

## NIEUWE INZICHTEN IN ASPECTEN VAN DE GERONTOLOGIE VAN HET AANGEZICHT

H. S. DUTERLOO

### *Inleiding*

De snelle toename van de gemiddelde leeftijd en het aantal oudere mensen in de populatie van de geïndustrialiseerde landen heeft de behoefte aan meer kennis van de biologie van het oud worden een grote impuls gegeven. Allereerst – en niet slechts op medisch gebied – wordt ervaren dat ons gebrek aan kennis een belangrijke belemmering vormt om het oud worden tot een onverdeeld genoegen te doen zijn.

De tandheelkundige professie wordt geconfronteerd met het frustrerende feit van het massale gebitsverlies bij de mens op oudere leeftijd. Wie de schrikbarende cijfers ziet over gebitsverlies kan niet anders dan erkennen dat de tandheelkunde pas aan het begin van haar taak staat en dat slechts uitgebreide intensieve fundamentele en klinische research de situatie kan verbeteren. Dit doet de vraag rijzen wat de zin is van ons streven naar behoud van het gebit. In een recent overzicht van de situatie van de prothetische tandheelkunde in Engeland in de *British Dental Journal* formuleerden Fish et al.<sup>1</sup> dit als volgt:

„The activities of dentistry in preserving teeth have the more important long term justification that the teeth are the means of preserving bone, this bone being an important and irreplaceable part of the facial skeleton.”

Met andere woorden: streven naar behoud van het gebit ten behoeve van behoud van het aangezichts-skelet. Voor behoud van het aangezichtsskelet is echter meer nodig dan alleen de elementen behouden.

Het doel van deze voordracht is u mededeling te doen over recent ontwikkelde inzichten in de veranderingen die het aangezichtsskelet ondergaat met het ouder worden. Hierbij wordt als volgt te werk gegaan. Allereerst worden de ontwikkelde ideeën in het kort geformuleerd om deze vervolgens puntsgewijs te toetsen aan een synthese van literatuurgegevens en – zij het voorlopige – resultaten van onderzoeken momenteel in uitvoering in ons laboratorium en in samenwerking met de Biological Research Unit van de School of Dentistry, Universiteit van Leeds, Engeland.

Vooraf in de laatste decennia is bekend geworden dat skeletweefsel gedurende het gehele leven blijft groeien en inwendig veranderen. Na aanvankelijk snelle groei treedt geleidelijk een afnemende op van de snelheid van botaanmaak en afbraak op de inwendige en uitwendige botoppervlakken.

Er is een tijdelijke verhoging van die snelheid tijdens de adolescentie, maar tot het 35ste levensjaar is er bij de mens een geleidelijke afnemende van aanmaak en afbraak waar te nemen. Daarna nemen opbouw en afbraak weer iets toe, echter met de afbraak iets in het voordeel<sup>31</sup>.

Dit opbouw- en afbraakproces op latere leeftijd gaat evenals dat in de jeugd het geval was volgens een vastliggend patroon. Het patroon op latere leeftijd is een directe voortzetting van het oorspronkelijke groeipatroon van de beenderen. Het is een geenszins op zichzelf staand fenomeen dat ontwikkelingen op oudere leeftijd relaties hebben tot, of hun oorsprong vinden in gebeurtenissen in de jeugd. Juist aan skeletweefsel dat door zijn unieke wijze van groeien informatie bevat over zijn wordingsgeschiedenis kan dit worden waargenomen.

Wat voor het skelet als geheel geldt, geldt ook voor de schedel. Bij de groei van de menselijke aangezichts-schedel en de processus alveolaris speelt botresorptie een grote rol. De structuur van de processus alveolaris is zodanig dat deze bij uitstek gevoelig is voor de verhoging van de afbraak op latere leeftijd. Bovendien is bij de mens de predispositie tot resorptie van de processus alveolaris voor een belangrijk deel het resultaat van het oorspronkelijke groeipatroon van de kaken. Met enige restricties kan worden gesteld dat de veranderingen die in de mandibula en maxilla optreden, meer een oorzaak van gebitsverlies kunnen zijn dan een gevolg. Hierbij worden niet de desastreuze effecten van cariës en excessieve plaquevorming genegeerd, maar de intrinsieke karakteristieken van de processus alveolaris benadrukt.

Van belang is te vermelden dat deze gang van zaken

waarschijnlijk geldt voor mens en dier. Voor de mens komen er echter twee ongunstige aspecten bij: 1. het unieke groeipatroon van de aangezichtsschedel, dat zijn oorsprong vindt in de evolutionaire veranderingen, en 2. zijn „onbiologische” hoge ouderdom. Deze factoren predisponeren de mens tot een dier dat bij uitstek gemakkelijk zijn gebit verliest.

De argumenten die pleiten voor een dergelijke gedachtingang kunnen in de volgende punten besproken worden: (1) de grondslagen van botweefselgroei, (2) de groeipatronen van het aangezichtsskelet bij de mens, (3) de veranderingen in skeletweefsel met toenemende leeftijd, (4) de veranderingen in de morfologie van het aangezichtsskelet, en (5) veranderingen in de mandibulae van resusapen.

## 1. De grondslagen van botweefselgroei

### a. Niet-interstitiële groei

Als gevolg van verkalking van de tussencelstof kan botweefsel niet interstitieel groeien. De meeste weefsels in het lichaam groeien interstitieel. Bij interstitiële groei spelen drie factoren een rol:

1. Toename van het aantal cellen.
2. Toename van de grootte van de cellen.
3. Toename van het volume van de tussenstof.

Voor interstitiële groei is het niet noodzakelijk dat alle drie factoren tegelijkertijd optreden. Interstitiële groei treedt op in het periosteum en in sommige kraakbenige structuren als de epifysairschijven.

Voor niet-interstitiële groei is het echter noodzakelijk dat alle drie factoren ontbreken. Bij botgroei is dit het geval: osteocyten worden niet groter; ze zijn zodanig gespecialiseerd dat ze niet meer delen. Ze kunnen niet delen, omdat ze ingebed liggen in een starre verkalkte tussenstof; het volume van de tussenstof kan niet groter worden. Het beginsel van de niet-interstitiële groei van botweefsel is zo essentieel dat alle andere principes ervan zijn afgeleid.<sup>2</sup>

Het gevolg van de niet-interstitiële botgroei is dat alle botgroei een oppervlakteverschijnsel is. Alle botgroei vindt plaats op periostale en endostale oppervlakken. Op beide oppervlakken vindt resorptie en depositie plaats door daarvoor gespecialiseerde cellen: osteoblasten en osteoclasten. Het is goed hierbij direct te vermelden dat voor de normale groei van de beenderen botafbraak zeker een even belangrijke rol speelt als botaanmaak.

### b. Externe „remodeling”

Depositie van bot vindt plaats vanuit het periosteum of het endosteum. Het periosteum is het beenvlies dat de buitenzijde bekleedt; het endosteum bekleedt de mergholte en grotere kanalen. Afhankelijk vanuit welke laag het bot wordt aangemaakt spreekt men van endostaal of periostaal bot. Voorts van periostale resorptie en periostale depositie of endostale resorptie en endostale depositie.

De hoeveelheden aangemaakt of afgebroken bot variëren van plaats tot plaats, variëren in de tijd, per individu; variëren met de leeftijd van het individu, sekse en soort. Bovendien wordt niet steeds hetzelfde type bot aangemaakt: de structuur van b.v. periostaal aangemaakt bot bij zeer jonge individuen verschilt aanmerkelijk van dat bij ouderen.

Tijdens de groeiperiode zijn alle botoppervlakken verdeeld in velden met botaanmaak en velden met afbraak. Deze verdeling is karakteristiek voor iedere diersoort. De overgang van een veld met depositie naar een veld met resorptie wordt „reversal” of omkeerlijn genoemd. De plaats van deze omkeerlijnen is ook karakteristiek voor ieder bot en iedere diersoort. Zoals meestal treedt ook hierin individuele variatie op.

Twee zeer opvallende waarnemingen zijn 1. dat het verloop van de omkeerlijnen en de verdeling van de groeivelden in het geheel niet correleren met de anatomische grenzen van de verschillende beenderen, en 2. dat er ook geen congruentie bestaat met de velden van spieraanhechting, zodat een en dezelfde spier gedeeltelijk zowel aan een oppervlak met resorptie als aan een met botaanmaak gehecht kan zijn<sup>3, 4</sup>. Deze waarnemingen hebben geleid tot twijfel aan de traditionele inzichten over de betekenis van de anatomische grenzen van de schedelbeenderen en de invloed van spierfunctie op de botgroei.

Het gevolg van de hier aangegeven ingewikkelde groeiwijze van de cortex van een botstuk is, dat deze een uiterst gecompliceerde structuur kan hebben die bovendien van plaats tot plaats verschilt en verandert met toenemen van de leeftijd.

### c. Groeibewegingen

Aan de hand van fig. 1 a t/m f, worden nu 3 groeibewegingen besproken. Deze groeibewegingen zijn het directe gevolg van de niet-interstitiële botgroei en de daar weer van afgeleide consequenties als: alle botgroei is een oppervlakteverschijnsel en de verdeling van periostale en endostale oppervlakken in velden met depositie en velden met resorptie.

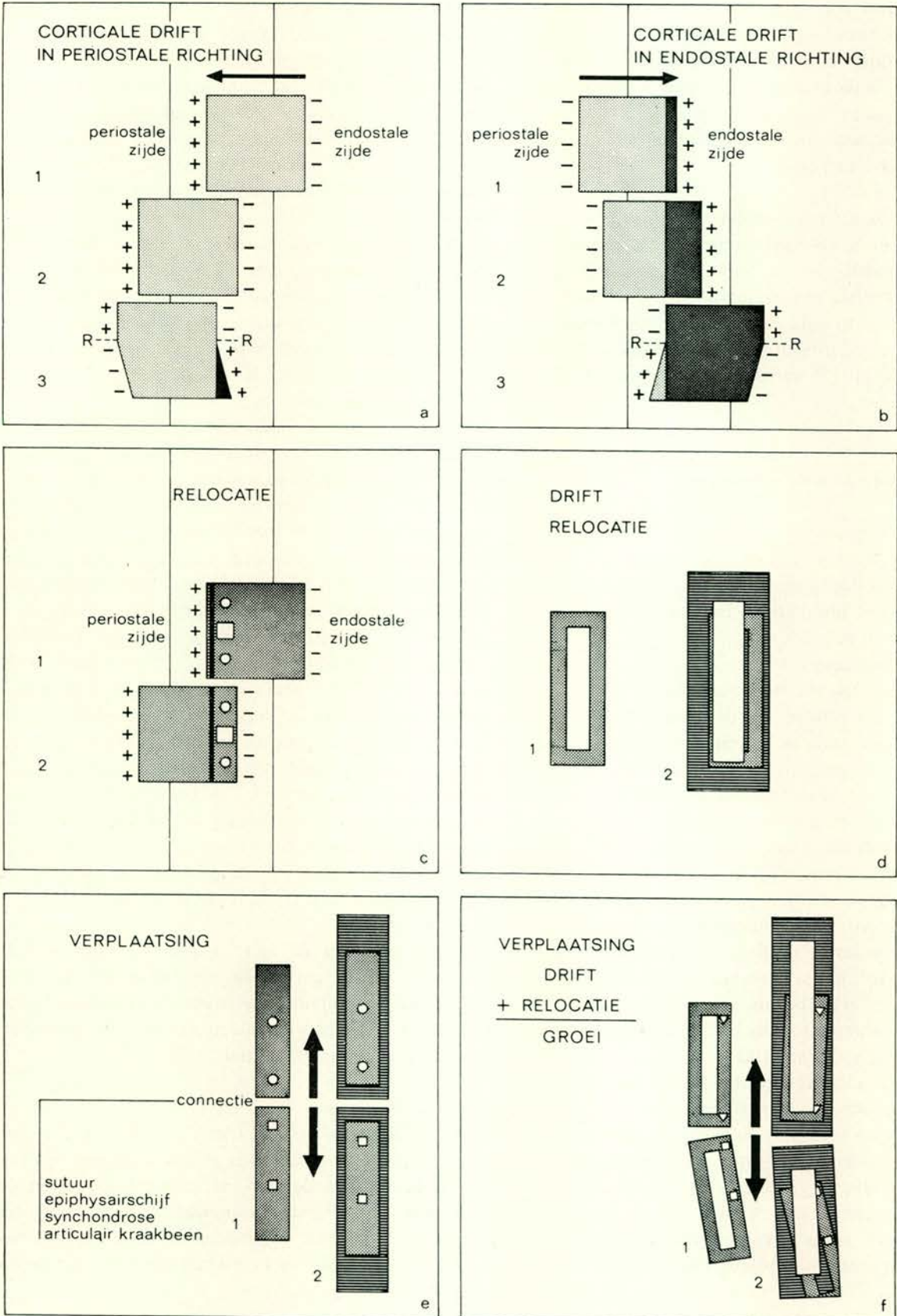


Fig. 1 a t/m f. Schematisch overzicht van de drie groei-bewegingen van skeletweefsel. Zie de tekst voor verdere uitleg.

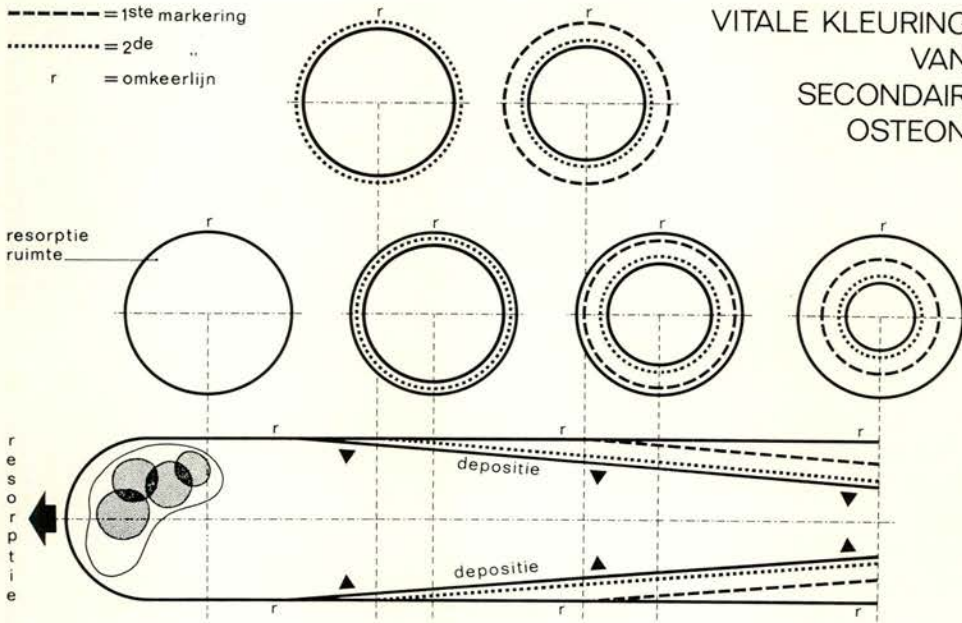


Fig. 2. Schema van de vorming van het secundaire osteon. Terwille van de duidelijkheid van de tekening is botmarkering aangebracht. Zie de tekst voor verdere uitleg.

De eerste van de drie groeibewegingen is een directe beweging van het botweefsel in ruimtelijke zin; het is de corticale drift (fig. 1a en 1b). Drift treedt op als aan het ene oppervlak botaanmaak plaats vindt en aan het contra-laterale oppervlak – wat meestal het geval is – resorptie. Door deze verdeling van resorptie en depositie beweegt de cortex in de richting waarin depositie plaats vindt. Men onderscheidt periostale drift en endostale drift, naar gelang de richting waarin de drift plaatsvindt.

De tweede groeibeweging is het directe gevolg van drift en heet „relocation”. Delen van een cortex komen door de drift in een andere *relatieve* positie te liggen in die cortex. Door continue depositie op het periostale oppervlak en resorptie op het contra-laterale endostale oppervlak kan een bepaalde hoeveelheid bot door de cortex „bewegen”, zodat dat bot uiteindelijk op het endostale oppervlak komt te liggen. Alle delen van een groeiend bot nemen deel aan dit proces. Bovendien ook alle insluitsels, natuurlijk of kunstmatig (b.v. metalen implantaten, of met vitale kleurstoffen gemerkte vlakken), bepaalde secundaire structuren als vervangingsosteonen, kanalen en lacunae.

De derde groeibeweging is „displacement”. Door het afzonderlijk groeien van de beenderen in hun onderling verband worden deze noodzakelijkerwijs in ruimtelijke zin verplaatst. Dit proces treedt vooral op in de groeiende schedel, maar het komt natuurlijk ook voor in b.v. een groeiende hand.

Bij de mens is deze groeibeweging in de schedel al-

leen nauwkeurig te registreren met behulp van de methode die Björk<sup>5</sup> toepast. Hij brengt bij kinderen metalen implantaten in de kaken en kan de met tussenpauzen gemaakte röntgencefalometrische foto's van hetzelfde kind exact over elkaar heen leggen, en zo de individuele veranderingen vastleggen.

#### d. Interne „remodeling”

De tijdens het groeiproces gevormde cortex blijft niet zonder meer bestaan. Al vroeg in de jeugd en later in toenemende mate treedt op wat genoemd wordt interne remodeling. Dit kan het beste vergeleken worden met een onderhoudsproces<sup>6,7</sup>. Dit proces blijft doorgaan tijdens het gehele leven en speelt een belangrijke rol bij de metabole ziekten van het skelet.

Dit onderhoudsproces werkt in het kort als volgt: osteoclasten graven, vreten zich in in de cortex (fig. 2). Het „spoor” (kanaal) dat ze achterlaten wordt weer opgevuld met lamellair bot dat door osteoblasten tegen de wand van het kanaal wordt gelegd. Dit is het secundaire\*) of vervangingsosteon; het is gemakkelijk her-

\*) Men onderscheidt primaire en secundaire osteonen. Een osteon is een cilinder van botweefsel met in het centrum een kanaal. Primaire osteonen ontstaan doordat bij periostale depositie een bloedvat ingebed wordt in bot en omgeven is door een cilinder van botweefsel. Secundaire osteonen ontstaan na opvulling van een resorptieruimte. Bovendien vindt men soms nog primaire kanalen. Dit zijn kanalen die tijdens de vorming van het bot zijn uitgespaard, maar niet omgeven zijn door een cilindrische structuur.

kenbaar in een preparaat aan de cementlijn (in feite een reversal) en de lamellaire structuur. Op microradiogrammen – dit zijn roentgenfoto's van slijppreparaten van niet ontkalkte coupes – is te zien dat niet alle osteonen een zelfde mate van verkalking vertonen (fig. 3). Bovendien is niet overal het kanaal erin even groot. Men kan o.a. hieruit gegevens putten voor fysiologische toestand van het skelet. De interne remodeling gaat steeds door, zodat ook eerder gevormde secundaire osteonen gedeeltelijk of geheel worden opgeruimd, omdat het centrale kanaal verstopt raakt. Op deze manier ontstaan generaties van osteonen<sup>8, 9</sup>.

Secundaire osteonen ontstaan vooral in gebieden bestaande uit het primair plexiform bot waaruit in de jeugd de corticalis werd opgebouwd, spieraanhechtingen en gebieden met niet-pathologische necrose van de osteocyten (micropetrosis). Voor de algemene oorzaak van secundaire remodeling is nog geen bevredigende verklaring: sommigen menen dat het een adaptatie aan fysische belasting is, anderen dat dit proces primair van belang is voor calcium mobilisatie in oudere individuen. Inderdaad neemt het deel van de corticalis dat deelneemt aan de secundaire remodeling meestal toe bij oudere individuen. Enlow<sup>10</sup> wijst er echter op dat er talrijke species zijn die zeer oud worden en geen secundaire remodeling vertonen, zodat aan de biochemische functie van het secundaire osteon geen algemene betekenis kan worden gehecht.

Samenvattend kan gesteld worden dat de groei van skeletweefsel een buitengewoon ingewikkeld proces is. Dit heeft tot gevolg dat de inwendige structuur van plaats tot plaats verschilt, maar ook varieert met leeftijd, sekse en species. Door zijn specifieke groeiwijze is het echter mogelijk uit deze structuur de groeigeschiedenis te reconstrueren.

## 2. Groeipatronen van het aangezichtsskelet

Met behulp van de door hem aangegeven methodiek zijn Enlow en medewerkers er recent in geslaagd geheel nieuwe gegevens te presenteren over de groei van de menselijke schedel<sup>11</sup>. Uit histologisch onderzoek van een groot aantal kinderschedels is gebleken dat grote delen van de voorzijde van de aangezichtsschedel gedurende de gehele groeiperiode periostale resorptie ondergaan. De hier getoonde illustratie uit een van de publikaties van Enlow laat een gemiddelde zien. Er is variatie in de plaats van de omkeerlijnen en de mate



Fig. 3. Detail van microradiogram van een transversale coupe door de mandibula van een volwassen resusaap.

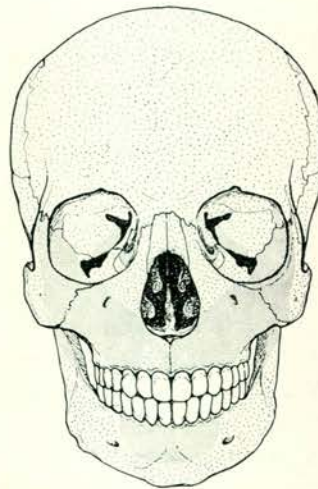


Fig. 4. De verdeling van periostale oppervlakken met resorptie (donker gestippeld) en met depositie (licht gestippeld) bij de menselijke aangezichtsschedel.

Figuur met toestemming overgenomen uit: D. H. Enlow: *The Human Face*, Hoeber Med. Div., Harper & Row Publishers, New York, 1968.

van activiteit van de resorptieve en depositaire velden (fig. 4).

Grote delen van het zygoma en het deel van de maxilla naast de neus vertonen een periostale resorptie. Meer lateraal bij het begin van de arcus zygomaticus ligt een omkeerlijn. Het lateraal-gerichte oppervlak van de arcus is depositief, het naar mediaal-gerichte oppervlak resorptief. Door corticale drift en sutuurgroei worden de zygomata naar lateraal verplaatst. De corticalis naast de neus beweegt iets naar binnen. Door deze combinatie wordt dit gedeelte van het aangezicht breder en vlakker. Op de neusbeenderen en het deel van de maxilla rondom de apertura piriformis en de spina nasalis anterior vindt periostale depositie plaats. Dit draagt bij tot uitgroei van de neuspartij. De oppervlakken van de neusholten zijn grotendeels resorptief. Het nasale oppervlak van het palatum is resorptief. Het orale palatum oppervlak is depositief. Door deze combinatie vindt een driftbeweging van het hele palatum naar beneden plaats.

Het periostale buccale oppervlak van de processus alveolaris is grotendeels resorptief met uitzondering van de randen van de alveoli. Dit laatste draagt aanmerkelijk bij tot de verticale ontwikkeling van het geelaat. Snelle lokale afbraak, gevolgd door aanmaak treedt op bij de wisseling van melkelement naar blijvend element. Door resorptie op het buccale oppervlak van de processus alveolaris worden de spina nasalis en de neuspartij geaccentueerd. De sterkste botaanmaak in de maxilla vindt plaats aan de achterzijde in het gebied van de tuber maxillare en de achterzijde van het palatum. Dit hangt samen met de vorming van de permanente molaren en de verlenging van de tandboog. Tijdens deze uitgroei naar achter vindt verplaatsing van het maxillaire complex naar voren en naar beneden plaats. Door botaanmaak aan de suturen blijft het contact met de andere beenderen behouden.

Toename in lengte en hoogte van de mandibula vindt plaats door depositie aan de achterzijde van de ramus en enchondrale botaanmaak in de processus articularis. De binnenzijde en de bovenrand van de processus coronoideus ondervinden depositie. Grote delen van het laterale periostale oppervlak en de voorzijde van de ramus ascendens zijn resorptief. De aanmaak aan de binnenzijde en de afbraak aan de buitenzijde dragen bij tot naar mediaal-gerichte drift van dit gebied. Deze beweging hangt samen met de sterke groei aan de achterzijde en voorkomt een te grote breedtetoeename van dit deel. De combinatie van resorptie aan de voorzijde van de ramus en de aanmaak

aan de achterzijde zorgen voor een relokatie en drift van de ramus naar achter. De processus alveolaris groeit linguaal hiervan door sterke depositie naar achter. Grote delen van het buccale oppervlak van het corpus en de onderrand zijn depositief. Op de bovenrand van de alveoli vindt meestal botaanmaak plaats. Opvallend is het grote gebied van resorptie op het buccale oppervlak van de processus alveolaris ongeveer van  $P_1$  tot  $P_1$  andere zijde. Op de kin vindt botaanmaak plaats. De aanmaak op de kin accentueert samen met de resorptie in het gebied er vlak boven het prononceren van de kin (fig. 5).

Er zijn grote overeenkomsten tussen het gebeuren in de maxilla en de mandibula. Bij beide treedt de sterkste groei in horizontale richting op aan de achterzijde, terwijl er resorptie plaatsvindt aan de voorzijde. Voorts zijn er overeenkomsten tussen spina nasalis anterior en de kin.

### 3. Veranderingen in skeletweefsel bij toenemende leeftijd

Tijdens het foetale leven en tot kort na de geboorte wordt de skeletgroei gekarakteriseerd door snelle botaanmaak en afbraak. De corticale wanden worden als een fijn netwerk van dunne botbalkjes door de osteoblasten aangelegd. Er is een intensieve vascularisatie. Dit type bot wordt „fine cancellous”, ook wel primair spongieus bot genoemd. Later worden hele andere typen bot aangelegd. Dat bot is dichter van structuur en er is een drie-dimensionale plexus van kanalen voor bloedvaten. Dit bot wordt genoemd primair plexiform bot. Verreweg het grootste deel van het skelet van jon-

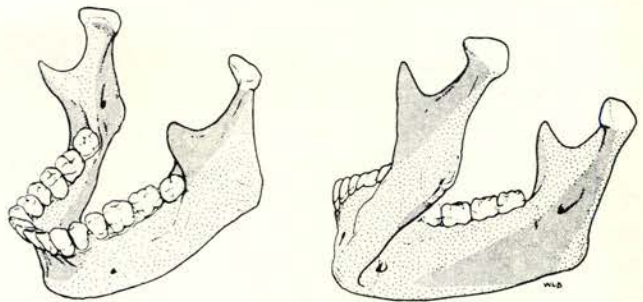


Fig. 5. De verdeling van periostale oppervlakken met resorptie (donker gestippeld) en met depositie (licht gestippeld) bij de menselijke mandibula.

Figuur met toestemming overgenomen uit: D. H. Enlow: *The Human Face*, Hoeber Med. Div., Harper & Row Publishers, New York, 1968.

ge kinderen en zoogdieren bestaat uit dit type bot. Geleidelijk begint ook lamellair bot gevormd te worden dat dicht van structuur, minder gevasculariseerd, en gelaagd is.

Door de sterke groei van de mergholten, wat door endostale resorptie wordt veroorzaakt, verdwijnt praktisch alle bot dat vroeg in de jeugd jaren is aangelegd. Grote delen van de corticalis bij jongere individuen bevatten primair plexiform bot en lamellair bot. Over dit proces van typeverandering in de periostale depositie heen, komt in toenemende mate interne remodeling op gang. Dit maakt de structuur van de corticalis meestal zeer ingewikkeld. Frost<sup>12</sup> en medewerkers, en Garn<sup>13</sup> en Israel<sup>14</sup> hebben aangetoond dat de periostale botaanmaak bij de mens het gehele leven door blijft gaan. Na aanvankelijk snelle aanmaak met een piek in de puberteitsjaren (Tanner<sup>15</sup>; Björk<sup>16</sup>) volgt een vertraging, een geleidelijke afname die een dieptepunt heeft rondom het 35ste levensjaar. Daarna neemt de activiteit weer toe, zij het zeer geleidelijk. Het gevolg is dat de omvang van de periostale enveloppe op veel plaatsen toeneemt. De diameter van ribben en de schacht van de pijpbeenderen wordt groter, de schedelomtrek en neushoogte nemen toe. De cortex wordt in het algemeen echter dunner omdat de verhouding tussen resorptie en depositie anders is komen te liggen.

De endostale resorptie is iets sterker, waardoor de cortex dunner wordt en de mergholte groter. Behalve een toename van de periostale en endostale activiteit neemt ook de interne verbouwing toe. Er komen steeds meer secundaire osteonen, andere worden vervangen en gedeeltelijk opgeruimd, waardoor het mozaïekachtige patroon ontstaat dat dergelijk bot kenmerkt. Zo goed als dat op de periostale en endostale oppervlakken het geval is, is de interne remodeling een proces van botafbraak en -opbouw. Met het ouder worden neemt ook hier de resorptie toe, waardoor er meer en grotere resorptieholtes ontstaan en de cortex, behalve dat hij dunner, ook poreuzer wordt. Doordat resorptie overheerst, neemt de totale hoeveelheid skelet af. Geldt het bovenstaande in zijn algemeenheid voor het skelet, recent is echter aangetoond dat bij sommige beenderen op bepaalde plaatsen de cortex niet dunner en poreuzer wordt, maar dikker en soms ook dichter wordt, terwijl op andere plaatsen een toenemende porositeit optreedt. Met andere woorden: er is een patroon in deze veranderingen.

Atkinson<sup>17, 18</sup> en medewerkers hebben de morfologische patronen in de porositeit – dit is dus waar meer en

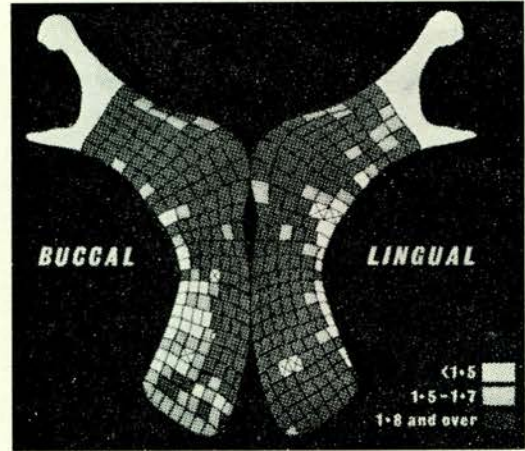


Fig. 6. Schema van de lokale variatie in dichtheid van de corticalis in de mandibula van een 60-jarige man. Figuur overgenomen uit: P. J. Atkinson en C. Woodhead, 1968. Archs Oral Biol. 13: 1453-1463.

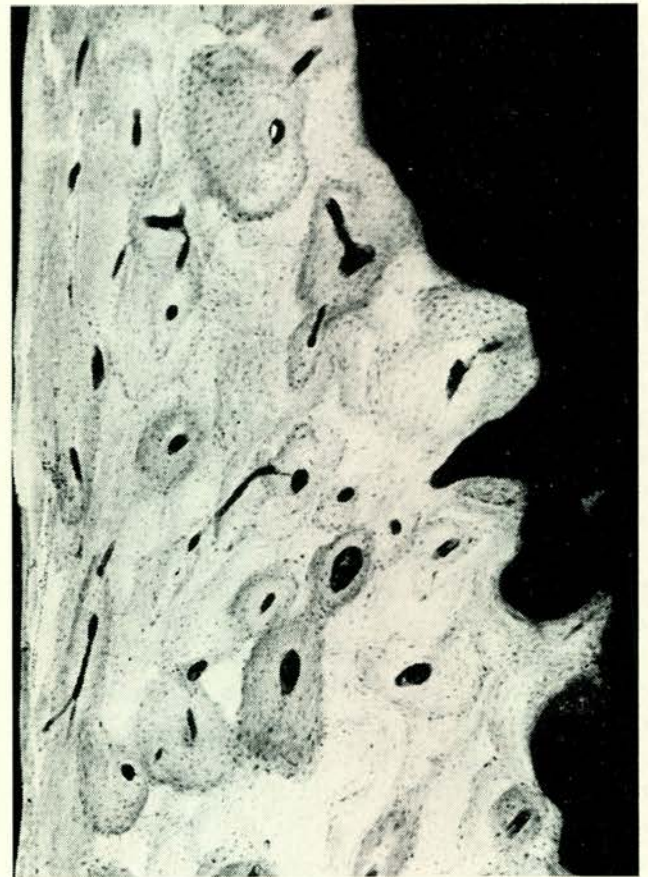


Fig. 7. Detail van een microradiogram van de buccale alveolaire cortex. Resusaap. Links het periostale oppervlak.

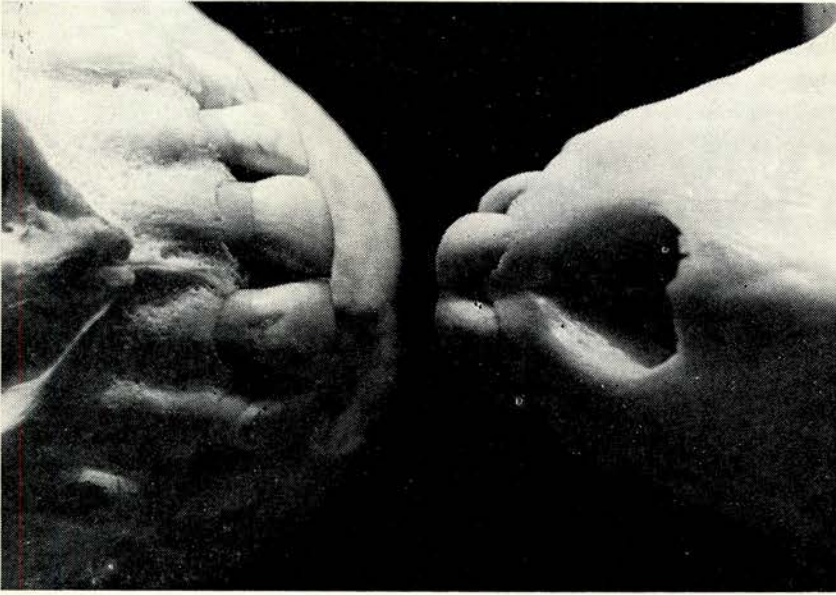


Fig. 8. Bovenaanzicht van de maxillae van volwassen mens (links) en resusaap (rechts). Let op het gegolfde poreuze oppervlak van de menselijke alveolus in vergelijking met het gladdere oppervlak bij de aap.

waar minder gaten in het bot voorkomen – geanalyseerd (fig. 6). O.a. het femur en de mandibula zijn onderzocht. Hierbij is gebleken dat de patronen van de dichtheidsveranderingen in verband kunnen worden gebracht met het oorspronkelijke groeipatroon van die beenderen. Ieder botstuk heeft een karakteristiek groeipatroon met een voor dat bot karakteristieke verdeling van periostale en endostale velden met meer of minder actieve depositie of resorptie. Bovendien treedt op karakteristieke plaatsen meer en op andere plaatsen minder interne verbouwing op. Met het toenemen van de leeftijd en de geleidelijke toename van depositie en vooral resorptie blijkt deze te verlopen volgens dat oorspronkelijke patroon.

De resorptieve periostale velden breiden zich uit. Bot dat van oorsprong al vrij poreus is als bijvoorbeeld het type primair plexiform bot met gesuperponeerde secundaire remodeling wordt in toenemende mate poreus. Ook experimenteel zijn er aanwijzingen dat de resorptie en toenemende porositeit verlopen volgens een bepaald morfologisch patroon.

Young<sup>19</sup> veroorzaakte met parathyroid-extract injecties in ratten een verheving van de resorptie. Hij stelde vast dat de sterkste resorptie optrad op die plaatsen waar in de niet-behandelde controledieren de normale ombouwresorptie optrad. Voorts bemerkte hij dat de neiging bestond dat de velden van periostale resorptie zich vanuit de oorspronkelijke plaats uitbreidden.

#### *Structuur van het alveolaire bot*

Het is wenselijk op dit punt apart het alveolaire bot te bespreken omdat de structuur nogal afwijkt van de rest van het bot van de mandibula en de maxilla.

De processus alveolaris wordt hoofdzakelijk gevormd bij de eruptieve bewegingen van de gebits-elementen en de wortelvorming. Deze bewegingen zijn relatief snel en het bot dat wordt aangelegd is van het primair plexiforme type. In dit type bot treedt in het algemeen een sterke interne verbouwing op. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de lokalisatie van de secundaire osteonen in het basale deel van de mandibula: ze worden vooral gevonden in het oorspronkelijk als primair plexiform bot aangelegde gedeelte. Primair plexiform bot is vrij poreus, terwijl de secundaire ombouw dit nog verhoogt. Bovendien wordt de porositeit van de corticalis als geheel nog verhoogd door het nagenoeg ontbreken van compacte lagen periostaal lamellair bot. Bij de mens komt er nóg een factor bij: door de grote velden van periostale resorptie aan de voorzijde vindt de vorming van de alveolaire cortex daar plaats vanuit het endosteum. Dit type bot is extra poreus.

Microradiografisch onderzoek van menselijke mandibulae door Manson en Lucas<sup>20</sup> en experimenteel onderzoek door Baumhammers et al.<sup>21</sup> toonde aan dat het alveolaire botdeel een veel grotere activiteit vertoont dan het basale deel. Voorts wijzen deze auteurs erop, dat het reactieve oppervlak van het alveolaire bot door de grote hoeveelheid kanalen en holtes vele ma-



len groter is dan in het basale deel, waar het bot veel compacter is. Deze vondsten bevestigden de klinische waarnemingen dat het alveolaire bot bij uitstek snel reageert op pathologische toestanden, maar ook gevoeliger dan andere skeletdelen is voor de geleidelijke veranderingen die optreden met toenemende leeftijd.

Buiten het bestek van deze beschouwingen valt in te gaan op de oorzaken van de geleidelijke toename van de activiteit van depositie en vooral resorptie en de toenemende porositeit.

Met opzet is de term osteoporose tot nu toe vermeden. Over deze term heerst nogal verwarring. Osteoporose, een abnormale porositeit van de beenderen, is een symptoom dat o.a. optreedt bij talloze interne ziekten. Men neemt aan dat alleen dan osteoporose tot klinische klachten leidt, wanneer een bepaalde hoeveelheid van de totale botmassa verdwenen is en het skelet niet meer aan de mechanische eisen kan voldoen. Op de pathogenese van de osteoporose is vooral gewerkt door Frost<sup>12</sup> en Nordin<sup>22</sup> en ook ons land kan zich verheugen in een grote groep onderzoekers die zich met de ziekten van het skelet bezig houdt (Birkenhäger<sup>23</sup>).

#### 4. Veranderingen in de morfologie van het aangezichtsskelet

In alle klassieke anatomieboeken vindt men afbeeldingen van foetale, volwassen en seniele mandibulae. Toch is het zinvol de veranderingen die zich in de morfologie voltrekken nog eens te bezien met als achtergrond onze kennis van de verdeling van de velden van periostale resorptie en depositie, de drift-bewegingen van de cortex en onze kennis over de skeletale veranderingen als geheel.

Bij een jonge menselijke schedel, zoals van een kind van ongeveer 8 jaar oud, is de processus alveolaris vrij vlak. De gegolfde contour die we later aantreffen is er nog niet. Nauwelijks is de richting van de wortels aangeduid. Bij de volwassen schedel is die richting veel duidelijker. De buccale cortex is dunner, soms zo dun dat de apices niet door bot worden bekleed. De elementen steken er verder uit. De metingen van Israel<sup>24</sup> aan de hand van de gestandaardiseerde röntgenfoto's bevestigen dit. In de mandibula is er een afneming in de hoogte van de alveolus, een toename in de hoogte van het basale deel gemeten vanaf de apex van P<sub>2</sub> en een toename in dikte van de cortex. Dit onderzoek had be-

trekking op een geselecteerde groep mensen met een goed gebit tot de leeftijd van 54 jaar.

Onderzoek van Pietrovski en Massler<sup>25</sup> en Atkinson en Woodhead<sup>17</sup> en Tallgren<sup>26</sup> toont aan dat in de mandibula de buccale cortex vooral in het gebied ongeveer tussen linker en rechter foramen mentale het meest resorbeert. Het hoogste punt van de alveolaire rand komt daardoor veel verder naar achter te liggen. De linea mylohyoidea, waar ook tijdens de groeiperiode sterke depositie is opgetreden, blijft bestaan en wordt zelfs dikker en wordt meer uitgesproken omdat linguaal in het gebied van de angulus resorptie optreedt. De voorachterwaartse afmetingen van de ramus worden minder. De processus coronoideus wordt dunner en puntiger, het collum dunner. De angulus wordt afgevlakt.

In de oudere maxillae worden de fossae caninae dieper. De spina nasalis anterior, de randen van de orbitae en de apertura piriformis ondervinden depositie. Opvallend is het hoogteverlies en verlies van de buccale alveolaire wal in de edentate maxilla.

Bij vergelijking van de hier globaal beschreven veranderingen valt op dat juist dáár de veranderingen het sterkst zijn waar in de groeiperiode de door Enlow aangegeven periostale resorptievelden zich bevinden.

Het vermoeden rijst dat in het periosteum van het begin af aan bepaald is of er resorptie dan wel depositie zal optreden. Een dergelijke intrinsieke informatie zou tijdens het gehele leven kunnen blijven bestaan.

Het experiment van Lacroix<sup>27</sup> wijst ook in die richting. Hij transplanteerde bot met resorberend periosteum en botaanmakend periosteum onder de nierkapsel bij konijnen. Na enige vertraging kwam de botaanmaak weer op gang. Het bot-resorberend periosteum begon aanvankelijk met botaanmaak maar ging daarna weer over op resorptie.

Nog een aanwijzing in deze richting zijn de verschillen die er gevonden zijn tussen de verdeling van de velden van resorptie en depositie bij mens en resusaap. Deze verschillen konden worden verklaard op grond van de verschillende opbouw van menselijke en aapeschedel, die zijn oorsprong vindt in de evolutionaire veranderingen<sup>28, 29</sup>.

Bij de mens is het gehele aangezicht en vooral het ondergezicht kort en regressief. Bij apen vormt zich een snuit en is de groei van het aangezicht progressief. Ons gebit is veel kleiner (relatief). Opvallend is dat de gehele buccale cortex van de processus alveolaris bij de aap depositief is. De resorptieve velden die hier bij de mens gevonden zijn, ontbreken (zie fig. 9).

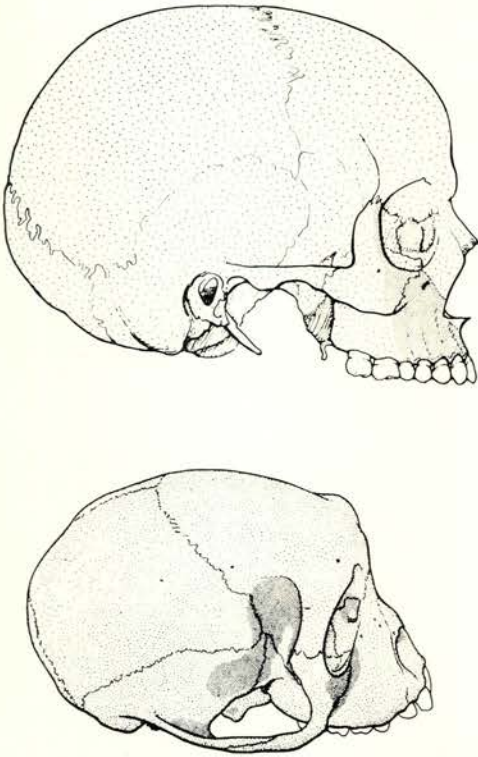


Fig. 9. De resorptieve (donker gestippelde) periostale velden ontbreken aan de voorzijde van de maxilla en processus alveolaris van de resusaap.

Overgenomen met toestemming uit: D. H. Enlow: *The Human Face*, 1968, Hoeber Med. Div., Harper & Row Publishers, New York en H. S. Duterloo en D. H. Enlow, 1970: *A comparative study of cranial growth in homo and macaca*. *Am. J. Anat.* 127: 357-368.

Worden de gegevens van alle tot nu toe genoemde onderzoekingen in onderling verband gebracht, dan geven deze inderdaad steun aan de opvatting van Atkinson et al.<sup>17</sup> Zij menen dat niet alle veranderingen die in de mandibula optreden het gevolg zijn van gebitsverlies. Veeleer is het omgekeerde het geval: het toenemende botverlies, dat verloopt volgens een intrinsiek patroon, kan – mede met andere factoren – leiden tot gebitsverlies.

## 5. Veranderingen in de mandibula bij resusapen

De voorafgaande overwegingen zijn aanleiding geweest om een onderzoek te beginnen met de vraag of de veranderingen die in de structuur en de morfologie van de

aangezichtsbeenderen bij de mens zijn waargenomen ook bij ouder wordende resusapen optreden<sup>30</sup>. Zijn bij deze dieren vergelijkbare verschijnselen waar te nemen? Speelt ook hier het oorspronkelijke groeipatroon een rol? Reeds werd vermeld dat het groeipatroon van het aangezicht van de resusaap afwijkt van dat van de mens. In het bijzonder ontbreken bij de aap de uitgebreide velden van periostale resorptie op de processus alveolaris. Over de resultaten van dit onderzoek kan een voorlopige mededeling worden gedaan.

Het materiaal bestaat uit 16 schedels afkomstig van apen van 4 leeftijdsgroepen. De exacte leeftijd van de dieren is niet bekend omdat ze in het wild geboren werden. Aan de hand van de gebitssituatie werd een verdeling in 4 leeftijdsgroepen aangebracht. De jongste groep heeft melk- of wisselgebit. Bij de jongvolwassen groep is de 3de molaar in doorbraak. Bij de volwassen groep is er abrasie van alle elementen. Bij de oudste dieren is er uitgebreide dentine-abrasie van de 3de molaren.

Van elke groep zijn 4 mandibulae onderzocht. In de linkerhelften van de onderkaken werden dichtheidsmetingen via pycnometrie verricht, van de rechterhelften werden microradiogrammen vervaardigd.

Uit microradiografisch onderzoek blijkt dat de mandibulaire cortex van de jongste groep geheel bestaat uit intensief gevasculariseerd primair plexiform bot. Tijdens en na de voltooiing van het gebit wordt vooral aan het linguale oppervlak van de kaakbasis dicht lamellair bot aangemaakt. De processus alveolaris blijft echter bestaan uit primair plexiform bot. In toenemende mate treedt in dit bot secundaire ombouw op.

De lamellaire botvorming blijft toenemen en breidt zich soms uit over de alveolaire delen, echter nooit over het incisief-hoektandgebied.

Bij 2 apen in de oudste groep werd een afwijkend patroon gevonden: bij één dier ontbrak bijna alle lamellaire bot en waren grote delen van het periostale oppervlak resorptief. Bij het andere dier werden grote resorptieruimten geconstateerd en ook betrekkelijk weinig periostaal lamellair bot.

De resultaten van de dichtheidsmetingen wijzen uit dat in het basale deel de dichtheid toeneemt. Het alveolaire deel blijft steeds poreuzer dan het basale deel. In de oudste groep is er een toename in porositeit in het incisief-hoektandgebied. Deze waarnemingen bevestigen het vermoeden dat ook bij apen veranderingen optreden die de porositeit van de corticalis beïnvloeden. Aanvankelijk is er een toename in dichtheid te consta-

teren, maar in de oudste groep werden bij 2 dieren verhoogde porositeit gevonden.

Het patroon in de waargenomen veranderingen houdt verband met het oorspronkelijke groeipatroon van de apemandibula<sup>2, 28, 29</sup>. Het lijkt gerechtvaardigd te stellen dat de veranderingen in de apemandibulae een zelfde tendens vertonen als bij de mens: aanvankelijk een dichtheidstoename, later afneming<sup>30</sup>. Hierbij moet natuurlijk niet vergeten worden het verschil in groeipatroon en de verschillen in biologische leeftijd. Deze bemoeilijken exacte vergelijkingen. De onderzochte apen zijn waarschijnlijk niet zo oud geworden als de door Atkinson en Woodhead<sup>17</sup> onderzochte exemplaren van de mens.

#### Samenvatting:

Samenvattend kan gesteld worden dat er verband bestaat tussen het oorspronkelijke groeipatroon van de kaken en de veranderingen in de morfologie en structuur die op oudere leeftijd optreden. Het unieke groeipatroon van de aangezichtsschedel van de mens en de normale structurele veranderingen van het bot vormen bovendien factoren die hem bij uitstek gevoelig maken voor afbraak van de processus alveolaris. Dit aspect vormt een belangrijke factor die, afgezien van de gevolgen van de factoren als cariës en excessieve plaquevorming, voor het massale gebitsverlies verantwoordelijk gesteld moet worden. Anderzijds moet worden erkend dat de bevindingen erop wijzen dat algemeen biologische factoren – geldend voor mens en aap – bij het ouder worden een rol spelen. De aard van deze factoren is onbekend<sup>13</sup>.

Voorts kan worden gesteld dat alhoewel de extractie van de gebitselementen de hoogte van de processus alveolaris ongetwijfeld beïnvloedt, het niet zo is dat alle veranderingen die in de kaken plaatsvinden veroorzaakt worden door gebitsverlies. Veeleer lijkt het erop dat het omgekeerde het geval is: veranderingen in de structuur en morfologie van de processus alveolaris leiden tot gebitsverlies. Dit doet de vraag rijzen of het mogelijk is aan de ongewenste gevolgen van dergelijke veranderingen iets te doen.

Het is waarschijnlijk dat fluoride een zeer belangrijke gunstige rol kan spelen in de fysiologie van bot met een hoge turnover, zoals voorkomt in de processus alveolaris.

Zoals echter o.a. uit het recente rapport van de Wereld Gezondheidsorganisatie<sup>32, 33</sup> blijkt is de rol die fluoride speelt in bot nog niet geheel duidelijk.

Uit experimenteel<sup>34, 35</sup> als wel uit epidemiologisch<sup>36</sup> onderzoek zijn echter aanwijzingen te putten dat bij goede dosering een gunstig effect voor het gehele skelet te verwachten valt en daarom ook voor de processus alveolaris.

#### Summary:

Title: New concepts on aspects of the gerontology of the human face.

The pattern of changes in structure and morphology of the facial skeleton during ageing is related to the original growth

pattern of the jaw bones. On the facial bones of man extensive periosteal resorption fields are present during growth. The extreme sensibility to porosity and resorption of the alveolar process in man is the result of such a unique growth pattern. It is suggested that this factor may explain the massive loss of dentition occurring in ageing people.

Preliminary results of studies in Macaca monkeys on the structural changes in the mandibular cortex during ageing demonstrate trends comparable to those in man. However, the pattern of growth differs from that in man.

#### Literatuur:

1. Fish, S. F., Bates, J. F., Nairn, R. I. (1969): A study of prosthetic dentistry. Brit. Dent. J. 127: 59–70.
2. Enlow D. H. (1963): Principles of bone remodeling. C. C. Thomas, Springfield, Ill.
3. Hoyte, D. A. N., Enlow, D. H. (1966): Wolff's law and the problem of muscle attachment on resorptive surfaces of bone. Amer. J. Phys. Anthropol. 24 (2): 205–213.
4. Enlow, D. H. (1968): Wolff's law and the factor of architectural circumstance. Amer. J. Orthod. 54: 803–822.
5. Björk, A. (1955): Facial growth studied with the aid of metallic implants. Acta Odont. Scand. 13: 9–34.
6. Dhem, A. (1967): Le remaniement de l'os adulte. Editions Arscia, Bruxelles.
7. Amprino, R. (1948): A contribution to the functional meaning of the substitution of primary by secondary bone tissue. Acta Anat. 5 (3): 291–300.
8. Jowsey, J. (1963): Microradiography of bone resorption. Uit: Mechanisms of hard tissue destruction. Publ.: American Association for the Advancement of Science, Washington, pp. 447–469.
9. McLean, F. C., Urist, M. R. (1968): Bone. University of Chicago Press, 3rd ed. Chicago.
10. Enlow, D. H. (1962b): Functions of the haversian system. Am. J. Anat. 110 (3): 269–306.
11. Enlow, D. H. (1968): The human face. Harper and Row, New York.
12. Frost, H. M. (1966): The bone dynamics in osteoporosis and osteomalacia. C. C. Thomas, Springfield, Ill.
13. Garn, S. M. (1970): The earlier gain and later loss of cortical bone in nutritional perspective. C. C. Thomas, Springfield, Ill.
14. Israel, H. (1968): Continuing growth in the human cranial skeleton. Archs. Oral Biol. 13: 133–137.
15. Tanner, J. M. (1962): Growth at adolescence. Blackwell, Oxford. 2nd ed.
16. Björk, A. (1963): Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic study by the implant method. J. Dent. Res. 42: 400–411.
17. Atkinson, P. J., Woodhead, C. (1968): Changes in human mandibular structure with age. Archs. Oral Biol. 13: 1453–1463.
18. Atkinson, P. J. (1969): Structural aspects of ageing bone. Gerontologia 15: 171–173.
19. Young, R. W. (1963): Histophysical studies on bone cells and bone resorption. Uit: Mechanisms of hard tissue destruction. Publ.: American Association for the Advancement of Science, Washington, pp. 471–496.
20. Manson, J. D., Lucas, R. B. (1962): A microradiographic

- study of age changes in the human mandibule. *Archs. Oral Biol.* 7: 761.
21. *Baumhammers, A., Stallard, R. E., Zander, H. A.* (1965): Remodeling of alveolar bone. *J. of Periodont.* 36: 439-442.
  22. *Nordin, B. E. C.* (1961): The pathogenesis of osteoporosis. *The Lancet* pp. 1011-1014.
  23. *Birkenhäger, J. C.* (1970): Osteoporose. *Ned. T. Geneesk.* 114: 509-513.
  24. *Israel, H.* (1968): Loss of bone and remodelling redistribution in the crano facial skeleton with age. *Fed. Proc.* 26.
  25. *Petrokovski, J., Massler, M.* (1967): Alveolar ridge resorption following tooth extractions. *J. Prosth. Dent.* 17: 21-27.
  26. *Tallgren, A.* (1967): The effect of denture wearing on facial morphology. *Acta Odont. Scand.* 25: 563-592.
  27. *Lacroix, P.* (1950): The organization of bones. J. & A. Churchill Ltd., London.
  28. *Enlow, D. H.* (1966): A comparative study of facial growth in homo and macaca. *Amer. J. Phys. Anthropol.* 24: 293-308.
  29. *Duterloo, H. S., Enlow, D. H.* (1970): A comparative study of cranial growth in homo and macaca. *Am. J. Anat.* 127: 357-368.
  30. *Duterloo, H. S., Atkinson, P. J., Woodhead, C., Strong, P.* The structure of mandibular cortex in monkey (*M. Rhesus*). 19th meeting I.A.D.R. Brit. Div., Glasgow, 1971.
  31. *Epker, B. N., Frost, H. M.* (1965): Correlation of bone resorption and formation with the physical behavior of loaded bone. *J. Dent. Res.* 44: 33-41.
  32. *W.H.O. Report* (1970): Fluoride in human health.
  33. *Vischer, Thomas L.* (1970): Fluoride in medicine. Ed. Hans Huber Publishers, Bern.
  34. *Shambaugh, G. E., Petrovic, A.* (1968): Effects of sodium fluoride on bone. *J.A.M.A.* 204: 969-973.
  35. *Levy, B. M., Dreizen, S., Bernick, S., Hampton, J. K.* (1970): Studies on the biology of periodontium of marmosets: IX. Effect of parathyroid hormone on the alveolar bone of marmosets pretreated with fluoridated and non-fluoridated drinking water. *J. Dent. Res.* 49: 816-821.
  36. *Bernstein, D. S., Sadowsky, N., Hegsted, D. M., Guri, C. D., Stare, F. J.* (1966): Prevalence of osteoporosis in high- and low-fluoride areas in North Dakota. *J.A.M.A.* 198: 499-504.

Adres: Dr. H. S. Duterloo,  
Katholieke Universiteit,  
Research Laboratorium Tandheelkunde,  
Philips van Leydenlaan 25,  
Nijmegen.

## PREPROTHETISCHE CHIRURGIE

H. TIDEMAN

### *Inleiding*

Een prothese is een kunstmatige vervanging van een ontbrekend gedeelte van het lichaam. Het doel van de prothese is het functioneel en/of esthetisch vervangen van delen van het menselijk lichaam, die congenitaal niet aangelegd zijn of door de een of andere oorzaak verloren zijn gegaan. Het been wordt op functionele, het oog op esthetische gronden vervangen, terwijl een gebitsprothese voor beide functies dienen moet. Voor iedere prothese, of het nu een been-, oog- of gebitsprothese betreft, geldt, dat het uiteindelijke succes ten eerste in hoge mate afhankelijk is van de basis waarop de prothese komt te rusten en ten tweede van de anatomische verhoudingen. Daarom zal dan ook bijzonder veel aandacht besteed moeten worden aan deze factoren, speciaal in samenhang met de chirurgische mo-

gelijkheden om de basis en de retentie van de prothese te verbeteren.

In de tandheelkunde zien wij, dat door het bereiken van een hogere leeftijd het aantal gebitsprothese-dragende mensen toeneemt. Bovendien wordt dit aantal ook nog groter door een toenemend vroegtijdig tandverlies, waardoor meer jongere mensen een totale prothese nodig hebben (Held, 1966). Na de extractie van het gebit zal in het algemeen een prothese kunnen worden vervaardigd, die gedurende een groot aantal jaren zal voldoen aan de daaraan gestelde verwachtingen. Als echter de normaal voorkomende resorptie van de processus alveolaris onder de prothese toeneemt, zullen er klachten komen over slechte retentie, drukulcera, irritatiefibromen en „flabby ridges”. Ondanks de grote

*Uit de kliniek  
voor Mondheelkunde  
en Chirurgische prothetiek  
(Wilhelmina Gasthuis)  
van de Universiteit  
van Amsterdam.  
Hoofd: Prof. M. Hut.*