

Over apatieten en gaatjes in de tanden

(Minerale apatieten, biogene apatieten, en fluoride in tandpasta)

door Wilfred Moorer

De vullingen in onze tanden (of in die van onze kinderen) hebben alles te maken met de eigenaardigheden van het groepje mineralen dat apatiet wordt genoemd. Velen van ons kennen "apatiet" als mooie kristallen, interessante mineralen en zelfs edelstenen zoals te zien in musea en in onze verzamelingen. Dat zijn dan meestal de zogenaamde fluorapatieten. Minder bekend is dat tanden ook uit apatiet bestaan. Afb. 1.



Afb. 1. Voortand (snijtand) van een koe, recent, Nederland. Koeientanden worden in het tandheelkundig onderzoek gebruikt om in het laboratorium met behulp van bacteriën cariës te simuleren en preventieve middelen (zoals fluoride) te testen. Het glazuur van koeientanden komt tot in microscopische details overeen met menselijk tandglazuur. Omdat koeientanden veel groter zijn worden er gemakkelijk schijfjes uitgeboord. Deze schijfjes worden o.a. gemonteerd in prothesen van proefpersonen zodat onder menselijke mondcondities het verloop en de preventie van cariës kan worden bestudeerd. Tussentijds kunnen de schijfjes verwijderd worden voor röntgenologisch onderzoek naar beginnende ontkalking. Afm. 47 mm.

[De afzonderlijke mineraalsoorten van de apatieten zijn chloorapatiet; fluorapatiet; hydroxylapatiet; clinohydroxylapatiet en strontiumapatiet. De slecht gedefinieerde soorten carbonaat-fluorapatiet en carbonaat-hydroxylapatiet worden door de IMA niet erkend als geldige mineralen. In de oudere handboeken komt men een groot aantal namen, termen, of namen voor variëteiten van de apatieten tegen. Het gebruik van deze namen kan tot verwarring leiden en wordt ontmoedigd.]

Botten, tanden en kiezen

Onze botten, tanden en kiezen (en die van vele andere gewervelde dieren, zie afb. 2) bestaan grotendeels uit hydroxylapatiet. Dit biologische of biogene apatiet wordt tijdens de groei en ontwikkeling gevormd door gespecialiseerde organen en cellen die eerst een nog 'zacht' ontwerp aanmaken en vervolgens zorgen voor de verharding (ook wel verkalking genoemd) ervan. Die verkalking is een zeer ingewikkeld proces, maar het komt neer op de afzetting van microscopisch kleine kristalletjes van hydroxylapatiet, die worden gevoegd in speciale patronen, overeenkomstig de functie van het bot of de tand. Botten en beenderen zijn prachtige materialen die niet alleen hard en sterk, maar ook een beetje buigzaam zijn. Bovendien wordt ons skelet tijdens het leven steeds weer stukje bij beetje afgebroken (waarbij de kristalletjes worden opgelost) en ook meteen weer opgebouwd: vernieuwd of geregenereerd zou je kunnen zeggen. Daarbij speelt de belasting van het bot een belangrijke sturende rol. Bot is levend weefsel en kan daarom van nature, binnen bepaalde grenzen, ook gerepareerd worden. Dat ligt iets anders bij onze tanden en kiezen. Die bestaan uit



Afb. 2. Kies van hollenbeer (Pleistoceen, Roemenië). Let op de talloze groeven tussen de knobbels op het kauwvlak. Ook bij mensenkinderen en volwassenen komen deze groeven voor; de tandenborstelharen kunnen er niet bij en er hopen zich bacteriën in op. Afm. 28 mm.

tandbeen dat harder en nog steviger is dan bot, maar ook nog wel ietsje buigzaam. Ook tandbeen is opgebouwd uit hydroxylapatiet (72%) tegenover bot 65%. (28 resp. 35% bestaat uit water, uitlopers van levende cellen, collageen-eiwit, opgeloste stoffen). Maar de structuur van het tandbeen is niet alleen dichter, maar ook heel anders. Zo lopen er vele tienduizenden dunne kanaaltjes van het zachte, levende, van bloedvaten en zenuwen voorziene binnenste van tanden en kiezen naar de levenloze buitenkant. Vandaar de soms akelige kiespijn die we hebben bij beschadiging of ontsteking van het gebit.

[Terwijl de wortels van tanden en kiezen stevig in het kaakbot steken, zijn zij daar door kleine sterke vezeltjes toch een beetje flexibel mee verbonden. Dat is erg belangrijk voor het opvangen van de grote krachten tijdens bijten en kauwen. Door langdurig in een richting druk uit te oefenen op een tand lost het kaakbot aan de drukzijde op en bouwt zich aan de andere kant nieuw kaakbot op. Tand en kiezen kunnen zo als het ware door de kaak heen bewegen. Daar maakt de orthodontist ofwel beugeltandarts dankbaar gebruik van om de zaken mooi recht te zetten.]

Als we in de mond kijken zien we geen kaakbot en geen tandbeen, we zien tandglazuur. Het tandbeen van de in de mondholte uitstekende delen van het gebit zijn bedekt met een mooi wit laagje tandglazuur. Nou ja, mooi wit kán het zijn; dat hangt af van



Afb. 3. Fragment van een radiale coupe door een mammoetslagtand uit de permafrost van Siberië. Het bovenste deel is tandglazuur, het onderste deel tandbeen. Let op de verschillende patronen, die tot stand zijn gekomen bij de vorming van de slagantand. Helemaal boven de buitenzijde die bruin is verkleurd en verweerd tijdens de periode in de bodem. Afm. 17 x 17 mm.

leeftijd, onderhoud, poetsen, eetgewoonten en de tandarts. Hoe dan ook, tandglazuur is verreweg het hardste materiaal van ons lichaam. Dat heb je inderdaad hard nodig bij het bijten en kauwen, maar het glazuur beschermt ook het onderliggende tandbeen. Tandglazuur bestaat ook al uit hydroxylapatiet maar dan voor 98%. In feite is het glazuur een compacte structuur van stijf tegen elkaar gelegen kristalletjes. In tegenstelling tot bot en tandbeen zit er geen buigzaamheid in. Het is hard maar ook bros. Als je afgaat op de fossielen lijken die harde botten en vooral tanden en kiezen het vele miljoenen jaren te kunnen uithouden. Afb. 3. Maar dan alleen onder bepaalde condities. Want in een **zuur** milieu lossen de apatieten, dus ook de tanden en kiezen, vrij snel op. Het is vervelend, maar we zullen zien dat dit oplossen ook al in de mond van vrolijk snoepende kinderen kan beginnen en dat dan de tandarts in actie moet komen. We zullen ook zien dat fluoride helpt die gaatjes te voorkómen.

Het mineraal fluorapatiet

Fluorapatiet is een echte 'doorloper'. Dat wil zeggen dat het in vele typen gesteenten voorkomt. Sterker nog, in de meeste gesteenten. In magmatische, vulkanische, metamorfe en sedimentgesteenten. Vaak als hele kleine kristalletjes, maar o.a. in pegmatieten soms als centimeter - of zelfs decimetergrote kristallen (afb. 4). Fluorapatiet is er echter ook in de vorm van knollen, concreties of korrelige massa's. Er zijn afzettingen met miljoenen tonnen geconcentreerd fluorapatiet. De kleur



Afb. 4. Prismatisch fluorapatietkristal (met dipiramide als topvlakken) zoals de meesten van ons wel kennen. Cerro de Mercado, Durango, Mexico. Insluitsels, breukvlakken en krassen op het oppervlak zijn zichtbaar. Afm. 13 x 6 mm.

is ook al veelzijdig, zowat alle kleuren behalve rood komen voor. Zie afb. 5, A – E.

Soms lijken de apatiet-kristallen die uit langwerpige zeszijdige prisma's bestaan op diopsied, toermalijn of beryl. Dat vond men in de 18^e eeuw ook al. Vandaar de uit het Grieks afgeleide naam apatiet uit *apatao*, dat "ik bedrieg" of "ik verwar" betekent. Fluorapatiet is een calcium-fluoride-fosfaat: $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$. Hoewel kleine hoeveelheden van o.a. CO_3 (carbonaat), chloor en OH (hydroxyl) in fluorapatiet aanwezig kunnen zijn, blijken de meeste fluorapatieten vrij zuiver.



Afb. 5. Fluorapatiet als edelsteen. Divers gekleurde kristallen, gefacetteerd. A. 5 x 5 mm; B. 10 x 5 mm; C. 10 x 6 mm; D. 9 x 7 mm; E. 12 x 9 mm.

Het mineraal hydroxylapatiet

Hydroxylapatiet is een calcium-hydroxyl-fosfaat : $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$. De meeste hydroxylapatieten bevatten nog tot enige procenten F, CO_3 , SiO_4 . Je zou dat soort apatieten kunnen beschrijven met de formule $\text{Ca}_5(\text{OH},\text{F})(\text{PO}_4, \text{CO}_3, \text{SiO}_4)_3$. In tegenstelling tot de vaak mooie kleuren van fluorapatiet zijn de kleuren bij hydroxylapatiet meestal wit, grijs, bruin, of zelfs zwart. Afb. 6 en 7.

Biogene hydroxylapatieten bevatten vaak nog magnesium, fluoride en chloride. Mineraal hydroxylapatiet heeft in tegenstelling tot fluorapatiet een beperkt aantal gesteenten als moedergesteente. Een aantal sedimentaire hydroxylapatieten is ontstaan uit bot en tanden van afgestorven dieren. Guano is een onzuivere hydroxylapatiet uit vogelmest.



Afb. 6. Kristal van hydroxylapatiet (prisma, dipiramide en topvlakje: basispiramakoide). Vindplaats Snarum, Noorwegen. De kristalletjes in tandglazuur zijn 10.000 maal kleiner dan dit minerale kristal! Lengte 22 mm, doorsnee 20 x 17 mm.

Tandbederf

Tandbederf of cariës is een ziekte. Eigenlijk een gedragsziekte. De oude Grieken hadden al opgemerkt dat rottende tanden en kiezen bij mensen voorkwamen die zowat de hele dag door gedroogde vruchten aten (vijgen, dadels, rozijnen). Zij dachten dat kleine wormpjes mee aten en aan de tanden gingen knagen. Achteraf gezien was dat idee zo gek nog niet. Tandbederf was tot ver in de 19^e eeuw een zeldzaam verschijnsel. Dat kwam omdat vruchten, bessen en honing tot in die tijd de voornaamste bronnen van suiker waren. Maar de introductie en het op steeds grotere schaal verbouwen van suikerriet in Zuid-Amerika en de Caraïben bracht daar snel verandering in. De wereldproductie van suiker (uit suikerriet en suikerbiet) steeg van 1900 tot 1970 van 8 naar 73 miljoen ton. De suikerconsumptie in Europa steeg van 2 kg per persoon per jaar in 1850 naar 45

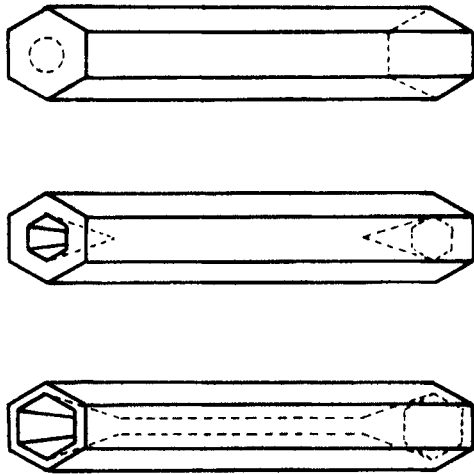


Afb. 7. Hydroxylapatiet: zwarte radiaal opgebouwde concrectie ("fosforiet-knol") doormidden gezaagd en geslepen. Vindplaats: Deraznja, Podolia, Ukraine. (Over een enorm oppervlak in de Russische laagvlakte worden deze knollen in sedimenten uit het Krijt gevonden). Afm. 72 x 55 mm.

kilo in 1970 en is sinds die tijd stabiel. Die 45 kilo (bijna 1 kg per week per persoon!) zit maar voor een klein gedeelte in de suikerpot. Bijna 90% van de suiker zit verwerkt in snoep, koek, gebak, chocola, frisdrank en in honderden voedingsmiddelen waar je het niet zo snel verwacht. Tegelijk met de suikerconsumptie steeg het aantal mensen(kinderen) met tandbederf van sporadisch (1 gaatje per 10 kinderen in 1850) naar rampzalig (10 gaatjes per kind in Nederland) in 1970. Terwijl de meeste ziekten in die periode van 120 jaar met succes werden bestreden of genezen was het tandbederf 100 keer zo erg geworden. En was dat dan echt de schuld van de enorm toegenomen suikerconsumptie? Ja en nee.

Ja, omdat iedere keer dat je iets met suiker eet of snoept een heleboel bacteriën op de tanden meesnoepen. En die bacteriën maken zuur van de suiker in je mond. En aangezien zuur het hydroxylapatiet van het tandglazuur oplost en aantast krijg je, als je maar vaak genoeg snoept, gaatjes. Dat gebeurt overigens alleen op die plekken waar bacteriën zich langdurig genesteld hebben (de plaque of plak genoemd). Het vervelende is dat er nogal wat plekken zijn waar je die bacteriële plaque niet of niet eenvoudig kan wegpoetsen. De bacteriën hebben zich daar, min of meer veilig voor de tandenborstelharen, verscholen in de groefjes van de kauwvlakken, in de kleine driehoekige ruimten tussen de tanden en kiezen en op de grens tand-tandvlees. Het vervelende is ook nog dat zelfs een klein snoepje zoveel suiker bevat dat het de plaque daar bijna een half uur lang zuur van weet te maken (ook als het snoepje na een paar minuten al weg is) en dat de aantasting dus een half uur duurt. Tien keer per dag iets met suiker snoepen veroorzaakt 5 uur lang zuur in de plaque en 5 uur lang aantasting van het tandglazuur. Het geniepige van dat aantasten en oplossen is dat het onder het oppervlak van de tand gebeurt. Het zuur dringt door het oppervlak heen, lost daaronder de hydroxylapatiet-kristalletjes op en verwekt en verrot de tand. (Cariës betekent verrotting). [Die kristalletjes worden aan de kopsen kanten opgelost, de prisma- (langwerpige) vlakken blijven heel lang intact. In feite worden de kristalletjes uitgehold. Afb. 8.

Van buitenaf is dat hele proces niet of nauwelijks zichtbaar. Wel ziet de tandarts op de röntgenfoto dat er cariës onder het oppervlak zit. Dat kan maanden of jaren doorgaan, totdat uiteindelijk het oppervlaktelaagje instort. Dan is er "plotseling" een gat. Ondertussen kan de verrotting het tandbeen hebben bereikt en dat voel je. Ook al geniepig: soms wel en soms niet. Als je niets voelt word je dus ook niet gewaarschuwd. En als je niet naar de tandarts gaat kan hij het ook niet op tijd opmerken. Nee, het is niet de schuld van de suiker, want het hangt er maar



Afb. 8. 'Cariës' bij apatietkristallen. Afm. 50 nanometer (vergroting 100.000 x).

vanaf hoe VAAK er suiker gesnoept wordt. Je kunt eigenlijk best VEEL snoepen, want als het maar niet vaak per dag is zijn er weinig momenten van zuurvorming, te weinig om gaatjes te krijgen. 10 snoepjes achter elkaar is niet erg, ieder half uur een snoepje en de tandarts moet er aan te pas komen. Een zak snoep in een keer leegeten is prima voor de tanden (maar je wordt er wel gevaarlijk dik van). Als er gesnoept wordt van kleverige producten zoals toffees en caramels blijven resten daarvan lang in de mond achter en maken de bacteriën ook langdurig zuur. Vaak en kleverig is dus slecht; soms en niet-kleverig kan best. Het is niet alleen de suiker maar vooral het gedrag!

Speeksel voorkomt gaatjes

Een mens maakt bijna een liter speeksel per dag. En dat is maar goed ook. Het maakt spreken en zingen mogelijk, smeert de mond, helpt bij het eten en proeven, houdt de mondbacteriën in toom en voorkomt aantasting en gaatjes van het gebit. We weten dat bij suikergebruik het zuur van de bacteriën het hydroxylapatiet van tandglazuur en tandbeen kan oplossen. Het mooie van speeksel is nu dat de ingrediënten van het hydroxylapatiet: calcium en fosfaat en water, in het speeksel in opgeloste toestand en in overmaat aanwezig zijn. Dat betekent dat het speeksel de mogelijkheid bezit om hydroxylapatiet te vormen of te repareren. Dat gebeurt ook daadwerkelijk een half uur na het snoepen en dus na het oplossen van een beetje hydroxylapatiet. Als het zuur weg is dringen het calcium en het fosfaat uit het speeksel de aangetaste hydroxylapatiet-kristalletjes binnen en repareren de schade door afzetting van nieuw hydroxylapatiet. Maar het repareren duurt langer dan de aantasting door het zuur. Vandaar dat de perioden tussen het snoepen door langer moeten zijn dan de zuurperioden.

Fluoride helpt het speeksel

Fluoride is een bestanddeel van niet alleen fluorapatiet maar van honderden mineralen en van vrijwel alle gesteenten. Het is massaal aanwezig in de aardkorst en vormt daar het 13^e element naar volgorde van voorkomen. Het is dan ook niet vreemd dat fluoride ook van nature in grond- en oppervlaktewater (en sommige mineraalwaters) aanwezig is. En in drinkwater dat van grond- of oppervlaktewater wordt gemaakt. Vanwege de slechte oplosbaarheid van de meeste fluoridehoudende mineralen is dat trouwens maar weinig. Meestal zit er minder dan 0,2 ppm (0,2 delen per miljoen) fluoride in dat water. [De zeeën en oceanen bevatten 1 ppm F.]

In 1930 werd ontdekt dat in enkele Amerikaanse plaatsen met hoge concentraties (meer dan 2 ppm) fluoride in het drinkwater er vreemd verkleurde en pokdalige tanden, maar weinig of geen tandbederf voorkomt. In 1942 vond een groot onderzoek plaats naar het verband tussen de natuurlijke hoeveelheden fluoride in het drinkwater en het voorkomen van cariës. Daarbij bleek dat in steden en dorpen met 1 à 2 ppm fluoride in het drinkwater, de kinderen en mensen die daar woonden gave tanden hadden en véél minder tandbederf dan in plaatsen met 0,3 of minder ppm fluoride. Fluoride leek wel te beschermen tegen tandbederf! Sindsdien is er onafgebroken en grootschalig onderzoek verricht naar het effect en de veiligheid van fluoride van nature aanwezig dan wel toegevoegd aan water, drinkwater, voedsel, zout, melk, tandpasta of andere mondverzorgende producten. Veilig en bijzonder effectief bleek de toevoeging van 1 à 1½ ppm F aan drinkwater en/of 1000 à 1500 ppm (dat is dus 0,1 à 0,15% F) aan tandpasta bij twee of drie keer poetsen per dag. De verklaring dacht men eerst te vinden in het verschillend gedrag van hydroxylapatiet en fluorapatiet bij oplossen in zuur. Totdat werd aangetoond dat stukjes haaiantand (fluorapatiet) en menselijke tand (hydroxylapatiet) die maandenlang werden meegedragen in gebitsprotheses van snoepende proefpersonen vrijwel evenveel cariës vertoonden. De precieze verklaring voor het effect van fluoride werd pas vrij laat (ca 1975) opgehelderd. Het bleek toen dat het herstellend vermogen van speeksel, dus het repareren van aangetast tandglazuur ofwel hydroxylapatiet tussen de zuurstoten van het snoepen door, sterk werd bevorderd door de aanwezigheid van (een beetje) fluoride in het speeksel. Niet te veel en ook niet te weinig. De goede hoeveelheden konden bereikt worden met al of niet kunstmatige drinkwaterfluoridering of ook met gefluorideerde tandpasta. Fluoride bleek zich aardig te hechten aan tandglazuur en ook wel aan de zachte weefsels in de mond, zodat slechts twee keer per dag poetsen met fluoride tandpasta toch de hele dag door effect heeft. Met dat poetsen verwijder je zeker niet alle bacteriën, maar je verspreidt de fluoride door de hele mond. En dat is precies de bedoeling.

Sinds 1970 worden tandpasta's gefluorideerd, sinds 1980 is 90% van de tandpasta's gefluorideerd en is het tandbederf in de welvarende, suikersnoepende landen spectaculair gedaald. Nederlandse kinderen hadden in 1970 meer dan tien gaatjes die gevuld moesten worden, nu maar, gemiddeld, 1 of 2. Heel veel (70%) kinderen hebben, mede dankzij de fluoride en verstandig snoepen, helemaal geen gaatjes. 30% heeft er 2 of vaak meer. Dat komt dan door het gedrag: te veel snoepen en te weinig poetsen.

Het is op zijn minst interessant dat apatiet en fluoride elkaar via de mineralogie, chemie en tandheelkunde hebben gevonden. En uiteindelijk hebben geleid tot zoiets alledaags als tandpasta.