *astrocytoma* stopnia III-IV wskazują, że ich wyjaśnienie związane jest z biologicznym odniesieniem, a nie wybiórczą pamięcią. Użytkowano różne wyniki w przypadkach różnych rodzajów guzów, co nie wystąpiłoby, gdyby wyniki były zakłócone przez wybiórczą pamięć.

Ocena ekspozycji w badaniach ryzyka zachorowania na guza mózgu związana z używaniem telefonów, ponieważ jest dokonywana po 5-10 latach lub później po jej występowaniu, jest większym problemem niż ocena w przypadku natychmiastowych ostrych skutków działania jakiegoś czynnika lub zdarzenia.

Większość użytkowników telefonów przenośnych używała więcej niż jednego telefonu. Najbardziej prawdopodobne jest, że jeżeli osoba używała telefon przenośny dłużej niż kilka lat, to przynajmniej kilka razy zmieniała jego model. Wielu użytkowników wykorzystywało różne rodzaje systemów telefonicznych, np. telefony cyfrowe i analogowe, prawdopodobnie wielu z nich używało telefony bezprzewodowe w domu czy w pracy. Problemem jest odpowiedź na pytanie: jak sumować rozkład SAR od różnego rodzaju urządzeń i jak zsumować ich różne czasy używania do określenia jednego parametru reprezentującego wielkość ekspozycji. Obecnie nie ma odpowiedzi na pytanie, jak połączyć używanie telefonów o różnej mocy wyjściowej, pracujących w różnych systemach, przy różnych częstotliwościach i różnym rozkładzie SAR w jedną miarę ekspozycji i dozy. Trudność wynika z nieznaności mechanizmu (lub mechanizmów) oddziaływania fali elektromagnetycznej emitowanej przez telefon na organizm biologiczny.

Tabela 4.

RYZIKO WZGLĘDNE (OR) ORAZ 95% PRZEDZIAŁ UFNOŚCI (CI) DLA RÓŻNYCH OKRESÓW UTAJENIA I SUMARYCZNEGO CZASU UŻYWANIA (W GODZINACH) DLATELEFONÓW PRZENOŚNYCH I BEZPRZEWODOWYCH W BADANIACH ZWIĄZANYCH Z GUZAMI MÓZGU [7, 8]. WYNIKI DOPASOWANO DO PŁCI, WIEKU, KODU SEI I ROKU ZDIAGNOZOWANIA

Odds ratio (OR) and 95% confidence interval (CI) for latency periods and cumulative use in hours (h) of mobile or cordless phones in brain tumour studies [7,8]. Adjustment was made for age, sex, SEI-code and year of diagnosis

	>1-5 lat utajenia		>5-10 lat utajenia		>10 lat utajenia	
	Ca/Co	OR, CI	Ca/Co	OR, CI	Ca/Co	OR, CI
Łagodny						
Analogowe						
1-1000 h	51/86	1,3 0,9-1,9	85/120	1,6 1,2-2,3	50/75	1,8 1,2-2,8
1001-2000 h	0/0	-	5/4	3,6 0,9-14	2/4	1,5 0,3-8,4
>2000 h	1/0	-	0/3	-	5/5	2,5 0,7-8,9
Cyfrowe						
1-1000 h	315/562	1,2 0,96-1,4	87/157	1,3 0,9-1,7	12/12	3,2 1,3-7,6
1001-2000 h	6/14	1,1 0,4-2,8	8/15	1,4 0,6-3,4	1/4	0,6 0,1-6,1
>2000 h	2/5	1,1 0,2-5,7	6/5	4,0 1,2-13	0/2	-
Przenośne						
1-1000 h	286/531	1,1 0,9-1,4	150/229	1,4 1,1-1,9	49/68	1,9 1,3-2,9
1001-2000 h	2/7	0,7 0,2-3,6	15/19	2,2 1,1-4,4	7/20	1,0 0,4-2,5
>2000 h	2/3	1,7 0,3-10	6/12	1,4 0,5-3,9	8/11	2,1 0,8-5,4
Bezprzewodowe						
1-1000 h	228/399	1,1 0,9-1,4	102/166	1,4 1,02-1,8	9/34	0,8 0,3-1,6
1001-2000 h	14/26	1,0 0,5-2,0	25/23	2,3 1,2-4,1	6/3	4,3 1,03-18
>2000 h	8/12	1,4 0,5-3,4	18/30	1,3 0,7-2,4	13/8	3,5 1,4-8,8

	>1-5 lat utajenia		>5-10 lat utajenia		>10 lat utajenia	
	Ca/Co	OR, CI	Ca/Co	OR, CI	Ca/Co	OR, CI
Złośliwe						
Analogowe						
1-1000 h	39/86	1,1 0,7-1,1	54/120	1,1 0,8-1,6	54/75	1,8 1,2-2,7
1001-2000 h	0/0	-	1/4	0,5 0,1-4,9	9/4	5,7 1,7-19
>2000 h	0/0	-	2/3	1,4 0,2-8,8	19/5	9,6 3,5-27
Cyfrowe						
1-1000 h	254/562	1,2 0,96-1,5	86/157	1,5 1,04-2,0	15/12	4,1 1,7-9,7
1001-2000 h	9/14	1,5 0,6-3,5	17/15	2,7 1,3-5,6	0/4	-
>2000 h	2/5	0,9 0,2-4,6	15/5	6,5 2,3-19	4/2	5,9 1,01-34
Przenośne						
1-1000 h	237/531	1,2 0,95-1,5	107/229	1,2 0,9-1,6	52/68	2,0 1,3-3,0
1001-2000 h	5/7	1,6 0,5-5,0	13/19	1,5 0,7-3,2	16/20	2,0 0,99-4,0
>2000 h	1/3	0,8 0,1-7,7	9/12	1,6 0,6-3,8	28/11	6,4 3,0-14
Bezprzewodowe						
1-1000 h	173/399	1,2 0,9-1,5	79/166	1,3 0,96-1,8	13/34	1,0 0,5-2,0
1001-2000 h	12/26	1,2 0,6-2,5	20/23	2,5 1,3-4,8	10/3	11 2,9-43
>2000 h	8/12	1,9 0,7-4,7	25/30	2,3 1,3-4,0	10/8	3,9 1,5-10

Wnioski

W serii badań dotyczących ryzyka wystąpienia guza mózgu związanego z użytkowaniem telefonów przenośnych lub bezprzewodowych, niezmiennie w odniesieniu do wszystkich rodzajów telefonów stwierdzono wzrost ryzyka zachorowania na guza mózgu (głównie *acoustic neuroma* i złośliwego guza mózgu). W przypadku ponad 10-letniego okresu utajenia współczynnik OR wzrósł głównie w przypadku *astrocytoma* stopnia III-IV. Przeprowadzone badania były jednymi z pierwszych wskazujących na związek używania telefonów przenośnych i bezprzewodowych z guzami mózgu. Wyniki badań wydają się być potwierdzone przez późniejsze badania przeprowadzone przez inne grupy naukowców. Na podstawie przeglądu najnowszych badań dotyczących tego tematu (13 badań kliniczno-kontrolnych przypadków zachorowań i jedno badanie kohortowe) można wnioskować, że używanie telefonów przenośnych dłużej niż 10 lat powoduje zwiększone ryzyko, szczególnie dla *glioma* stopnia III i IV (glejak – nowotwór z tkanki glejowej ośrodkowego układu nerwowego, głównie mózgu – *przyp. red.*). Zwiększone ryzyko występuje po tej stronie, po której używamy telefonu [11].

Tłumaczenie z ang.
Patrik Zradziński

PIŚMIENICTWO

[1] L. Hardell, Å. Näsman, A. Pahlsson, A. Hallquist, K. Hansson Mild: *Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: A case-control study.* "Int J Oncol" 1999, 15:113-116

[2] L. Hardell, K. Hansson Mild, A. Pahlson, A. Hallquist: *Ionizing radiation, cellular telephones and the risk for brain tumours.* "Eur J Cancer Prev" 2001, 10:523-529

[3] L. Hardell, A. Hallquist, K. Hansson Mild, A. Pahlson, A. Lilja: *Cellular and cordless telephones and the risk for brain tumours.* "Eur J Cancer Prev" 2002, 11:377-388

[4] L. Hardell, K. Hansson Mild, M. Carlberg: *Further aspects on cellular and cordless telephones and brain tumours.* "Int J Oncol" 2003, 22:399-407

[5] L. Hardell, M. Carlberg, K. Hansson Mild: *Case-control study on cellular and cordless telephones and the risk for acoustic neuroma or meningioma in patients diagnosed 2000-2003.* "Neuroepidemiology" 2005, 25:120-128

[6] L. Hardell, M. Carlberg, K. Hansson Mild: *Case-control study of the association between use of cellular and cordless telephones and malignant brain tumours diagnosed 2000-2003.* "Environ Res" 2006, 100(2):232-241

[7] L. Hardell, M. Carlberg, K. Hansson Mild: *Pooled analysis of two case-control studies on the use of cellular and cordless telephones and the risk of benign tumours diagnosed during 1997-2003.* "Int J Oncol" 2006, 28:509-518

[8] L. Hardell, K. Hansson Mild, M. Carlberg: *Pooled analysis of two case-control studies on use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997-2003.* "Int Arch Occup Environ Health" 2006, DOI 10.1007/s00420-0088-5

[9] L. Hardell, K. Kjell Hansson Mild, M. Carlberg, F. Söderqvist: *Tumour risk associated with use of cellular telephones or cordless desktop telephones.* 2006, Submitted

[10] L. Hardell, K. Hansson Mild, M. Sandström: *Vestibular schwannoma, tinnitus and mobile telephones.* "Neuroepidemiology" 2003, 22:124-129

[11] L. Hardell, M. Carlberg, F. Söderqvist, K. Hansson Mild: *Long-term use of cellular phones and brain tumours – increased risk associated with use for ≥ 10 years.* 2006, Submitted