

University of Groningen

## An ultrastructural study of the caries process

Jongebloed, Willem Lambertus

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

1976

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Jongebloed, W. L. (1976). *An ultrastructural study of the caries process*. s.n.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

**Take-down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.*

## Samenvatting

Hfd. 1 and 5

Een van de meest fundamentele kenmerken van het cariësproces is de aantasting van de anorganische fase van het glazuur door zuren. Dit proces veroorzaakt ingrijpende veranderingen in deze fase, wat resulteert in een gedeeltelijke oplossing van de hydroxylapatiet kristallieten.

Hfd. 2

In dit proefschrift wordt de aantasting van glazuur op prisma- en kristalliet niveau beschreven, zoals waargenomen is met de scanning- en transmissie elektronenmikroscoop. Dit onderzoek wordt bemoeilijkt door de geringe afmetingen van de hydroxylapatiet kristallieten in het glazuur. Daarom zijn eveneens synthetische één-kristallen (mono-kristallen) van hydroxylapatiet- en natuurlijk fluorapatiet, van makroskopische afmeting, in model-experimenten gebruikt. Verder zijn uitgebreide waarnemingen verricht op het prisma- en het kristallietniveau van glazuur waarbij de invloed van respectievelijk cariës-remmende fluoriden en potentiële cariësreducerende verbindingen van het diphosphonaat type werden bestudeerd.

Fig. 2.3 en 2.4

De structuur van het glazuur wordt besproken zoals waargenomen is met de lichtmikroscoop en de elektronenmikroscoop, waarbij bijzondere aandacht wordt geschonken aan de oriëntatie van de kristallieten in het glazuurprisma en de interprismatische ruimte. Bovendien wordt achtergrondinformatie verstrekt omtrent de chemische samenstelling van het glazuur, de kristallografie van de anorganische component en over het cariësproces.

Tab. 2.1 Fig. 2.6 en 2.7

Fig. 2.5

Hfd. 3

Tab. 3.1 en 3.2 Fig. 3.1

Dislocaties – lineaire roosterfouten – spelen een zeer belangrijke rol in het anisotrope oplossingsgedrag van apatieten. Schroefdislocaties met een Burgers vector evenwijdig aan de c-as van het kristal(liet) zijn op theoretische gronden in apatieten energetisch gunstig. Berekeningen hebben aangetoond dat dislocaties in apatiet van het "hollow type" zijn. Een aantal methoden om een dislocatie "zichtbaar" te maken in de vorm van een etsput wordt beschreven.

Sect. 3.1.1

Hfd. 4

Fig. 4.1, 4.2, 4.3

De mikroscoop waarmee in dit onderzoek de meeste waarnemingen werden verricht – de scanning electronen mikroscoop – wordt in detail beschreven waarbij in het bijzonder aandacht wordt besteed aan de meest gebruikte wijzen van beeldvorming en voorts aan oplossend vermogen, dieptescherpte en contrast. De scanning elektronenmikroscoop (SEM) wordt ten aanzien van een aantal eigenschappen vergeleken met de lichtmikroscoop (LM) en de transmissie elektronenmikroscoop (TEM). Daarnaast wordt informatie gegeven over de preparatiemethoden voor de SEM, in het bijzonder voor biologisch materiaal. Bovendien wordt aandacht besteed aan de preparaatbeschadiging in de elektronenbundel. Tenslotte wordt het drie-dimensionale aspect van SEM-beelden besproken en uiteengezet hoe met stereogrammetrie numerieke berekeningen aan SEM-beelden kunnen worden verricht.

Fig. 4.7, 4.8, 4.9, 4.10

Tab. 4.1, 4.2, 4.3

Sect. 4.5

Sect. 4.6 Fig. 4.10

Fig. 4.15 en 4.16

Hfd. 6

Fig. 1, 2, 3 en 4

Met betrekking tot de resultaten wordt in de eerste plaats besproken hoe zuren penetreren in fluorapatiet en hoe het oplossingsgedrag afhangt van de oriëntatie van het één-kristal. Fluorapatiet (FAP) kristallen werden geëtsd met citroenzuur (30%, pH 2, T = 80° C) evenwijdig en loodrecht op de c-as. Kwantitatieve bepalingen aan een aantal etsputten, afgebeeld met de SEM, werden gekombineerd met chemische oplosbaarheidsstudies (m.b.v. een atoomabsorptie spectrofotometer) aan hetzelfde kristaloppervlak. Het verschil in chemische oplosbaarheid tussen basaal- en prismavlak blijkt gering te zijn; de penetratie-snelheid van de etsput blijkt echter 5 maal zo snel evenwijdig aan de c-as dan loodrecht hierop. Omdat tussen etsput en dislocatie een 1 op 1 correlatie bestaat, indiceren deze proeven reeds dat dislocaties, aanwezig in apatiet-kristallieten in glazuur, voorkeursplaatsen zijn voor de initiële aantasting door zuren tijdens het cariës-proces.

Tab. 1, Fig. 6

Hfd. 7

Fig. 2 en 3

Vervolgens werden hydroxylapatiet één-kristallen onderzocht. De aantasting (gedeeltelijke dissolutie) van hydroxylapatiet één-kristallen is bijzonder anisotroop. Evenwijdig aan de c-as schrijdt de oplossing zeer snel voort, terwijl in de richting loodrecht op de c-as deze aantasting te verwaarlozen is. Een 5 M citroenzuuroplossing penetreert bij 37° C in het één-kristal evenwijdig aan de c-as met een snelheid van ca 60 nm sec<sup>-1</sup>. SEM-beelden tonen bovendien aan dat de

Fig. 6

Fig. 3 en 7

Hfd. 8

Fig. 1a, 4a, 4b, 4c en 11

Fig. 3 en 5

Fig. 7

Fig. 8 en 9

Hfd. 9

Fig. 3a en 3b

Fig. 5a en 5b

Fig. 7, 8, 9 en 10

Fig. 1 en 2

Hfd. 10

Fig. 10.1, 10.2, 10.11

en 10.12

Fig. 10.4

Fig. 10.3, 10.5, 10.7 en 10.8

Tab. 10.2, Fig. 10.10

Fig. 3 en 7

Hfd. 8

Fig. 1a, 4a, 4b, 4c en 11

Fig. 3 en 5

Fig. 7

Fig. 8 en 9

Hfd. 9

Fig. 3a en 3b

Fig. 5a en 5b

Fig. 7, 8, 9 en 10

Fig. 1 en 2

Hfd. 10

Fig. 10.1, 10.2, 10.11

en 10.12

Fig. 10.4

Fig. 10.3, 10.5, 10.7 en 10.8

Tab. 10.2, Fig. 10.10

één-kristallen enigszins getordeerd zijn langs de c-as. Zowel het anisotrope dissolutiegedrag als ook de waargenomen morfologie van het oppervlak, wijzen op de aanwezigheid van schroefdislocaties in het kristalliet met een dislocatielijn evenwijdig aan de c-as.

Hierna worden experimenten beschreven betreffende de morfologie en de diameter-verdeling van gezonde- en zuur-behandelde glazuurkristallieten. Het blijkt dat zuren de glazuurkristallieten anisotroop oplossen. De aantasting begint waarschijnlijk met het uitetsen van een ongeveer hexagonaal gevormd gat in de kern van het kristalliet. Vervolgens penetreert het zuur snel evenwijdig aan de lengte-as van het kristalliet. Deze zuurbehandeling beïnvloedt de kristalliet-diameter slechts in geringe mate; de verdeling van de kristalliet-diameter van kristallieten met een holle kern verschilt niet essentieel van die van gezond glazuur. In beide gevallen wordt een gemiddelde diameter van 37 nm gevonden. Kristallieten met een centraal defect en een uitwendige diameter van ca. 40 nm blijken na zuurbehandeling uiteen te vallen in twee delen met een diameter van ca. 15 nm. Het centrale defect wordt uitsluitend veroorzaakt door inwerking van zuur en niet door stralingsschade vanwege de elektronenbundel of een combinatie van beide effecten.

Daarnaast werd de invloed van monofluorophosfaat onderzocht. Het doel hiervan was het effect na te gaan van  $\text{Na}_2\text{FPO}_3$  op veranderingen in de ultrastructuur van menselijk glazuur, na behandeling met een kunstmatige cariësoplossing. Met de SEM werd de invloed van lokale fluorapplicatie op de oppervlakte topografie en op de carieuze lesie in dwarsdoorsnede bestudeerd. Het resultaat toont aan dat in met  $\text{Na}_2\text{FPO}_3$  voorbehandelde preparaten de kern van het glazuurprisma sneller wordt aangetast dan de interprismatische ruimte. De experimenten toonden verder aan dat de  $\text{FPO}_3^{2-}$ -ionen zeer waarschijnlijk zowel het ionentransport in de lesie als in de oppervlaktelaag beïnvloeden.  $\text{FPO}_3^{2-}$  applicatie veroorzaakte een aanzienlijke obstructie van de interprismatische ruimten. Er wordt een preparatiemethode beschreven die het mogelijk maakt een gedetailleerde vergelijking te maken tussen vóórbehandeld en onbehandeld glazuur. Het grote voordeel hierbij is, dat een vergelijking wordt gemaakt tussen glazuur op plaatsen die zich ongeveer 0.25 mm van elkaar bevonden in het oorspronkelijk element.

In het laatste hoofdstuk worden de eigenschappen van EHDP, een verbinding die de aantasting van één-kristallen van fluorapatiet door zuren remt, beschreven. Het diphosphonaat, EHDP, één lid van de familie van diphosphonaten, is een belangrijke remmer van zuurpenetratie in FAP. De indringing van het zuur wordt zichtbaar door het ontstaan van een etsput en meestal van een etsput-“staart”. De parameters bestudeerd in dit gedeelte van het onderzoek (met en zonder voorbehandeling van EHDP in concentraties van 0.1–0.001 M) zijn respectievelijk: het aantal etsputten en bovendien de diameter-, diepte- en vorm van de etsputten. Een met EHDP voorbehandeld FAP kristal kan een citroenzuur behandeling (30%, pH 2 en  $T = 60^\circ\text{C}$ ) gedurende 2-3 minuten weerstaan zonder dat er etsputten ontstaan. Dit betekent, dat EHDP een zeer goede potentiële cariës-reducerende verbinding is die de dislocatie effectief vergiftigt. Wanneer het zuur langs de dislocatiekern in het kristal (kristalliet) penetreert zal het EHDP bovendien de oplossing door het zuur vertragen, zowel evenwijdig met als loodrecht op de dislocatie.

De resultaten van de experimenten beschreven in dit proefschrift tonen aan dat de belangrijkste weg voor de beginnende penetratie van zuren in glazuur en apatieten volgens de dislocatie-kern verloopt. Deze penetratie snelheid van zuren is zeer hoog, in de orde van  $50\text{ nm sec}^{-1}$  evenwijdig aan de langste as (c-as). Dit mechanisme is zeer waarschijnlijk verantwoordelijk voor de relatief snelle afbraak van glazuur in het cariësproces. Diphosphonaten zowel als fluoriden voorkómen en vertragen de indringing van zuren aanzienlijk.

3053  
976