

FLUOROSE

Toepasbaarheid van WHO-richtlijnen voor fluorideconcentratie in drinkwater in Senegal*

I. D. Brouwer, voedingskundige**)
 A. de Bruin, voedingskundige**)
 J. G. A. J. Hautvast, medisch
 voedingskundige **)
 O. Backer Dirks, tandarts***)

SAMENVATTING

Het onderzoek is uitgevoerd in gebieden in Senegal met fluorideconcentraties in het drinkwater variërend van <0,1 mg/l tot 7,4 mg/l. In het gebied met 1,1 mg/l fluoride in het drinkwater kwamen bij kinderen de milde vormen van gebitsfluorose voor met een prevalentie van 68,5%. In gebieden waar de fluorideconcentratie boven 4 mg/l steeg, liep de prevalentie zelfs op tot 100%.

Kyfose kwam vaak voor in een gemeenschap met 7,4 mg/l fluoride in het drinkwater. Röntgenologisch onderzoek van wervelkolom, hand en pols van drie volwassenen met kyfose bevestigde de diagnose van botfluorose. Hoge perspiratie en hoge wateropname, veroorzaakt door het hete, droge klimaat, zouden de gevonden resultaten kunnen verklaren.

De bestaande WHO-richtlijn voor de maximaal aanvaardbare limietwaarde (1,5 mg/l) van fluoride in het drinkwater is niet direct toepasbaar in landen met een heet, droog klimaat.

BROUWER ID, DE BRUIN A, HAUTVAST JGAJ, BACKER DIRKS O. Fluorose. Toepasbaarheid van WHO-richtlijnen voor fluorideconcentratie in drinkwater in Senegal. Ned Tijdschr Tandheelkd 1989; 96: 34-7.

Uit de ***) vakgroep Humane Voeding van de Landbouw Universiteit te Wageningen en de ***) vakgroep Preventieve Tandheelkunde van de rijksuniversiteit te Utrecht.

Trefwoorden: Toxicologie – Fluorose

Datum van acceptatie: 23 september 1988.

Adres: J. G. A. J. Hautvast, Bomenlaan 2, 6703 HD Wageningen.

1. INLEIDING

Drinkwater met een optimale fluorideconcentratie (0,7-1,2 mg/l, afhankelijk van klimatologische omstandigheden) heeft een anticariogene werking.¹⁻³ Hogere fluorideconcentraties kunnen echter schadelijk zijn. De belangrijkste chronisch toxische effecten van verhoogde fluoride-opname zijn gebitsfluorose en botfluorose, die endemisch zijn in gebieden met hoge fluorideconcentraties in bodem en water. De symptomen van gebitsfluorose variëren van oppervlakkig gevlekt tandglazuur (zebratanden) tot ernstige hypoplasia van tandglazuur en dentine, vaak gepaard gaande met bruin-zwarte verkleuringen.^{1,4}

De eerste (aspecifieke) symptomen van botfluorose zijn de alleen radiologisch waarneembare veranderingen in het botweefsel (toename van botdichtheid). In de meer gevorderde stadia treedt verstijving op van wervelkolom en gewrichten resulterend in invaliditeit ('cripling' fluorose). Andere symptomen zijn calcificatie van gewrichtsbanden en pezen, exostoses, kyfose en andere symptomen van 'cripling' fluorose¹. Het voorkomen van deze ernstige vorm van fluorose is met name beperkt tot tropische en subtropische gebieden.

De wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft als richtlijn een maximaal aanvaardbare limietwaarde van 1,5 mg/l fluoride in het drinkwater vastgesteld;⁵ boven deze waarde kunnen de meer ernstige vormen van gebitsfluorose voorkomen.⁶ Bij concentraties vanaf 3-6 mg/l fluoride in het drinkwater kan botfluorose optreden; vanaf 10 mg/l kan deze botfluorose invaliditeit tot gevolg hebben.⁵

In veel delen van de wereld zijn echter symptomen van fluorose gerapporteerd bij fluorideconcentraties lager dan de bovengenoemde waarden, wellicht omdat factoren als de klimatologische omstandigheden, de hoeveelheid geconsumeerd drinkwater, de fluoride-opname uit bronnen anders dan drinkwater, de voedingsgewoonten en ondervoeding, de ontwikkeling van fluorose beïnvloeden.¹

Wij hebben de prevalentie van dentale fluorose en het voorkomen van botfluorose onderzocht in gemeenschappen in Senegal met verschillende fluorideconcentraties in het drinkwater.

2. MATERIAAL EN METHODE

Gegevens zijn verzameld door twee auteurs (I.B. en A. de B.) in oktober en november 1985, aan het begin van het droge seizoen. De studie bestond uit twee onderzoeken.

2.1. Eerste onderzoek

In het eerste onderzoek is de prevalentie van gebitsfluorose vastgesteld in vijf plattelandssteden (Niuro du Rip, Kaffrine, Gossas, Guinguinéo, Foundiougne) in de regio Sine Saloum, met fluorideconcentraties in het drinkwater variërend van <0,1 tot 4,6 mg/l. In elke stad zijn 50-80 lagere schoolkinderen (7-9 jr.) onderzocht; elk kind gebruikte sinds zijn geboorte de waterbronnen in de stad. Zij die nog geen permanente incisieven hadden werden van het onderzoek uitgesloten. Bij elk kind werd de mate van aantasting van het tandglazuur van de acht permanente incisieven vastgesteld volgens de classificatiemethode van Dean.⁴ Wanneer één of meer tanden duidelijke symptomen van gebitsfluorose (Dean's index ≥ 1) vertoonden, werd het gebit als fluorotisch beschouwd; de mate van fluorose werd niet gespecificeerd.

Tabel I. Prevalentie van gebitsfluorose*) bij kinderen (7-9 jr.) in gemeenschappen met verschillende fluorideconcentraties in het drinkwater.

Gemeenschap	Fluorideconcentratie (mg/l)	Aantal onderzochte kinderen	Prevalentie van gebitsfluorose (%)
Niuro du Rip	<0,1	83	2,4
Kaffrine	1,1	73	68,5
Gossas	2,6	75	85,3
Guinguinéo	3,9	63	93,7
Foundiougne	4,6	54	100,0

*) Dean's index ≥ 1 .

*) Een door de auteurs op verzoek van de Redactie bewerkte Nederlandse versie van 'Unsustainability of World Health Organisation guidelines for fluoride concentrations in drinking water in Senegal' in Lancet 1988; : vol I, nr. 8579: 223-5. Het onderzoek is uitgevoerd op verzoek van Cemebo, een katholieke medefinancieringsorganisatie van ontwikkelingsprojecten, Nederland.

2.2. Tweede onderzoek

Het tweede onderzoek werd uitgevoerd in Nioro du Rip, Guinguinéo en Darou Rahmane Fall (regio Diourbel). In deze gemeenschappen bevatte het drinkwater fluorideconcentraties van respectievelijk < 0,1 mg/l, 3,9 mg/l en 7,4 mg/l. De waterbronnen waren al meer dan 20 jaar in gebruik. Zowel kinderen als volwassenen zijn in het tweede onderzoek onderzocht.

Kinderen – In elke gemeenschap werden 50 at random geselecteerde kinderen (7-16 jr.) die sinds hun geboorte in de gemeenschap woonden, onderzocht. In Nioro du Rip en Guinguinéo werden de kinderen via lagere scholen geworven; in Darou Rahmane Fall werden alle kinderen van 7-16 jr. die op het moment van onderzoek in het dorp aanwezig waren, onderzocht. De prevalentie van gebitsfluorose werd in het tweede onderzoek gedetailleerder onderzocht dan in het eerste onderzoek; de acht permanente incisieven van elk kind werden individueel gescoord als 0, 0,5, 1, 2, 3, of 4 volgens de classificatiemethode van Dean.⁴ De score per kind werd gebaseerd op de twee meest aangetaste tanden. Van 20 jongens uit elke onderzoeksgroep werd ochtendurine verzameld. De 'community index' van fluorose (F_c) werd berekend volgens de methode van Dean.⁷

$$F_c = \frac{\sum (\text{aantal kinderen} \times \text{Dean's index score})}{\text{totaal aantal onderzochte kinderen}}$$

Volwassenen – In de twee gemeenschappen met de hoogste fluorideconcentratie in het drinkwater, Guinguinéo en Darou Rahmane Fall, zijn ongeveer 50 at random geselecteerde volwassenen (40-60 jr.) die hun hele leven in deze gemeenschappen hadden gewoond, onderzocht op de aanwezigheid van een duidelijke kyfose als een zichtbaar symptoom van mogelijk ernstige botfluorose. Röntgenologisch onderzoek van wervelkolom, hand en pols van drie volwassenen uit Darou Rahmane Fall met een ernstige kyfose, is uitgevoerd in het Fann Ziekenhuis te Dakar. De röntgenfoto's zijn geanalyseerd in het Fann Ziekenhuis en door specialisten in het Academisch Ziekenhuis te Utrecht.

2.3. Fluoride-analyse en statistische analyse

De fluorideconcentraties van de drinkwater- en ochtendurine-monsters zijn gemeten met behulp van de fluoride ion-specifieke elektrode.⁸

De gegevens over de prevalentie van kyfose zijn statistisch geanalyseerd met behulp van de X^2 -test.

3. RESULTATEN

Het eerste onderzoek toonde duidelijk aan dat de prevalentie van gebitsfluorose bij kinderen toeneemt bij stijging van de fluorideconcentratie in het drinkwater (tabel I). Bij een fluorideconcentratie van 1,1 mg/l in het drinkwater (Kaffrine) bedroeg de prevalentie van gebitsfluorose 68,5%. De prevalentie van gebitsfluorose liep op

Tabel II. Leeftijd en geslacht van de kinderen onderzocht in het tweede onderzoek.

Gemeenschap (Mg F/l)	Aantal onderzochte kinderen			Gemiddelde (SD) leeftijd (jr.)
	Jongens	Meisjes	Totaal	
Nioro du Rip (<0,1)	28	22	50	8,7 (0,9)
Guinguinéo (3,9)	24	30	54	8,6 (0,6)
Darou Rahmane Fall (7,4)	28	20	48	10,4 (2,7)

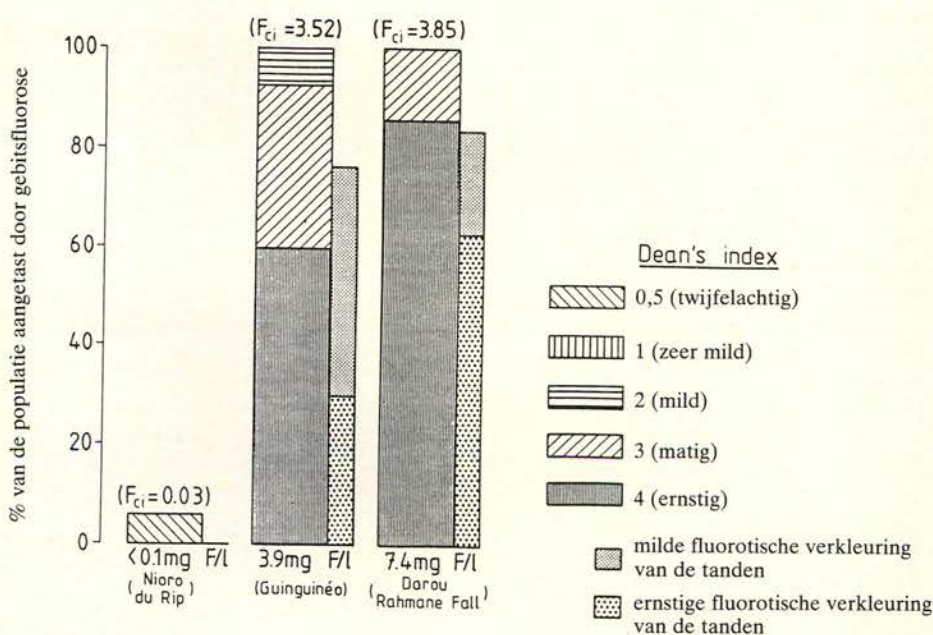
Tabel III. Prevalentie van kyfose bij volwassenen (40-60 jr.) in Guinguinéo en Darou Rahmane Fall in relatie tot de fluorideconcentratie in het drinkwater.

Gemeenschap	Fluorideconcentratie (mg/l)	Aantal onderzochte personen	Aantal (%) met kyfose
Guinguinéo	3,9	55	4 (7,3)
Darou Rahmane Fall	7,4	42	11 (26,2)

tot 100% bij fluorideconcentraties van 4 mg/l of meer (Guinguinéo, Foundiougne). De leeftijds- en geslachtsverdeling van de kinderen die in het tweede onderzoek werden onderzocht, zijn gegeven in tabel II. Geen van de kinderen in Nioro du Rip vertoonden tekenen van gebitsfluorose, in tegenstelling tot de kinderen in Guinguinéo en Darou Rahmane Fall, die allen gebitsfluorose hadden. De 'community index' van fluorose be-

reikte bijna de maximale waarde van 4 in zowel Guinguinéo ($F_c = 3,52$) als in Darou Rahmane Fall ($F_c = 3,85$). In beide gemeenschappen ging de gebitsfluorose gepaard met aanzienlijke bruine verkleuring van de tanden (afb. 1). Ongeveer 30% en 60% van de kinderen in respectievelijk Guinguinéo en Darou Rahmane Fall had ernstig bruin-zwart verkleurde tanden.

De gemiddelde (SD) fluorideconcentraties in



Afb. 1. Mate van aantasting door gebitsfluorose bij de onderzochte kinderen in Nioro du Rip (n=50), Guinguinéo (n=54) en Darou Rahmane Fall (n=48) in relatie tot de fluorideconcentratie in het drinkwater.

Tabel IV. Epidemiologische gegevens omtrent gebitsfluorose (prevalentie, F_c) in relatie tot de fluorideconcentraties in het drinkwater en de gemiddelde jaartemperatuur.

Land	Gem. jaar-temp. ($^{\circ}$ C)	Fluorideconc. in drinkwater (mg/l)	Prevalentie gebitsfluorose (%)	F_c
USA ¹⁴	12	4,0	72	1,88
Tanzania ¹⁵	20	3,5	100	3,00
Senegal ¹⁶	28	3,9	100	3,52

ochtendurine van de onderzochte kinderen bedroegen 0,7 (0,6) mg/l in Niore du Rip, 12,0 (6,2) in Guinguéno en 17,9 (11) in Darou Rahmane Fall. Kyfose bij volwassenen kwam significant meer voor in Darou Rahmane Fall dan in Guinguéno (tabel III, $p < 0,0025$). Röntgenologisch onderzoek van wervelkolom, hand en pols bij drie volwassenen met kyfose uit Darou Rahmane Fall bevestigde de diagnose van botfluorose.

4. DISCUSSIE

In dit onderzoek werd al een hoge prevalentie van gebitsfluorose bij kinderen (7-9 jr.) gevonden bij fluorideconcentraties in het drinkwater van ongeveer 1 mg/l. De door de WHO aanbevolen maximaal aanvaardbare concentratie van 1,5 mg/l fluoride in het drinkwater is duidelijk niet toepasbaar in Senegal. Het hete en droge klimaat in Senegal en de daarmee samenhangende hoge wateropname zouden de hoge prevalentie van gebitsfluorose kunnen verklaren, gezien de mate waarin landen met verschillende klimaten maar met overeenkomstige fluorideconcentraties in het drinkwater verschillen in de 'community index' van fluorose (tabel IV). Deze positieve relatie tussen de mate van gebitsfluorose en de omgevingstemperatuur werd voor het eerst gepubliceerd in 1953.^{9, 10} In de gematigde klimaten is de fluorideconcentratie in de urine gelijk aan de fluorideconcentratie in het drinkwater. In dit onderzoek echter hadden kinderen fluorideconcentraties in de urine die ongeveer 2,5 maal zo hoog waren als de fluorideconcentratie in het drinkwater. Hoge perspiratie en hoge wateropname kunnen verantwoordelijk zijn voor hoge fluorideconcentraties in het serum.

Als het klimaat inderdaad het voorkomen van gebitsfluorose in een gemeenschap sterk beïnvloedt, zou verwacht kunnen worden dat ook botfluorose zich in hete klimaten bij lagere fluorideconcentraties in het drinkwater manifesteert dan in een milder klimaat.

In de in 1984 door de WHO opgestelde richtlijnen voor de kwaliteit van drinkwater, is de minimale fluorideconcentratie in het drinkwater waarboven 'crippling' fluorose kan voorkomen, vastgesteld op 10 mg/l.⁵ In 1976 is echter een rapport verschenen,

gebaseerd op balansstudies bij patiënten met endemische fluorose, dat er op wijst dat bij volwassenen een dagelijkse opname van meer dan 8 mg fluoride schadelijk zou zijn.¹¹ De röntgenfoto's gemaakt in Senegal, bevestigen het voorkomen van botfluorose bij een fluorideconcentratie in het drinkwater van 7,4 mg/l. Bij deze concentratie leidt een dagelijkse wateropname van 2 liter door volwassenen¹² (wat laag is gezien de klimatologische omstandigheden in Senegal) tot een mogelijke opname van 15 mg fluoride per dag. De hoge prevalentie van kyfose in Senegal bij 7,4 mg/l fluoride in het drinkwater is een ernstig gezondheidsprobleem. Er zijn geen gegevens verzameld omtrent de prevalentie van botfluorose bij fluorideconcentraties in het drinkwater van 7,4 mg/l of minder.

De ontsierende bruin-zwarte verkleuringen van het tandglazuur vormen met name

een esthetisch probleem in Senegal, te meer daar de lokale bevolking de vlekken probeert af te schuren of af te krabben en daarmee de fluorotische schade aan de tanden verergert.

Alhoewel de WHO erkent, dat bij toepassing van haar richtlijnen rekening gehouden moet worden met klimatologische omstandigheden, en dat fluorose veel voorkomt in tropische landen⁵, is er geen poging gedaan de limiet voor fluorideconcentraties te specificeren voor verschillende omgevingstemperaturen. Dit verzuim is des te verrassender aangezien de WHO in 1971 wél limieten voor verschillende omgevingstemperaturen specificerde.¹³ Onderzocht moet worden of een maximaal aanvaardbare limietwaarde van ongeveer 0,6 mg/l wellicht meer geschikt is. Ter voorkoming van ernstige gebitsfluorose (Dean's index 4) in landen met een heet, droog klimaat zou de maximaal aanvaardbare fluorideconcentratie in het drinkwater in de orde van grootte van 2 mg/l moeten zijn. Wanneer alleen 'crippling' botfluorose beschouwd wordt als een gezondheidsprobleem – een mening die wij niet delen – dan zou de maximaal aanvaardbare limietwaarde voor fluoride in het drinkwater in de orde van grootte van 7 mg/l (Darou Rahmane Fall) moeten liggen, een waarde die aanzienlijk lager is dan de WHO-richtlijn van 10 mg/l. Bovendien kunnen mildere vormen van botfluorose bij lagere concentraties voor-

SUMMARY

FLUOROSIS IN SENEGAL

Key words: Fluorosis

A survey was done to register the prevalence of dental fluorosis among children aged 7-16 years and the occurrence of skeletal fluorosis among adults aged 40-60 years living in regions in Senegal where fluoride concentrations in the drinking water ranged from $< 0,1$ mg/l to 7,4 mg/l. In the area where the fluoride concentration in the drinking water was 1,1 mg/l milder forms of dental fluorosis were found, the prevalence being 68,5%. In areas where fluoride concentrations exceeded 4 mg/l the prevalence of dental fluorosis reached 100%.

Kyphosis was very prevalent in a community whose drinking water contained 7,4 mg/l fluoride. Radiographs of the vertebral column, hand and wrist of 3 adults with kyphosis confirmed the diagnosis of skeletal fluorosis. High sweat loss and a high intake of water because of the hot weather may account for the present findings. The World Health Organisation guidelines for the fluoride concentration in drinking water seems unsuitable for countries with a hot, dry climate.

LITERATUUR

- ¹ World Health Organisation. Fluorines and fluorides. Environmental Health Criteria no 36. Geneva: World Health Organisation, 1984.
- ² European Organisation for Caries Research. Reports of ORCA on water fluoridation. Caries Res Suppl 1974; 8: 1-35.
- ³ ADLER P. Fluorides and dental health. In: Fluorides and human health, monographs no 59. Geneva: World Health Organisation, 1970: 323-54.
- ⁴ DEAN HT. Classification of mottled enamel diagnoses. J Am Dent Assoc 1934; 21: 1421-6.
- ⁵ World Health Organisation. Guidelines for drinking water quality, vol I. Recommendations. Geneva: World Health Organisation, 1984.
- ⁶ National Research Council. Drinking water and health. Washington DC: National Academy of Sciences, 1977.
- ⁷ DEAN HT. The investigation of physiological effects by the epidemiological method. In: Moulton FR (ed.). Fluorine and dental health. Washington DC: American Association for the Advancement of Science, 1942.
- ⁸ TUSL J. Direct determination of fluoride in human urine using fluoride electrode. Clin Chim Acta 1970; 27: 216-8.
- ⁹ GALAGAN DJ, VERMILLION JR. Determining optimum fluoride concentrations. Public Health Rep 1957; 72: 491-3.
- ¹⁰ GALAGAN DJ, LAMSON GG. Climate and endemic dental fluorosis. Public Health Rep 1953; 68: 497-508.

komen. In gebieden waar de fluorose te wijten is aan overmatige fluoride-opname via drinkwater, zal gezocht moeten worden naar alternatieve waterbronnen met lagere fluorideconcentraties of zal het drinkwater gedefluorideerd moeten worden. Aangezien alternatieve bronnen nauwelijks beschikbaar zijn in de gebieden waar ons onderzoek is uitgevoerd, is defluoridering de enige oplossing.

- ¹¹JOLLY SS. Fluoride balance studies in endemic fluorosis. *Fluoride* 1976; 8: 138-47.
 - ¹²World Health Organisation. Guidelines for drinking water quality, vol 2. Health criteria and other supporting information. Geneva: World Health Organisation, 1984.
 - ¹³World Health Organisation. International standards for drinking water. 3de ed. Geneva: World Health Organisation, 1971.
 - ¹⁴DRISCOLL WS, HOROWITZ HS, MEYERS RJ, HEIFETZ SB, KINGMA A, ZIMMERMAN EF. Prevalence of dental caries and dental fluorosis in areas with optimal and above-optimal water fluoride concentrations. *J Am Dent Assoc* 1983; 107: 42-7.
 - ¹⁵THYLSTRUP A. Distribution of dental fluorosis in the primary dentition. *Community Dent Oral Epidemiol* 1978; 6: 329-37.
 - ¹⁶BROUWER ID, DE BRUIN A. Ingestion élevée de fluorure et risques pour la santé humaine. Partie II: Rapport de mission au Sénégal. Wageningen: Landbouw Universiteit, Vakgroep Humane Voeding, 1986.
-