

## ZAWARTOŚĆ FLUORU W CAŁODZIENNYCH RACJACH POKARMOWYCH MAŁYCH DZIECI W POLSCE

### FLUORINE CONTENT IN TOTAL DIETS SAMPLES OF SMALL CHILDREN IN POLAND

*Małgorzata Jędra, Dorota Sawilska-Rautenstrauch, Halina Gawarska, Andrzej Starski*

Zakład Badania Żywności i Przedmiotów Użytku  
Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego - Państwowy Zakład Higieny, Warszawa

**Słowa kluczowe:** *fluor, diety dzieci, pobranie fluoru z żywnością*  
**Key words:** *fluoride, children's diets, fluoride intake with food*

#### STRESZCZENIE

Celem niniejszej pracy było zbadanie zawartości fluoru w dietach dzieci w wieku 1-4 lat, mieszkających w 16 miastach w różnych regionach Polski. Posiłki całodziennie pobierano przez 10 kolejnych dni wiosną i jesienią w domach dziecka. Zawartość fluoru oznaczono metodą potencjometryczną. Analizie poddano 457 całodziennych posiłków. Zawartość fluoru w dietach wahała się od 0,04 do 0,42 mg/kg i wynosiła średnio  $0,15 \pm 0,07$  mg/kg, niezależnie od pory roku. Zaobserwowano, że diety o najwyższym poziomie fluoru częściej niż diety o najniższym poziomie tego pierwiastka, zawierały herbatę, ryby, sałatę, kalafior. Mimo niewielkiej różnicy między maksymalnym ( $0,32$  mg/dm<sup>3</sup>) i minimalnym ( $0,09$  mg/dm<sup>3</sup>) poziomem fluoru w wodzie używanej do przygotowywania posiłków w miejscach objętych badaniem, zaobserwowano wprost proporcjonalną zależność między zawartością fluoru w wodzie do picia i posiłkach dzieci. Średnie dzienne spożycie fluoru wynosiło 0,28 mg (zakres 0,10-0,76 mg), mediana 0,25 mg, 90. percentyl 0,47 mg. Średnie pobranie fluoru przez dzieci wynosiło 0,05 mg/kg m.c./dzień i nie przekraczało wartości określonych w normach żywienia dla ludności Polski.

#### ABSTRACT

The aim of this study was investigation of the fluorine content in diets of children aged 1 - 4 years, living in 16 cities in different regions of Poland. Whole-day meals were collected for 10 subsequent days in spring and autumn seasons in orphanages. Fluorine contents was determined by potentiometric method. 457 whole day meals were tested. The fluorine contents in the daily diets ranged from 0.04 to 0.42 mg/kg, mean  $0.15 \pm 0.07$  mg/kg, regardless of season collection. It was observed that diets with the highest level of fluorine include tea, fish, lettuce and cauliflower more than diets with the lowest levels of this element. There was a directly proportional dependence between fluoride in drinking water and children's meals, despite of the small difference between the maximum ( $0.32$  mg/dm<sup>3</sup>) and minimum ( $0.09$  mg/dm<sup>3</sup>) level of fluorine in water used for cooking in places covered by this survey. The average daily intake of fluorine was 0.28 mg (range 0.10-0.76 mg), median 0.25 mg, 90 percentile 0.47 mg. The average intake fluorine by children was 0.05 mg/kg b.w./day and not exceed the values specified in the standards of nutrition for the Polish population.

#### WSTĘP

Fluor jest pierwiastkiem o znacznym rozpowszechnieniu w przyrodzie. Ze względu na dużą aktywność chemiczną nie występuje w stanie wolnym, jego związki są składnikami skał i gleby skąd mogą przenikać do wody i roślin uprawnych a także do powietrza atmosferycznego w wyniku spalania węgla kamiennego i przetwarzania innych kopalin. Związki fluoru emitowane do atmosfery w rejonach uprzemysłowionych,

opadające w postaci pyłu lub opadów atmosferycznych, mogą powodować znaczne zanieczyszczenie upraw rolniczych. Ponadto na terenach uprawnych są obecne związki fluoru wprowadzone z nawozami fosforowymi i pestycydami.

Woda i żywność są głównymi źródłami fluoru dla człowieka. Związki fluoru w kwaśnym środowisku żołądka przekształcają się we fluorowodór i w tej postaci są absorbowane (do 40% pobranych fluoroków). W dalszych odcinkach przewodu pokarmowego

**Adres do korespondencji:** Małgorzata Jędra, Zakład Badania Żywności i Przedmiotów Użytku, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, 00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24, tel. 22 54 21 383, fax 22 54 21 225, e-mail mjedra@pzh.gov.pl

również zachodzi wchłanianie (45% dawki fluoroków). Wchłanianie może być ograniczone w obecności dużego stężenia kationów takich jak wapń, magnez, glin, które tworzą nierozpuszczalne kompleksy z fluorem [5]. Fluor łatwo rozprzestrzenia się w organizmie a największe jego ilości gromadzą tkanki bogate w wapń tj. kości i zęby (zębina i szkliwo). U dzieci około 80-90% wchłoniętego fluoru jest zatrzymywane w organizmie podczas gdy u osób dorosłych około 50% [8]. Fluor wywiera różnorodny wpływ na komórki (zależny od czasu działania, stężenia i typu komórek) polegający głównie na interakcji z enzymami. W większości przypadków fluor działa jako inhibitor enzymów, lecz jony fluoru mogą również stymulować aktywność enzymów [1]. Nadmierne pobranie fluoru przez długi okres wywołuje szereg zmian w organizmie objawiających się plamkami i ubytkami na zębach i deformacjami szkieletu prowadzącymi do niepełnosprawności.

Ze względu na udział fluoru w tworzeniu odpowiedniej struktury szkliwa zębów jest on stosowany w profilaktyce próchnicy w postaci preparatów zawierających związki fluoru: past do mycia zębów, płynów do płukania, laków dentystycznych a także preparatów farmaceutycznych i suplementów diety. W niektórych państwach podjęto decyzje o wzbogacaniu fluorem wody pitnej, soli kuchennej wprowadzonej do obrotu a ponadto mleka podawanego dzieciom w szkołach [8]. Szkliwo zębów bogate we fluor jest odporniejsze na działanie kwasów obecnych w żywności lub wytwarzanych przez bakterie z cukrów zawartych w pokarmie. Dodatkowo fluor wstrzymuje metabolizm cukrów przez bakterie [8]. Nadmierne pobranie fluoru podczas formowania się szkliwa, tj. od urodzenia do 9 roku życia, kiedy proces ten jest zakończony, może prowadzić do zaburzeń mineralizacji szkliwa i do fluorozy nie tylko mlecznych, ale głównie stałych zębów.

Występowanie i częstość fluorozy jest zależna od dawki. Lekka fluorozą nie jest łatwa do rozpoznania i jest związana ze wzrastającą odpornością na próchnicę. Naukowy Komitet ds. Żywności przyjął, że umiarkowana fluorozą, która charakteryzuje się plamkami na zębach, jest efektem szkodliwym. Objawy takie występują na zębach stałych u mniej niż 5% populacji spożywającej 0,08-0,12 mg F/kg m.c./dzień. Eksperci uznali, że najwyższy tolerowany poziom spożycia (UL) dla fluoru nie powinien przekraczać 0,1 mg F/kg m.c./dzień u dzieci w wieku 1-8 lat. To odpowiada pobraniu 1,4 i 2,2 mg F/dzień u dzieci w wieku odpowiednio 1-3 lata i 4-8 lat [8]. Określona na podstawie badań naukowych górna granica zakresu spożycia, nawet przy długotrwałym pobraniu fluoru, nie stwarza ryzyka wystąpienia niekorzystnych reakcji ze strony organizmu. Wartość zalecanego spożycia jest niższa. Normy żywienia dla ludności Polski zalecają spożycie od 0,5 mg do 0,7 mg fluoru dziennie dla dzieci w wieku

1-3 lata [14]. Niniejsza praca może być przyczynkiem do dokonania oceny, czy dzienne pobranie fluoru przez dzieci w Polsce spełnia zalecenia ww. normy

Celem pracy było zbadanie i ocena zawartości fluoru w całodziennych racjach pokarmowych małych dzieci, mieszkających w różnych rejonach Polski.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał stanowiły posiłki całodziennie dzieci w wieku 1-4 lat pobierane przez 10 kolejnych dni w sezonach wiosennym i jesiennym w latach 1999-2000, przez pracowników Stacji Sanitarno-Epidemiologicznych w domach dziecka, mieszczących się na terenie 16 miast. Pobierano również wodę używaną do przygotowywania posiłków. Wraz z próbkami diet zostały przekazane informacje o całkowitej masie i składzie posiłków.

Wszystkie posiłki łącznie z napojami zbierano do jednego naczynia a następnie homogenizowano. Do czasu wykonania oznaczeń homogenat przechowywano w temperaturze około -18°C. Do oznaczeń pobierano 4 próbki o masie 10 g.

Zawartość fluoru oznaczano metodą potencjometryczną za pomocą aparatu firmy Orion Research Inc., model 920A z elektrodą jonoselektywną model 96-09, stosując dwukrotne dodawanie do próbki standardowych roztworów NaF (Fluoride Standard 100 ppm F<sup>-</sup>, Orion).

Próbki przygotowywano do oznaczeń w sposób następujący:

Woda (używana do gotowania) – do próbek o obj. 50 ml dodawano 5 ml buforu (TISAB III with CDTA - Total Ionic Strength Adjustment Buffer – f-my Thermo Orion). Wykrywalność metody wynosi 10<sup>-6</sup> mol/l (0,02 mg/l).

Homogenat całodziennych racji pokarmowych – zgodnie z metodą opracowaną w Morskim Instytucie Rybackim w Gdyni [18]. Do próbek dodawano 25 ml buforu TISAB pH 5,4 o składzie: kwas octowy, chlorek sodu, cytrynian trisodowy oraz 25 ml 5% roztworu EDTA (POCH, cz.d.a.). Próbki w zamkniętych butelkach polipropylenowych mieszano energicznie przez 20 minut w łaźni wodnej o temp. 95°C. Po ochłodzeniu do temperatury pokojowej zawiesinę filtrowano przez sącdek bibułowy i wykonywano pomiar w przesączu. Wykrywalność metody: 0,04 mg/l, odzysk: 70-95%

## WYNIKI I DYSKUSJA

Poddano analizie 457 całodziennych posiłków. Średnia masa całodziennych racji pokarmowych wynosiła 1914 g. Masa posiłków wykazywała znaczne

wahania: od 1210 do 3020 g, niezależnie od miejsca pobrania w związku z czym różnice w średniej masie posiłków przygotowywanych w różnych domach nie były statystycznie istotne. Nie stwierdzono także istotnych różnic w masie racji pokarmowych pobranych wiosną i jesienią.

Poziom fluoru w wodzie używanej do przygotowywania posiłków można określić jako niski – wynosił od 0,09 mg/dm<sup>3</sup> w Sosnowcu do 0,32 mg/dm<sup>3</sup> w Olsztynie. Niskie stężenie jonów fluorkowych występuje w większości ujęć wody do celów spożywczych na terenie Polski [6].

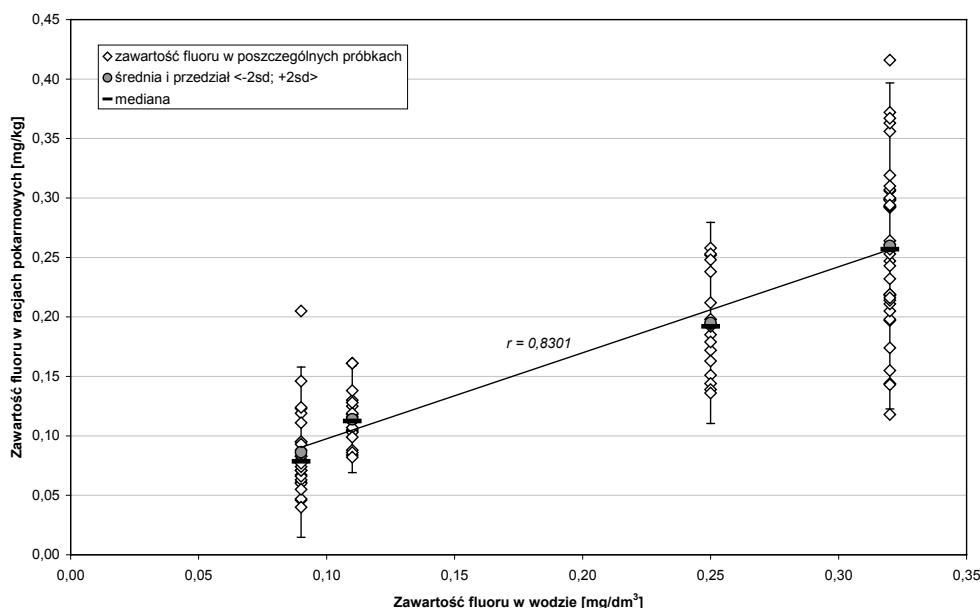
Średnia zawartość fluoru w całodziennych racjach pokarmowych, obliczona na podstawie analizy 457 próbek wynosiła 0,15±0,07 mg/kg. Nie stwierdzono różnic sezonowych. Średnią zawartość fluoru w wodzie i dietach pobranych w kolejnych porach roku przedstawia tabela 1.

Najniższe średnie poziomy fluoru stwierdzono w racjach pokarmowych pobranych w Sosnowcu. Najniższą zawartość fluoru w dziennej porcji – 0,04 mg/kg - oznaczono również w próbce pochodzącej z tego miasta. Niskimi poziomami fluoru charakteryzowały się również diety pobrane w Kielcach. Najwyższą za-

Tabela 1. Zawartość fluoru w wodzie do picia i całodziennych racjach pokarmowych pobranych w kolejnych sezonach 1999 r. i 2000 r. w domach dziecka

Fluorine contents in drinking water and total diet samples, which were sampled in orphanages in subsequent seasons (1999 – 2000)

Miejscowość	Średnia zawartość fluoru w wodzie [mg/dm <sup>3</sup> ]	Zawartość fluoru w dietach [mg/kg]								Średnia	RSD [%]
		wiosna		jesień		wiosna		jesień			
		średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres		
Białystok	0,12	0,17	0,12-0,21	0,16	0,08-0,27	0,10	0,08-0,13	-	-	0,14	34,8
Gdynia	0,16	0,16	0,12-0,26	0,15	0,12-0,21	0,14	0,11-0,18	0,14	0,12-0,18	0,15	22,4
Kielce	0,17	0,10	0,06-0,11	0,09	0,07-0,10	0,11	0,08-0,14	0,09	0,07-0,15	0,10	19,5
Kraków	0,11	-	-	0,11	0,08-0,12	0,12	0,08-0,16	-	-	0,11	19,7
Kraśnik	0,15	0,13	0,10-0,17	-	-	0,09	0,05-0,17	0,10	0,07-0,20	0,12	29,9
Lębork	-	0,11	0,08-0,15	0,10	0,08-0,14	-	-	-	-	0,11	21,1
Łódź	0,21	0,24	0,16-0,37	0,19	0,14-0,24	0,26	0,19-0,37	0,28	0,22-0,34	0,24	24,1
Olsztyn	0,32	0,23	0,12-0,37	0,28	0,20-0,36	0,27	0,16-0,42	0,24	0,17-0,31	0,26	27,8
Poznań	0,25	0,22	0,18-0,25	0,17	0,14-0,26	-	-	-	-	0,20	21,7
Rzeszów	0,15	0,08	0,05-0,11	0,16	0,13-0,19	0,16	0,11-0,28	0,14	0,06-0,21	0,13	36,7
Sosnowiec	0,09	0,09	0,04-0,12	0,10	0,06-0,15	0,07	0,05-0,10	-	-	0,09	40,6
Tarnów Opol.	0,13	0,10	0,07-0,17	0,12	0,06-0,17	-	-	0,19	0,09-0,40	0,11	37,8
Wałbrzych	0,12	-	-	0,18	0,11-0,22	0,11	0,08-0,12	0,10	0,06-0,14	0,13	34,3
Warszawa	0,17	-	-	0,12	0,05-0,17	0,14	0,09-0,28	0,10	0,07-0,14	0,12	34,3
Wrocław	0,23	-	-	0,10	0,06-0,13	0,12	0,08-0,15	0,13	0,10-0,18	0,12	23,6



Ryc. 1. Zależność zawartości fluoru w całodziennych racjach pokarmowych od poziomu fluoru w wodzie  
Correlation between fluoride contents in diets and level of fluoride in drinking water

wartość fluoru w całodziennych posiłkach – 0,42 mg/kg – oznaczono w próbce z Olsztyna, również najwyższe średnie poziomy fluoru stwierdzono w dietach z tego miasta.

Poziom fluoru w wodzie używanej do przygotowania posiłków wpływa na poziom fluoru w dietach. Mimo niewielkiej ( $0,23 \text{ mg/dm}^3$ ) różnicy między maksymalnym i minimalnym poziomem fluoru w wodzie używanej do gotowania w placówkach objętych badaniem, zaobserwowano zależność między zawartością fluoru w wodzie i posiłkach dzieci (Ryc. 1). Wykres przedstawia wyniki uzyskane w racjach pokarmowych z Sosnowca i Krakowa (niższa zawartość fluoru w wodzie) oraz Poznania i Olsztyna (wyższa zawartość fluoru w wodzie).

W podobnych badaniach wykonanych w Brazylii stwierdzono współczynnik korelacji  $r=0,139$  między stężeniem fluoru w wodzie (od 0 do  $1,42 \text{ mg/dm}^3$ ) a jego zawartością w dietach dzieci w wieku przedszkolnym (od 0,007 do  $0,580 \text{ mg/kg}$ ) [4]. Jest to zależność, która najwyraźniej widoczna jest przy porównaniu poziomu fluoru w dietach pobranych na terenach o niskim poziomie fluoru w wodzie ( $0,1\text{-}0,3 \text{ mg/dm}^3$ ) i pobranych na obszarach objętych fluorkowaniem wody w ujęciach komunalnych, gdy zawartość fluoru wynosi  $1,0\text{-}1,5 \text{ mg/dm}^3$  [11, 27, 33].

W przypadku niemowląt karmionych mieszankami mlecznymi ogromne znaczenie ma poziom fluoru w wodzie używanej do ich przygotowania. Jeśli poziom ten przekracza  $0,7 \text{ mg/dm}^3$  wzrasta możliwość wystąpienia niekorzystnych zmian w organizmie [8, 28]. W żywieniu dzieci starszych woda ma wpływ przede wszystkim na poziom fluoru w zupach i kompotach ale także w warzywach, makaronie i kaszach w niej gotowanych [26].

Niektóre składniki pokarmowe mogą wносить do posiłków znaczące ilości fluoru. Duże ilości tego pierwiastka zawiera herbata i napoje chłodzące zawierające ekstrakt herbaty [3, 17]. W Polsce spożycie herbaty

zawierała od 0,134 do  $0,522 \text{ mg}$  fluoru [17]. Herbata podawana do picia dzieciom jest prawdopodobnie bardziej rozcieńczona (często mlekiem, w postaci bawarki). Źródłem fluoru mogą być również ryby, w których stwierdzano od 0,06 do  $4,57 \text{ mg F/kg}$  oraz wyroby piekarskie i płatki zbożowe zawierające od 0,04 do  $1,85 \text{ mg F/kg}$  [32]. Mięso zawiera niewielkie ilości fluoru, ale w przypadku gdy znajdują się w nim fragmenty kości (jak w przypadku mięsa odkostnionego mechanicznie) poziom pierwiastka znacznie wzrasta, osiągając kilka a nawet kilkadziesiąt  $\text{mg/kg}$  [12, 20]. W wędlinach rozdrobnionych, wytwarzanych z udziałem takiego mięsa poziom fluoru był wyższy niż w szynce, odpowiednio 0,7 i  $0,2 \text{ mg/kg}$  [9, 15].

Wysoką zawartość fluoru wielokrotnie stwierdzano w warzywach liściastych. W badaniach wykonanych na Węgrzech najwyższą zawartością fluoru (przekraczającą nawet  $1 \text{ mg/kg}$  świeżej masy) charakteryzowały się liście selera i pietruszki, koperek, szpinak i kapusta włoska [26]. W badaniach krajowych stwierdzono obecność fluoru w ilości  $1 \text{ mg/kg}$  świeżej masy w liściach sałaty [16]. W produktach zbożowych, warzywach i owocach zawartość fluoru zależna jest nie tylko od poziomu fluoru w wodzie, którą czerpią rośliny ale także od stopnia przemysłowego skażenia środowiska, w którym są uprawiane. Wzrost zawartości fluoru w takim przypadku dotyczy głównie części nadziemnych roślin [25].

Chcąc określić wpływ poszczególnych składników na poziom fluoru przeanalizowano składy posiłków. Spośród 10 całodziennych racji pokarmowych pobranych w sezonie wiosennym lub jesiennym w każdym mieście wzięto pod uwagę po 2 jadłospisy całodziennych posiłków, w których oznaczono najwyższą i najniższą zawartość tego pierwiastka, łącznie 190 jadłospisów. Uwzględniano częstość występowania składników, które mogą być źródłem fluoru: herbaty, ryb, wędlin mielonych (mielonka, parówki, paszтет), różnych gatunków warzyw (tabela 2).

Tabela 2. Zależność poziomu fluoru od obecności wybranych składników  
Dependence between fluoride level and presence of selected component

Składniki diety	Liczba diet zawierających wybrany składnik					
	diety o najwyższym poziomie fluoru			diety o najniższej zawartości fluoru		
	wiosna	jesień	suma	wiosna	jesień	suma
Herbata	58	53	111	46	40	86
Ryba	9	8	17	6	5	11
Wędliny mielone	6	4	10	5	8	13
Kapusta	13	11	24	10	12	22
Kalafior	3	6	9	2	3	5
Sałata	10	5	15	7	2	9

jest powszechne i nawet w domach dziecka, w których przebywają dzieci do lat 3, podawanie do picia herbaty każdego dnia było raczej regułą niż wyjątkiem. Szklanka naparu herbaty dostępnej na rynku krajowym

Posiłki całodziennie o najwyższym poziomie fluoru częściej niż posiłki o najniższym poziomie tego pierwiastka zawierały herbatę, ryby, sałatę i kalafior. Nie zaobserwowano wpływu kapusty i wędlin z mięsa

drobno-rozdrobionego na zwiększenie zawartości fluoru w dietach. Przy analizowaniu zależności poziomu fluoru od składników posiłków nie była możliwa ocena produktów spożywczych obecnych codziennie we wszystkich jadłospisach, takich jak pieczywo, ziemniaki, włoszczyzna, mięso, nabiał. Trudność stanowił też niewielki udział w całodziennych posiłkach produktów stałych. Dienne racje pokarmowe dzieci zawierały od 16% do 19% suchej masy i istotnym ich składnikiem było mleko. Poziom fluoru w mleku jest niski 0,05-0,20 mg/dm<sup>3</sup> jednakże w mleku pochodzącym od krów wypasanych w pobliżu zakładów przemysłowych stwierdzono znaczący wzrost zawartości pierwiastka do 0,83 mg/dm<sup>3</sup> [19, 29].

W celu dokonania oszacowania dziennego pobrania fluoru z żywnością uwzględniono masę każdego z całodziennych posiłków. Średnia masa wynosiła 1918 g. Diety jesienne miały nieznacznie wyższą masę (średnia 1933 g) od wiosennych (średnia 1903 g). Wahania masy posiłków podawanych dzieciom w jednej placówce w 10 kolejnych dniach wynosiły w większości przypadków około 500 g ale w 3 przypadkach różnica masy przekroczyła 1000 g.

Dzienne pobranie fluoru obliczono dla każdej całodzienniej racji pokarmowej na podstawie jej masy i zawartości w niej fluoru. Tabela 3 przedstawia wartości średnie i zakres uzyskanych wyników.

Średnie dzienne spożycie fluoru w objętych badaniem domach dziecka wynosiło 0,28 mg. Porównując spożycie w odniesieniu do pory roku uzyskano zbliżone średnie dla obu sezonów. Zakres wartości oznaczonych w poszczególnych dniach wynosił od 0,09 mg do 0,82 mg.

Normy żywienia dla ludności Polski podają spożycie fluoru dla dzieci w wieku 1 roku – 0,5 mg a dla

dzieci 1-3 letnich – 0,7 mg [14]. Uwzględniając średnią masę ciała dzieci określoną w siatkach centylogowych [22] uzyskujemy: dla dzieci w wieku 1 roku – 0,05 mg/kg m.c./dzień, dla dzieci 2-3 letnich 0,05-0,06 mg/kg m.c./dzień. Biorąc pod uwagę wartości podane w normach żywienia należy stwierdzić, że w objętych badaniem placówkach przez większość dni pobranie fluoru z żywnością było niskie, jedynie w 35 na 457 zbadanych posiłków całodziennych przekraczało 0,50 mg (w tym w 17 pobranych w Olsztynie i 14 pobranych w Łodzi).

Badania zawartości fluoru w dietach dzieci przeprowadzone na Węgrzech wykazały, że w grupie wiekowej 3-4 lata dzienne pobranie fluoru z żywnością wynosiło 0,22 mg przy niskiej zawartości fluoru w wodzie 0,06-0,11 mg/dm<sup>3</sup>. Na obszarze o wyższym poziomie pierwiastka w wodzie tj. 0,5-1,1 mg/dm<sup>3</sup> zawartość fluoru w posiłkach całodziennych dzieci wynosiła 0,72 mg [27]. Pobranie fluoru z dietami dzieci w Japonii wynosiło 0,014 mg/kg m.c./dzień na terenie, gdzie stężenie pierwiastka w wodzie było <0,1 mg/dm<sup>3</sup> a tam gdzie woda pitna zawierała 0,55 mg/dm<sup>3</sup> wynosiło 0,025 mg/kg m.c./dzień, a więc w obu przypadkach było niższe od pobrania fluoru obliczonego na podstawie wyników uzyskanych w niniejszej pracy [23].

Zawartość fluoru w badanych racjach pokarmowych jedynie w przybliżeniu określa dawkę pierwiastka przyswojoną przez organizm dziecka. Składniki pokarmu mogą mieć istotny wpływ na wchłanianie fluoru w układzie pokarmowym. Jak stwierdzono, tabletki fluorku sodu wprowadzone z wodą do pustego żołądka były absorbowane w 100%, podane z mlekiem w 70% a połknięte w czasie posiłku w 60% [30]. Posiłki dzieci bogate w wapń zawarty w mleku prawdopodobnie mogą utrudniać wchłanianie fluoru.

Tabela 3. Dzielne pobranie fluoru przez dzieci w domach dziecka  
Fluoride daily intake by children in orphanages

Miejscowość	Dzielne pobranie fluoru [mg]							
	wiosna		jesień		wiosna		jesień	
	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres
Białystok	0,28	0,19-0,35	0,26	0,15-0,46	0,16	0,13-0,24	-	-
Gdynia	0,41	0,25-0,62	0,29	0,21-0,45	0,34	0,28-0,49	0,30	0,14-0,39
Kielce	0,21	0,13-0,26	0,18	0,14-0,21	0,22	0,20-0,27	0,19	0,14-0,26
Kraków	-	-	0,25	0,20-0,29	0,29	0,21-0,36	-	-
Kraśnik	0,26	0,19-0,33	-	-	-	-	0,24	0,15-0,52
Lębork	-	-	0,18	0,14-0,25	-	-	-	-
Łódź	0,45	0,28-0,65	0,36	0,24-0,51	0,48	0,34-0,62	0,50	0,32-0,66
Olsztyn	0,43	0,17-0,76	0,55	0,30-0,74	0,43	0,24-0,67	0,46	0,31-0,63
Poznań	0,31	0,22-0,38	0,23	0,19-0,36	-	-	-	-
Rzeszów	0,14	0,09-0,20	0,30	0,26-0,35	0,27	0,19-0,50	0,25	0,10-0,32
Sosnowiec	0,19	0,09-0,44	0,25	0,18-0,33	0,14	0,10-0,17	-	-
Tarnów Opolski	0,15	0,08-0,26	0,19	0,10-0,29	-	-	0,25	0,15-0,82
Wałbrzych	-	-	0,29	0,20-0,35	0,16	0,13-0,19	-	-
Warszawa	-	-	0,24	0,09-0,36	0,28	0,19-0,57	0,21	0,15-0,29
Wrocław	-	-	0,18	0,11-0,25	0,23	0,16-0,28	0,23	0,19-0,29

Szacując dzienne pobranie fluoru drogą pokarmową należy wziąć pod uwagę, że mycie zębów pastą zawierającą związki fluoru może być u małych dzieci dodatkowym i znaczącym źródłem pobrania tego pierwiastka. Dane piśmiennictwa wskazują, że u dzieci 2-3 letnich pobranie z polykana pastą często przekracza pobranie z diety i może przewyższać próg ryzyka fluorozy zębów [21, 24]. *Trykowski* podaje, że dziecko 2-3 letnie polyka przy każdym myciu zębów 0,12 g pasty, co po uwzględnieniu zawartości fluoru w paście 1 mg/g daje spożycie 0,12 mg fluoru. Przy średniej masie ciała 13 kg jest to dawka 9 µg/kg [31].

W badaniach wykonanych w Brazylii, na terenie objętym fluorkowaniem wody pitnej, pobranie przez dzieci fluoru z diet wynosiło 0,022±0,013 mg/kg m.c./dzień a z pasty do zębów 0,106±0,085 mg/kg m.c./dzień tj. w wielu przypadkach przekraczało najwyższy tolerowany poziom pobrania (UL 0,1 mg/kg m.c./dzień) [2]. W Kolumbii całkowite pobranie fluoru przez dzieci w wieku około 2 lat wynosiło od 0,07±0,06 do 0,14±0,12 mg/kg m.c./dzień z czego pasta do zębów zawierająca 1,0-1,5 mgF/kg dostarczała 70%, żywność 24% i napoje <6% całkowitego pobrania [10].

Z badań amerykańskich, w których pobranie fluoru przez dzieci oszacowano na podstawie ankiet, wynika, że na terenie z wodą pitną fluorkowaną (1,0 mg/dm<sup>3</sup>) pasta do zębów wносиła 57%, woda 22% a żywność 9% dziennego pobrania fluoru. Na terenie, gdzie poziom (naturalny) fluoru w wodzie był niższy, z pasty pochodziło 63%, z żywności 10% a z suplementów diety 14% dziennego pobrania fluoru. Autorzy we wnioskach podkreślają, że średnie narażenie niemowląt i dzieci korzystających z wody o niskiej zawartości fluoru mieści się w optymalnym zakresie 0,06-0,08 mg/kg m.c., natomiast maksymalne narażenie jest wyższe (0,11 mg/kg m.c./dzień dla niemowląt i 0,21 mg/kg m.c./dzień dla dzieci starszych) i przekracza wielkość optymalną. Wyniki badań nasuwają wątpliwości dotyczące potrzeby fluorkowania wody w ujęciach komunalnych [7].

Inne badania wieloletnie przeprowadzone w USA objęły grupę 629 dzieci. Od urodzenia do ukończenia przez dzieci 3 lat zbierano informacje o pobraniu fluoru z różnych źródeł: z wody, napojów, środków spożywczych, fluorowych suplementów diety i preparatów dentystycznych. U dzieci tych przeprowadzono kontrolę uzębienia w wieku 9 lat i stwierdzono znaczącą korelację pomiędzy występowania fluorozy zębów i poziomem pobrania fluoru. Pobranie fluoru w ciągu 3 pierwszych lat życia wynoszące 0,04 mg/kg m.c./dzień (lub mniejsze) skutkowało stosunkowo niskim ryzykiem fluorozy (12,9% siekaczy, 6,8% pierwszych trzonowych); pobranie w granicach 0,04 – 0,06 mg/kg m.c./dzień wykazało znaczący wzrost ryzyka fluorozy (23% siekaczy i 14,5% trzonowych); najwyższe ryzyko fluorozy wystąpiło przy pobraniu powyżej 0,06 mg/

kg.m.c./dzień (38% siekaczy, 32,4% trzonowych) [13]. Z badań tych wynika, jak wąski jest margines bezpieczeństwa w odniesieniu do fluoru i z jaką ostrożnością i rozważą należy traktować spożycie tego pierwiastka przez małe dzieci, aby działanie szkodliwe nie przeważało korzystnego udziału w prawidłowym rozwoju kości i zębów.

## WNIOSKI

- Średnia zawartość fluoru w całodziennych racjach pokarmowych dzieci, obliczona na podstawie analizy 457 próbek wynosiła 0,15±0,07 mg/kg, co daje średnie dzienne spożycie fluoru 0,28 mg. Odpowiada to 0,05 mg/kg m.c./dzień dla dzieci w wieku 1 roku i 0,05-0,06 mg/kg m.c./dzień dla dzieci 2-3 letnich. Pobranie nie przekraczało wartości określonych w normach żywienia dla ludności Polski.
- Poziom fluoru w wodzie używanej do przygotowywania posiłków był niski i wynosił od 0,09 mg/dm<sup>3</sup> do 0,32 mg/dm<sup>3</sup>; potwierdzono zależność między zawartością fluoru w wodzie do picia i posiłkach dzieci.
- Całodziennie racje pokarmowe o najwyższym poziomie fluoru, częściej niż diety o najniższym poziomie tego pierwiastka, zawierały w składzie herbatę, ryby, sałatę i kalafior.

## PIŚMIENNICTWO

- Adamek E., Pawłowska-Góral K., Bober K.*: In vitro and in vivo effects of fluoride ions on enzyme activity. *Ann. Acad. Med. Stetin* 2005, 51, 69-85.
- de Almeida B.S., da Silva Cardoso V.E., Buzalaf M.A.*: Fluoride ingestion from toothpaste and diet in 1- to 3-year-old Brazilian children. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2007, 35 (1), 53-63.
- Behrendt A., Oberste V., Wetzel W.E.*: Fluoride concentration and pH of iced tea products. *Caries Res.* 2002, 36 (6), 405-410.
- Buzalaf M.A., Pinto C.S., Rodrigues M.H., Levy F.M., Borges A.S., Furlani T.A., da Silva Cardoso V.E.*: Availability of fluoride from meal given to kindergarten children in Brazil. *Community Dent. Oral Epidemiol.* 2006, 34 (2), 87-92.
- Cerklewski F.L.*: Fluoride bioavailability – nutritional and clinical aspects. *Nutr. Res.* 1997, 17, 907-927.
- Czarnowski W., Wrześniowska K., Krechniak J.*: Fluoride in drinking water and human urine in northern and central Poland. *Sci. Total Environ.* 1996, 191, 177-184.
- Erdal S., Buchanan S.N.*: A quantitative look at fluorosis, fluoride exposure and intake in children using a health risk assessment approach. *Environmental Health Perspectives*, 2005, 113 (1), 111-117.

8. European Food Safety Authority. Scientific Committee on Food. Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. EFSA, February 2006.
9. *Fein N.J., Cerklewski F.L.*: Fluoride content of foods made with mechanically separated chicken. *J. Agric Food Chem.* 2001, 49 (9), 4284-4286.
10. *Franco A.M., Martignon S., Saldarriaga A., Gonzalez M.C., Arbelaez M.I., Ocampo A., Luna L.M., Martinez-Mier E.A., Villa A.E.*: Total fluoride intake in children aged 22-35 months in four Colombian cities. *Community Dent. Oral Epidemiol.* 2005, 33 (1), 1-8.
11. *Guha-Chowdhury N., Drummond B.K., Smillie A.C.*: Total fluoride intake in children aged 3 to 4 years – a longitudinal study. *J Dent Res.* 1996, 75 (7) 1451-1457.
12. *Heilman J.R., Kiritsy M.C., Levy S.M., Wefel J.S.*: Fluoride concentrations of infant foods. *J. Am Dent Assoc.* 1997, 128 (7), 857-863.
13. *Hong L., Levy S.M., Warren J.J., Broffitt B., Cavanaugh J.*: Fluoride intake levels in relation to fluorosis development in permanent maxillary central incisors and first molars. *Caries Res.* 2006, 40 (6), 494-500.
14. *Jarosz M., Bulhak-Jachymczyk B.*: Normy Żywienia Człowieka. Podstawy prewencji otyłości i chorób niezakaźnych. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2008.
15. *Jędra M., Urbanek-Karłowska B., Fonberg-Broczek M., Sawilska-Rautenstrauch D., Badowski P.*: Fluor biodostępny w mięsie drobiowym oddzielonym mechanicznie i wędlinach drobiowych. *Roczn. PZH* 2001, 52 (3), 225-230.
16. *Jędra M., Urbanek-Karłowska B., Fonberg-Broczek M., Sawilska-Rautenstrauch D., Badowski P.*: Fluorine level in early vegetables planted in glass-house. ESNA European Society for New Methods in Agricultural Research XXXII Annual Meeting 10-14 September 2002. Book of Abstracts and Plenary Lectures, 79.
17. *Jędra M., Urbanek-Karłowska B., Gawarska H., Sawilska-Rautenstrauch D., Badowski P.*: Zawartość fluoru w herbatach oraz napojach i koncentratkach napojów z ekstraktem herbaty, *Bromat. Chem. Toksykol. Supplement*, 2003, 41-45.
18. *Karnicka B., Laskowski J., Zalewski J.*: Surowce i przetwory z ryb i innych zwierząt wodnych. Oznaczanie zawartości fluoru. PN-A-86785:1990.
19. *Krelowska-Kulas M.*: Zawartość fluoru w mleku krów z terenu województwa miejskiego krakowskiego. *Metabolizm Fluoru '88. Polskie Towarzystwo Biochemiczne, Szczecin* 1988, 117-119.
20. *Kruggel W.G., Fiels R.A.*: Fluoride content of mechanically deboned beef and pork from commercial sources in different geographical areas. *J. Food Sci.* 1977, 42, 190.
21. *Martinez-Mier E.A., Soto-Rojas A.E., Urena-Cirret J.L., Stookey G.K., Dunipace A.J.*: Fluoride intake from foods, beverages and dentifrice by children in Mexico. *Community Dent. Oral Epidemiol.* 2003, 31 (3), 221-230.
22. *Niedźwiecka Z., Palczewska I.*: Siatki centylowe do oceny rozwoju somatycznego dzieci i młodzieży. Zakład Rozwoju Dzieci i Młodzieży Instytutu Matki i Dziecka. Warszawa 1999.
23. *Nohno K., Sakuma S., Koga H., Nishimuta M., Yagi M., Miyazaki H.*: Fluoride intake from food and liquid in Japanese children living in two areas with different fluoride concentrations in the water supply. *Caries Res.* 2006, 40 (6), 487-93.
24. *Paiva S.M., Lima Y.B., Cury J.A.*: Fluoride intake by Brazilian children from two communities with fluoridated water. *Community Dent. Oral Epidemiol.* 2003, 31 (3), 184-191.
25. *Pawłowska-Góral K., Kusa Z., Sochacka J., Wardas M.*: Zawartość jonów fluorkowych w wybranych warzywach z terenów przemysłowych. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm* 2005, XXXII, supl. I, 825-829.
26. *Schamschula R.G., Un P.S.H., Sugar E., Duppenhaller J.L., Toth K., Barmes D.E.*: The fluoride content of selected foods in relation to the fluoride concentration of water. *Acta Physiologica Hungarica* 1988, 72 (2), 217-227.
27. *Schamschula R.G., Un P.S.H., Sugar E., Duppenhaller J.L., Toth T., Barmes D.E.*: Daily fluoride intake from the diet of hungarian children in fluoride deficient and naturally fluoridated areas. *Acta Physiologica Hungarica*, 1988, 72, 229-235.
28. *Silva M., Reynolds E.C.*: Fluoride content of infant formulae in Australia. *Aust. Dent. J.* 1996, 41 (1), 37-42.
29. *Szkoda J., Juszkiewicz T.*: Fluor w mleku krowim i kobicym. *Metabolizm Fluoru '88. Polskie Towarzystwo Biochemiczne, Szczecin* 1988, 115-117.
30. *Trautner K., Einwag J.*: Factors influencing the bioavailability of fluoride from calcium rich, health-food products and CaF<sub>2</sub> in man. *Arch. Oral. Biol.* 1987, 32, 401-406.
31. *Trykowski J.*: Optymalna fluorowa profilaktyka próchnicy zębów w Polsce. *Czas. Stomat.*, 2005, LVIII (6), 436-449.
32. World Health Organization. International Programme on Chemical Safety (IPCS). 2002. Fluorides. Environmental Health Criteria 227, WHO, Geneva.
33. *Zohouri F.V., Rugg-Gunn A.J.*: Sources of dietary fluoride intake in 4-year-old children residing in low, medium and high fluoride areas in Iran. *Int. J. Food. Sci. Nutr.* 2000, 51 (5), 317-326.

Otrzymano: 18.02.2011

Zaakceptowano do druku: 09.06.2011

