

is, dient de afdruk vervolgens gedurende enige tijd in een desinfecterende oplossing te worden gelegd. Om het ontstaan van luchtbelletjes in het gipsoppervlak te voorkomen, kan de afdruk worden bespoten met een middel dat de oppervlaktespanning vermindert (Waxit/Degussa of Wax-Net/Hager). Het gebruik van gladde, niet-geperforeerde lepels (zoals bijvoorbeeld de lepels volgens Schreinemakers) vergemakkelijkt het verwijderen van de afdruk van het model. Daartoe wordt de lepel licht verwarmd zodat het adhesief verweekt. Vervolgens kan de lepel van de afdruk worden gescheiden en kan het achtergebleven afdruk materiaal behoedzaam van de gips worden verwijderd. Dit is vooral belangrijk bij hydrofiele materialen, die zeer vast aan de gips hechten.

zestal elastomere materialen voor de één-fase-techniek (Baysilex/Bayer, Precise/Coltène, Unosil/De Trey, Impregum F/ESPE, Panapren/Kettenbach, Vocoloïd N 3/Voco-Chemie) met elkaar vergeleken. Naast reuk, smaak, vloeivermogen en detailscherpte werd ook gekeken naar verwerkbaarheid en meegeleverde hulpstukken. Bovendien werd aandacht geschon-

ken aan de bijgevoegde verwerkingsvoorschriften. Er werd steeds hetzelfde patiëntenmodel afgedrukt en voor de detailscherpte werd ook nog een walnoot gereproduceerd. Zoals reeds in het begin werd gesteld, blijkt dat met al deze materialen – mits volgens voorschrift verwerkt – uitstekende resultaten kunnen worden verkregen.

## SUMMARY

### IMPRESSION METHODS AND MATERIALS FOR INLAYS.

Keywords: Restorative dentistry — Impression materials — Inlays

One brand of each of six kinds of elastic impression materials, adapted for the one phase technique, was tested in this study. Attention was paid to the mixing, working and hardening time. The concept of "thixotropic" is described as is the impression tray that this type of material requires. Patience is needed when learning to use a new material both during handling and hardening. Finally the way the working cast should be poured is discussed.

## 9. SLOTBESCHOUWING

In het hier besproken artikel werd een

# DE MECHANISCHE BETEKENIS VAN VORM EN STRUCTUUR VAN HET KAAKGEWRIJCHT

## DE FUNCTIE VAN DE DISCUS ARTICULARIS

### SAMENVATTING

In dit artikel wordt het bewegingsmechanisme van het kaakgewricht beschreven. Het kaakgewricht is in alle opzichten een synoviaal gewricht en gedraagt zich daarom volgens daarop van toepassing zijnde algemene principes. De met betrekking tot de mechanica belangrijkste morfologische componenten van het kaakgewricht (contactoppervlakken, aanhechtingen discus articularis, gewrichtsbanden, spieren en synoviale vloeistof) worden kort beschreven. De mechanische betekenis van vorm en structuur van de contactoppervlakken bij belasting wordt belicht. Vervolgens wordt een indruk gegeven van het krachtenspel in het gewricht tijdens kaakbewegingen. De functie van de discus articularis staat hierbij centraal.

STEGENGA B, DE BONT LGM, TEN BOSCH JJ, BOERING G. De mechanische betekenis van vorm en structuur van het kaakgewricht. De functie van de discus articularis. Ned Tijdschr Tandheelkd 1987; 94: 107-13.

B. Stegenga, tandarts<sup>1)</sup>  
L. G. M. de Bont, kaakchirurg<sup>2)</sup>  
J. J. ten Bosch, fysicus<sup>3)</sup>  
G. Boering, kaakchirurg<sup>1)</sup>

Uit <sup>1)</sup> de Kliniek voor Mondziekten en Kaakchirurgie en het <sup>2)</sup> Laboratorium voor Materia Technica van de rijksuniversiteit te Groningen.

Trefwoorden: Mondziekten en kaakchirurgie – Kaakgewricht – Discus articularis – Synoviaal gewricht

Datum acceptatie: 4 februari 1987.

Adres: B. Stegenga, Ant. Deusinglaan 1, 9713 AV Groningen.

## 1. INLEIDING

Een belangrijke lichaamsfunctie, waarmee de tandarts te maken heeft, is de kauwfunctie. Het kauwapparaat is een geïntegreerd systeem samengesteld uit botten, gebitselementen, klieren, spieren, zenuwen en bloedvaten, gestuurd door het centraal zenuwstelsel. Het kauwen is een mechanisch proces waarbij de betrokken structuren van het musculoskeletale systeem zich gedragen volgens algemeen geldende biomechanische principes. Zo zijn vorm en functie aan elkaar gekoppeld: een

gestoorde functie heeft invloed op de vorm en omgekeerd hebben vormveranderingen invloed op de functie.

De tandarts heeft niet alleen een belangrijke taak bij de zorg voor een gezonde dentitie en omgevende weefsels. De overige structuren, die voor een goede kauwfunctie van belang zijn, en hun interacties verdienen ook zijn aandacht. Het kaakgewricht neemt hierbij een belangrijke plaats in. Voldoende kennis van en inzicht in de biomechanica van dit gewricht is daarbij vereist. Dit artikel beschrijft de mechanische principes van het kaakge-

wricht. De functie van de discus articularis staat daarbij centraal.

## 2. DE BOUW VAN HET KAAKGEWRIJCHT

De synoviale gewrichten maken bewegingen mogelijk in het musculoskeletale systeem. Dergelijke gewrichten zijn samengesteld uit de contactelementen (de articulerende oppervlakken) en de passieve en actieve verbindende elementen, zoals de kapsels (aan de binnenzijde bekleed met de synoviale membraan), de banden en de



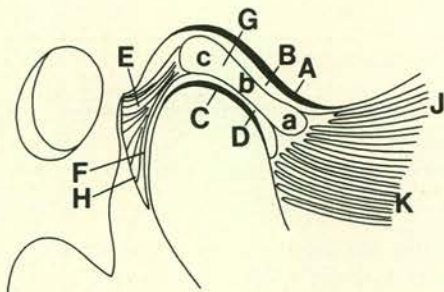
spieren.<sup>1</sup> De synoviale membraan zorgt onder andere voor de productie en resorptie van de synoviale vloeistof, die de voeding van de niet-gevasculariseerde, uit hyalinen kraakbeen of uit vezelkraakbeen bestaande, gewrichtsoppervlakken verzorgt. Sommige synoviale gewrichten bevatten bovendien tussen de gewrichtsoppervlakken een kraakbeenschijf, die de gewrichtsruimte volledig (discus) of onvolledig (meniscus) in twee compartimenten verdeelt.

Het kaakgewricht bestaat anatomisch uit twee aparte, doch functioneel als eenheid bewegende, synoviale gewrichten. Tussen de gewrichtsoppervlakken van enerzijds de processus condylaris van de mandibula en anderzijds de fossa mandibularis en het tuberculum articulare van het os temporale bevindt zich de discus articularis (afb. 1: G).<sup>2</sup> Het articulerende deel ervan bestaat uit een dun middengedeelte, de intermediaire zone (afb. 1: b), gelegen tussen een dikkere voor- en achterrand (afb. 1: a,c). Hierdoor krijgt de discus in ventrodorsale zin zijn karakteristieke biconcave vorm.<sup>3</sup> Het articulerende deel van de discus is niet gevasculariseerd of geïnnerveerd.

Lateraal en mediaal is de discus ligamenteus verbonden met de condyluspolen. Dorsaal is er een losmazige aanhechting, de zogeheten bilaminaire zone (afb. 1: E,F),<sup>3</sup> die bestaat uit:

- a. elastische vezels van het bovenste stratum, verbonden met het temporale bot,
- b. rijk gevasculariseerd bindweefsel van het onderste stratum, verbonden met de dorsale zijde van het kaakkopje.

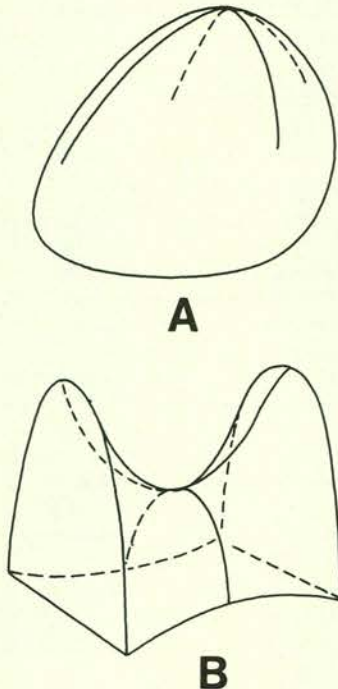
Ventraal aan de discus inserert een deel van de bovenste kop van de m. pterygoideus lateralis (afb. 1: J,K); de onderste kop ervan inserert aan het kaakkopje en het collum mandibulae.<sup>4</sup>



Afb. 1. Schematische weergave van het kaakgewricht in sagittale doorsnede (A-temporale articulaire oppervlak; B-bovenste gewrichtscompartiment; C-articulair oppervlak van de kaakkop; D-onderste gewrichtscompartiment; E-lamina superior van de bilaminaire zone; F-lamina inferior van de bilaminaire zone; G-discus articularis met: a-voorste band, b-intermediaire zone, c-achterste band; H-kapsel; J-bovenste buik van de m. pterygoideus lateralis; K-onderste buik van de m. pterygoideus lateralis).

De functionele gewrichtsoppervlakken en de discus bestaan uit een dicht netwerk van collageen vezels (aan het oppervlak evenwijdig hieraan verlopend), waartussen zich proteoglycanen bevinden.<sup>5-7</sup> Binnen de begrenzingen van het collageen netwerk expanderen de sterk hydrofiele proteoglycanen door water te binden via osmose. Tussen de expansiedruk en de rekspanning van de collageen vezels bestaat een evenwicht.<sup>8</sup> Bij belasting van het weefsel overschrijdt de expansiedruk de osmotische druk en zal water worden uitgeperst. Het kraakbeen vertoont dus een microporeus karakter, waardoor de niet-gebonden vloeistof betrekkelijk vrij kan bewegen bij wisselende belasting van de oppervlakken.

De articulerende oppervlakken van het kaakgewricht en de discus articularis bestaan uit vezelkraakbeen. Met uitzondering van het sternoclaviculaire gewricht zijn alle overige synoviale gewrichten in het menselijk lichaam bekleed met hyalinen kraakbeen. In functioneel opzicht is dit onderscheid echter nauwelijks van belang, omdat de componenten van de kraakbeenmatrix, de collageen vezels en de proteoglycanen, en hun interacties alle aan dezelfde wetmatigheden zijn onderworpen.<sup>9</sup>



Afb. 2. Schematische weergave van de uit de algemene gewrichtsmechanica bekende oppervlaktevormen.

A. ovoid(ei)-vormig oppervlak: elke doorsnede is óf convex óf concaaf (in dit diagram is een convex ovoid-oppervlak weergegeven: beide doorsneden zijn convex);  
B. zadelvormig oppervlak: een convexe doorsnede door het oppervlak is gekoppeld met een concave doorsnede loodrecht daarop.

Naast de structuur van het kraakbeen is ook de vorm van de gewrichtsoppervlakken en die van de discus articularis van belang. Van synoviale gewrichten vertoont geen enkel gewrichtsoppervlak een constante kromming. In de algemene gewrichtsmechanica worden daarom de volgende oppervlaktevormen onderscheiden:<sup>10</sup>

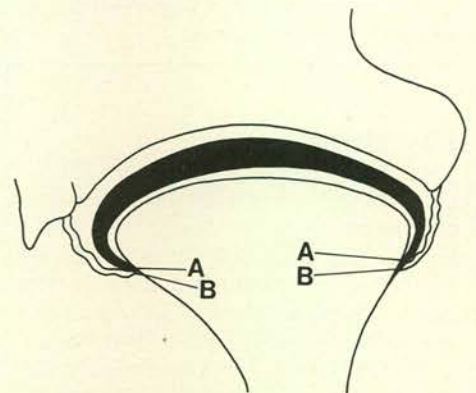
- a. ovoid-vormige oppervlakken: twee onderling loodrechte doorsneden zijn beide óf concaaf óf convex van vorm (afb. 2A);
- b. zadelvormige oppervlakken: twee onderling loodrechte doorsneden vertonen een verschillende kromming, de ene is concaaf en de andere convex (afb. 2B).

Het kaakkopje is ovoid-vormig: het is in voorachterwaartse richting sterker convex dan in mediolaterale zin (afb. 1 en 3). Het tuberculum articulare is in sagittale richting sterk convex en in mediolaterale zin licht concaaf (afb. 3); dit oppervlak is derhalve zadelvormig.

De kromming van beide discusoppervlakken past bij deze vormen: in dorsoventrale richting is het bovenoppervlak concaaf en in mediolaterale zin convex. Het onderoppervlak van de discus is concaaf in beide richtingen en dus ovoid-vormig; het past 'als een hoed' op het eveneens ovoid-vormige oppervlak van het kaakkopje.<sup>3</sup> Tijdens de kaakbewegingen past de vorm van de discus zich dankzij zijn soepele structuur gemakkelijk aan bij de steeds veranderende oppervlaktekrommingen van de beide contactoppervlakken.<sup>11</sup>

### 3. DE BEWEGINGEN VAN HET GEZONDE KAAKGEWRICT

Het kaakgewricht is in alle opzichten een synoviaal gewricht.<sup>12 13</sup> Algemeen geldende mechanische principes zullen dus ook op dit gewricht van toepassing zijn. In een gezond gewricht verlopen de bewegingen zonder (plotselinge) bewegingsverstoringen of geluiden. Er is een neuromusculaire sturing en een effectieve gewrichtsmeerking.



Afb. 3. Schematische weergave van het kaakgewricht in frontale doorsnede (A-aanhechtingen discus aan de condyluspolen; B-kapselaanhechtingen aan de kaakkop).



### 3.1. De betekenis van de verbindingselementen

Tijdens fysiologische kaakbewegingen worden de bewegingen van het gewricht niet geremd door de kapsel. Voor het voortdurend handhaven van een zo groot mogelijk contactoppervlak (en derhalve voor het handhaven van de gewrichtsstabiliteit) zijn naast vorm en structuur van de oppervlakken ook de gewrichtsbanden van belang. De relatie tussen discus en kaakkop wordt voortdurend bewaakt door de beide discusligamenten. Het ligamentum temporomandibulare volgt de beweging van de kaakkop langs het tuberculum als bescherming tegen plotselinge bewegingsafwijkingen en draagt tevens bij tot de ventrale en dorsale bewegingsbegrenzing.<sup>14 15</sup> Bewegingen en stabiliteit zijn echter vooral het produkt van geïntegreerde spieractiviteit, waarbij de m. pterygoideus lateralis een bijzondere rol speelt. De bovenste kop van deze spier is actief tijdens het sluiten van de mond; de onderste kop is daarentegen juist actief bij het openen, het naar voren houden en bewegen en het naar lateraal bewegen van de onderkaak.<sup>16 17</sup>

### 3.2. De betekenis van de contactelementen

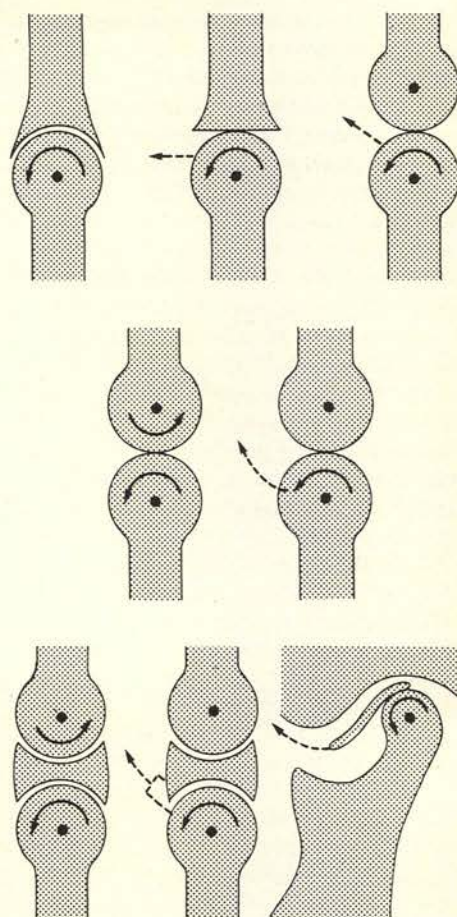
#### 3.2.1. Vorm en structuur van de gewrichtsoppervlakken

Bewegingen van de oppervlakken van synoviale gewrichten kunnen worden beschouwd als een combinatie van drie fundamentele componenten: draaiing, rolbeweging en glijbeweging (afb. 4).<sup>10</sup> Rol- en glijbewegingen komen altijd tegelijk voor.

Wanneer men de discus even buiten beschouwing laat, bewegen in het kaakgewricht in sagittale zin twee convexe oppervlakken ten opzichte van elkaar: het caput

van de mandibula ten opzichte van het tuberculum articulare van het temporale bot. Deze situatie heeft een bijzondere betekenis: in gewrichten, waarvan de oppervlakken slechts in geringe mate congruentie vertonen kunnen naast rotaties ook translaties optreden (afb. 5A).<sup>10</sup> Daarbij zou echter een klein contactoppervlak tussen kaakkop en tuberculum bestaan, waardoor de synoviale vloeistof gemakkelijk tussen de oppervlakken worden uitgeperst en de gewrichtssmering te kort zou schieten (men spreekt van een 'geaccentueerd slijtgewricht',<sup>18</sup> (afb. 5B). Door tussenvoeging van een discus ontstaat een zogenoemd 'dubbel glijgewricht' (afb. 5C) en de synoviale vloeistof is nu gunstiger tussen de oppervlakken verdeeld.<sup>19</sup> De interpositie van de discus draagt bovendien bij tot de stabiliteit van het gewricht, terwijl de translatiemogelijkheden behouden blijven.

Uit het bovenstaande blijkt, dat de discus articularis een sleutelrol speelt bij de bewegingen van het kaakgewricht en als 'derde bot' moet worden beschouwd.<sup>20</sup> In het bovenste gewrichtscompartiment articuleren in sagittale zin het concave bovenoppervlak van de discus en het convexe tuberculum. De resulterende beweging is rotatoir als gevolg van een combinatie van rol- en glijcomponenten, waarbij de glijcomponent overweegt. In transversale zin kan, bij laterale kaakbewegingen, bovendien een draai beweging plaatsvinden om een as dorsaal van de condylus aan de zijde waarheen de kaak zich beweegt.<sup>21</sup> Zadelvormige oppervlakken zijn voor een dergelijke beweging meer geschikt dan ovoidvormige oppervlakken,<sup>19</sup> zodat deze beweging eveneens in het bovenste gewrichtscompartiment plaatsvindt. In de onderste gewrichtskamer beweegt het convexe oppervlak van de kaakkop ten opzichte van

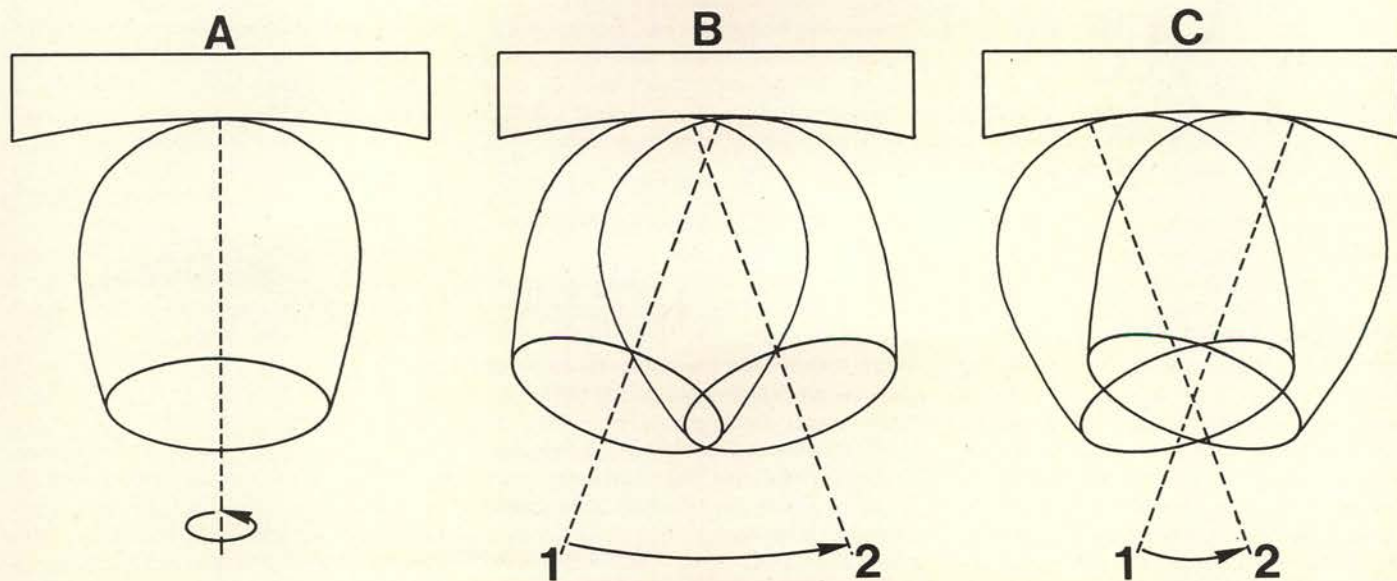


Afb. 5. A. Drie vormen van glijgewrichten, waarbij de gewrichtsoppervlakken afnemend 'congruent' zijn en de gewrichten dus in afnemende mate stabiel zijn.

B. Het 'geaccentueerde slijtgewricht' met rechts schematisch de situatie, zoals voor een (discusloos) kaakgewricht geldt.

C. 'Dubbel glijgewricht' na tussenvoeging van de discus en rechts schematisch de situatie die in het kaakgewricht bestaat.

(Naar Hjortsjö.<sup>18</sup>)

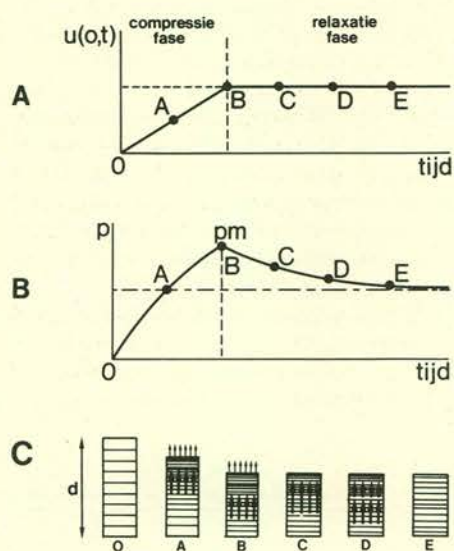


Afb. 4. Schematische weergave van de drie fundamentele bewegingsvormen van een synoviaal gewricht: A. draaiing, B. rolbeweging, C. glijbeweging.



het concave discussonderoppervlak, resulterend in een rotoire beweging met een overheersende rolcomponent. In het kaakgewricht roteert de kaakkop dus in de discus, terwijl het complex van discus en condylus roteert om het tuberculum articulare. Dit mechanisme is schematisch weergegeven in afb. 5C.<sup>22</sup>

Gedurende functionele kaakbewegingen worden de gewrichtsoppervlakken belast. Aanwijzingen hiervoor zijn: histologische studies van de gewrichtsoppervlakken,<sup>6, 9, 23, 24</sup> mechanische analyses van onderkaakmodellen<sup>25, 26</sup> en ook uitkomsten van experimentele resultaten.<sup>27-30</sup> Wat gebeurt er nu, wanneer op een gewrichtsoppervlak een kracht wordt uitgeoefend? In onbelaste toestand bestaat er een evenwicht tussen de expansiedruk van de proteoglycanen en de rekspanning in het collagene netwerk van het articulaire kraakbeen. Bij belasting van het weefsel wordt een deel van de ongebonden vloeistof geleidelijk uit de matrix geperst, waardoor het weefsel vervormt en een vloeistofstroom in de richting van het oppervlak ontstaat. Gedurende de compressiefase (afb. 6) zal de



Afb. 6. Schematische weergave van de visco-elastische veranderingen in een laagje kraakbeen dat wordt belast.

A. Deformatie ( $u$ ) als functie van de tijd. Het weefsel wordt vanaf  $t=0$  belast.

B. Weefselspanningstoename ( $p$ ) als gevolg van de in A weergegeven deformatie (0-B) en de spanningsrelaxatie in de relaxatiefase (B-E) als functie van de tijd.  $pm$  is de maximale bereikte weefselspanning.

C. Vloeistofstroming in de richting van het kraakbeenoppervlak (aangegeven door de dikere pijlen) en uitpersen van vloeistof (dunne pijltjes) in de compressiefase (0-B) gevolgd door de herverdeling van de weefselvloeistof tijdens de relaxatiefase totdat een nieuw evenwicht (E) is bereikt ( $d$ -kraakbeendikte).

(Naar Mow et al.<sup>8</sup>)

druk in het weefsel stijgen. Tegelijkertijd verbruikt de stromende vloeistof een deel van de door de belasting geleverde energie, de zogenaamde vervormingsenergie. Op deze wijze vangt het kraakbeen een deel van de belasting op, zodat de druk op het onderliggende bot wordt gereduceerd. Na de compressiefase zal de vloeistof zich herverdelen en neemt de weefeldruk langzaam af tot een constante waarde (afb. 6B).<sup>8</sup> Dit visco-elastische verschijnsel wordt spanningsrelaxatie genoemd. Als de belasting een bepaalde duur heeft ontstaat een nieuw evenwicht tussen de expansiedruk en de vezelspanning.

De discus articularis speelt bij de opvang van de gewrichtsbelasting een belangrijke rol: ook in het vezelkraakbeen van de gewrichtsschijf zullen zich bovenbeschreven processen voltrekken,<sup>6</sup> terwijl bovendien het effectieve contactoppervlak door de discus in belangrijke mate wordt vergroot.

### 3.2.2. De gewrichtssmering

Er is helaas nog geen eenduidig model beschikbaar om het mechanisme van gewrichtssmering te beschrijven en te verklaren.<sup>31</sup> Een combinatie van twee mechanismen lijkt een rol te spelen:<sup>21, 32</sup>

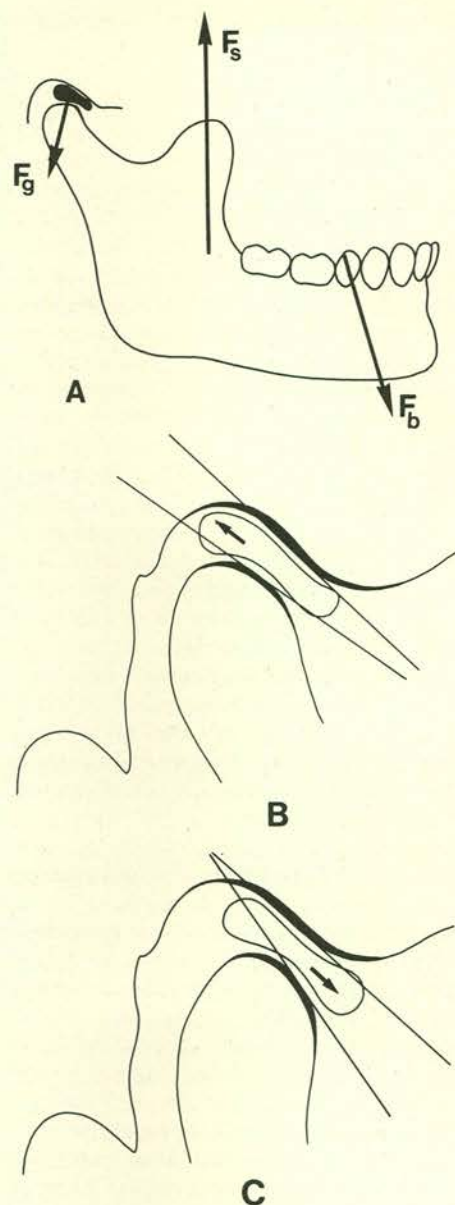
a. als gevolg van de belasting van het oppervlak wordt interstitiële vloeistof uit het weefsel geperst; het gevolg is een vloeistofstroming zowel binnen als tussen de articulerende oppervlakken ('weeping lubrication').<sup>32</sup>

b. Chemische binding tussen vloeistof en het weefsel zorgt voor een glijlaag tussen de oppervlakken ('boundary lubrication'), die tevens een deel van de belasting zou dragen.

De vloeistofcomponent binnen het gewricht is echter vooral van belang voor het verzorgen van de voeding van de niet-gevasculariseerde weefsels. Beweging zorgt voor vloeistofstroming, waardoor de afstand waarover diffusietransport en voedingsstoffen nodig is wordt overbrugd. Dit is van essentieel belang voor de vitaliteit van het kraakbeen. In geïmmobiliseerde gewrichten kunnen dan ook snel tekenen van degeneratie worden waargenomen.<sup>8</sup>

## 4. HET KRACHTENSPEL TIJDENS KAAKGEWRICHTSBEWEGINGEN

De krachten die kaakbewegingen veroorzaken zijn vooral het resultaat van geïntegreerde spieractiviteit. De spierkrachtereultante, die op de mandibula werkt, heeft twee reactiekrachten tot gevolg (afb. 7A): de ene werkt via de gebitselementen (bijkraft), de andere werkt in het gewricht. Laatstgenoemde reactiekracht wordt door het tuberculum articulare op de kaakkop uitgeoefend en draagt bij tot de gewrichtsstabiliteit. De gewrichtsreactiekracht moet transarticulair (dat wil zeggen loodrecht op de contactvlakken) gericht zijn,



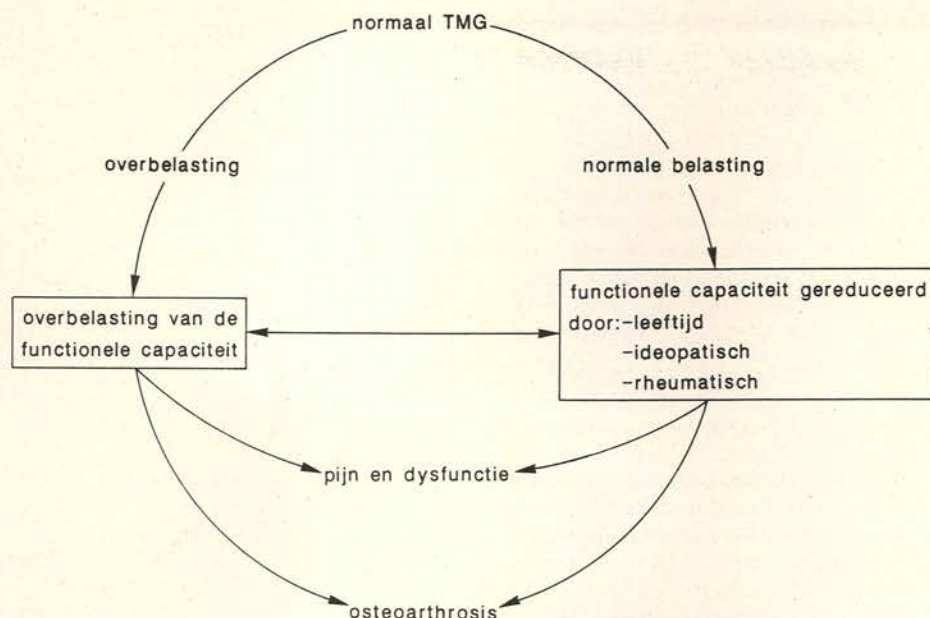
Afb. 7. A. Krachten op de onderkaak ( $F_b$ -bijkraft;  $F_s$ -spierkrachtereultante;  $F_g$ -gewrichtsreactiekracht).

B. Als gevolg van de gewrichtsreactiekracht  $F_g$  en de wigvormige ruimte bij gesloten mond wordt de discus naar dorsaal geperst (kleine pijl) en gestabiliseerd door de voorste band, de aanhechtingen aan de condyluspolen en de *m. pterygoideus lateralis* (bovenste kop).

C. Als gevolg van de gewrichtsreactiekracht  $F_g$  en de wigvormige ruimte, die ontstaat als de mond wordt geopend, wordt de discus naar ventraal geperst (kleine pijl); stabilisatie door de achterste band van de aanhechtingen van de discus aan de condyluspolen.

omdat anders banden en kapsel overmatig worden belast. Dit wordt bereikt door een juiste onderlinge afstemming van de krachten in de verschillende spieren. Tussen kaakkop en tuberculum bestaat een wigvormige ruimte waartussen zich de discus articularis bevindt. De steeds aanwezige





Afb. 8. Schematische weergave van de betekenis van (over)belasting in het kaakgewricht en de gevolgen daarvan (vrij naar Ogus<sup>42</sup>).

transarticulaire kracht resulteert in compressie, waardoor de discus de neiging heeft tussen de kaakkop en het tuberculum 'uitgeperst' te worden in een richting die afhankelijk is van deze variabele wigvorm (afb 7B).<sup>33</sup> Zo bestaat er in rustpositie een bewegingsneiging van de discus naar dorsaal, die wordt weerstaan door zijn voorste band. Als er een bijkracht wordt uitgeoefend, dan neemt de compressie toe en heeft de discus nog meer de neiging naar dorsaal te bewegen. De bovenste kop van de m. pterygoideus lateralis stabiliseert de discuspositie dan mede, hetgeen overeenkomt met de waarneming dat deze spier tegelijk met de onderkaakheffers (m. masseter, m. temporalis) actief is.<sup>16</sup> Als de mond geopend wordt (onder invloed van vooral de suprahyoidale spieren) roteert de kaakkop in de discus naar voren, terwijl de onderste kop van de m. pterygoideus lateralis het kopje simultaan naar ventraal trekt. Het kopje neemt de discus met zich mee doordat het tegen de voorrand van de discus drukt. Gedurende de beweging naar ventraal verandert de wigvormige ruimte tussen kaakkopje en tuberculum articulare zó dat de discus geneigd is naar ventraal tussen kopje en tuberculum uit te schieten (afb. 7C). Dit wordt verhinderd door de dikke achterste band en de straffe discusligamenten. De discus beweegt dus vooral passief met de kaakkop mee. Tijdens de voorwaartse beweging van het discus-condyluscomplex wordt het elastische bovenste stratum van de bilaminare zone gerek.

De bloedvaten van het onderste stratum vullen zich passief met bloed, de leegkomende fossa mandibularis wordt op deze wijze opgevuld en drukverschillen in het gewricht zullen zo worden voorkómen.<sup>34</sup> Bij het voltooien van de voorwaartse beweging neemt de activiteit in de onderste

kop van de m. pterygoideus lateralis af.<sup>16</sup> Hierop volgt het sluiten waarbij de bovenste kop van de m. pterygoideus lateralis en de onderkaakheffers actief worden; de achterste vezels van de m. temporalis trekken de onderkaak naar dorsaal. Door tegen de achterrand van de discus te drukken neemt de kaakkop de discus met zich mee naar dorsaal. Het dorsaalwaarts verplaatsen van de discus wordt bevorderd doordat deze als gevolg van de compressie neigt naar dorsaal gedwongen te worden volgens bovenbeschreven mechanisme; ook de passieve elastische 'veerkracht' van het bovenste stratum van de bilaminare zone zal de beweging van de discus naar dorsaal bevorderen. De discus wordt bij sluiten gestabiliseerd door de naar ventraal gerichte kracht uitgeoefend door de bo-

venste kop van de m. pterygoideus lateralis,<sup>20 35</sup> de voorrand van de discus en de aanhechtingen van de discus aan de condyluspolen. Tijdens de beweging van het discuscondyluscomplex naar dorsaal worden de bloedvaten in het onderste stratum leeggeperst.

## 5. DE FUNCTIE VAN DE DISCUS ARTICULARIS

De functie van de discus articularis kan als volgt worden samengevat:

- de discus vergemakkelijkt de rol- en glijbewegingen in het gewricht;
- de discus vergroot de gewrichtsstabiliteit met behoud van de mogelijkheid tot translatiebewegingen van de onderkaak (opheffen van de 'discongruentie');
- als onderdeel van 'twee gewrichten in één' draagt de discus bij tot een grote gewrichtsmobiliteit;
- de aanwezigheid van de discus maakt dat het kaakgewricht niet tot 'geaccentueerd slijtgewricht' wordt;
- vergroting van het effectieve contactoppervlak in het gewricht beïnvloedt de gewrichtssmering gunstig;
- de discus is van belang voor het opvangen van de gewrichtsbelasting: door aanwezigheid van de discus wordt een relatief groot kraakbeenoppervlak belast, waardoor de druk daarop geringer wordt. Deze druk wordt in rekspanning van de collage-vezels in het vezelkraakbeen van de gewrichtsoppervlakken en van de discus omgezet en zo grotendeels opgevangen; bij plotselinge belasting zorgen ook de visco-elastische eigenschappen van het kraakbeen zelf voor schokdemping;
- het voorkómen van grote drukverschillen in het gewricht door bij ventrale beweging van het kopje de fossa mandibularis onmiddellijk met weefsel op te vullen.

## SUMMARY

THE MECHANICAL SIGNIFICANCE OF FORM AND FUNCTION OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT. THE FUNCTION OF THE ARTICULAR DISC.

Keywords: Oral surgery - Temporomandibular joint - Articular disc - Synovial joint

A survey of the literature concerning the mechanical principles of the temporomandibular joint (TMJ) is presented. The TMJ is a typical synovial joint and its behaviour is in accordance with the general biomechanical principles of synovial joints. The most important morphological components of the TMJ (contact surfaces, ligaments, muscles and synovial fluid) and their mechanical significance are briefly discussed. Forces acting on the TMJ surfaces are outlined. The significance of the articular disc in TMJ function is emphasized.

## LITERATUUR

- HUSON A. Bouw van het normale gewricht en van de discus intervertebralis. In: Morphologie van gewrichtsziekten. Leiden: Boerhaave commissie, 1984.
- BOERING G. Anatomical and physiological considerations regarding the temporomandibular joint. *Int Dent J* 1979; 29:245-51.



## 6. DISCUSSIE

De functie van de discus articularis van het kaakgewricht is veelzijdig. Deze structuur is onmisbaar voor het goed functioneren van het gewricht. De rol van de discus bij kaakgewrichtsdysfunctie (verstoring van het normale bewegingsverloop, de normale bewegingsbegrenzing, bewegingsbeperking of combinatie(s) daarvan) is voldoende aangetoond.<sup>36</sup> Klinisch kan een dergelijke dysfunctie manifest worden als afwijkingen tijdens de openings/sluitingsbaan, geluiden in het gewricht (knappen, crepitatie), pijn, bewegingsbeperking en instabiliteit.<sup>37-41</sup> De gemeenschappelijke noemer van verstoring van het normale bewegingsverloop, mogelijk leidend tot dysfunctie, lijkt overbelasting van gewrichtsovervlakken en/of ligamenten te zijn. Er kan daarbij sprake zijn van:

a. absolute overbelasting (waarbij het weerstandsvermogen van het weefsel normaal is, maar de belasting ervan te groot);  
b. relatieve overbelasting (normale belasting bij verminderd weerstandsvermogen van het weefsel).

Beide leiden ertoe dat de beschermende functie van de discus en de gewrichtsovervlakken vermindert of verloren gaat met als gevolg remodeling of degeneratieve veranderingen van kraakbeen en bot (afb. 8).<sup>42</sup>

Bij kaakgewrichtsklachten verdient een conservatieve therapie de voorkeur. Een zorgvuldige diagnostiek door de tandarts, waarbij alle factoren die een rol spelen bij de kauwfunctie worden betrokken, moet de basis zijn van een effectieve therapie. Deze kan gericht zijn op het ontzien van het gewricht (langzame gestabiliseerde bewegingen, vermijden van excessieve bewegingen, beperken van – langdurige – mondopening, signaleren en afleren van slechte mondgewoonten zoals bruxisme) en herstellen van de discuspositie (mechanisch reponeren, repositieplints, etc.). Begrip van de structuur en functie van het kaakgewricht met zijn verschillende componenten is daarbij vereist. Als deze vormen van therapie geen verlichting van de (pijn)klachten geven, kan tenslotte chirurgisch ingrijpen noodzakelijk zijn.<sup>43 44</sup> De chirurgische behandeling van een kaakgewricht met een naar ventraal geluxeerde discus lijkt de discusrepositie te zijn. Als de toestand van de discus nog goed is worden de mechanische eigenschappen van het gewricht hierdoor grotendeels hersteld en verdergaande degeneratie kan worden voorkomen. Wanneer de conditie van de discus echter slecht is, zal deze niet meer te reponeren zijn en is discusextirpatie een alternatief. Discusextirpatie leidt echter tot een discusloos (geaccentueerd) slijtgewricht, waardoor het terminale stadium van arthrosis versneld zal worden bereikt. De klachten zullen tenslotte dien-

- <sup>3</sup>REES LA. The structure and function of the mandibular joint. *Br Dent J* 1954; 96: 125-33.
- <sup>4</sup>HYLANDER WL. Functional anatomy. In: Sarnat BG, Laskin DM, eds. *The temporomandibular joint – a biological basis for clinical practice*. Springfield (Illinois): Thomas, 1979.
- <sup>5</sup>DE BONT LGM, DE HAAN P, BOERING G. Het kraakbeen van het kaakgewricht. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1985; 92: 184-9.
- <sup>6</sup>DE BONT LGM, LIEM RSB, HAVINGA P, BOERING G. Fibrous component of the temporomandibular joint disc. *J Craniomandibular Pract* 1985; 3: 368-73.
- <sup>7</sup>MAROUDAS A. Balance between swelling pressure and collagen tension in normal and degenerate cartilage. *Nature* 1976; 260: 808-9.
- <sup>8</sup>MOW VC, HOLMES MH, LAI WM. Fluid transport and mechanical properties of articular cartilage: a review. *J Biomechanics* 1984; 17: 377-94.
- <sup>9</sup>DE BONT LGM, LIEM RSB, HAVINGA P, BOERING G, VANDER KORST JK. Collagen network of human femoral head cartilage; a light microscopic and scanning electron microscopic study. *Acta Anat* 1986; 126: 41-7.
- <sup>10</sup>BARNETT CH, DAVIES DV, MacCONNAILL MA. *Synovial joints, their structure and mechanics*. London: Longmans, 1961.
- <sup>11</sup>OGUS HD, TOLLER PA. *Common disorders of the temporomandibular joint*. Bristol: Wright. PSG, 1981.
- <sup>12</sup>MOSS ML. The functional matrix concept and its relationship to temporomandibular joint dysfunction and treatment. *Dent Clin North Am* 1983; 27: 445-55.
- <sup>13</sup>WARWICK R, WILLIAMS DL. *Gray's anatomy*. 35<sup>e</sup> druk. Edinburgh: Longmans, 1973.
- <sup>14</sup>SICHER H, DuBRUL EL. *Oral anatomy*. St. Louis: The CV Mosby Co, 1975.
- <sup>15</sup>KROGH POULSON W, CARLSEN O. *Bidfunktion bettfysiologi*. Kopenhagen: Munksgaard, 1973.
- <sup>16</sup>MacNAMARA JA. The independent functions of the two heads of the lateral pterygoid muscle. *Am J Anat* 1973; 138: 197-206.
- <sup>17</sup>LIPKE DP, GAY T, GROSSBD, YEAGER JA. An electromyographic study of the human lateral pterygoid muscle. *J Dent Res* 1977; 56:B230.
- <sup>18</sup>HJORTSJÖ CH. View on general principles of joints and movements. *Acta Orthop Scand* 1959; 29: 134-45.
- <sup>19</sup>MacCONNAILL MA. The geometry and algebra of articular kinematics. *Bio Med Eng* 1966; 1: 205-212.
- <sup>20</sup>BELL WE. Understanding temporomandibular biomechanics. *J Craniomandibular Pract* 1983; 1: 27-33.
- <sup>21</sup>DuBRUL EL. The biomechanics of the oral apparatus. In: *The physiology of oral reconstruction*. Chicago: Quintessence Publishing Co Inc, 1981.
- <sup>22</sup>HJORTSJÖ CH. The mechanism in the temporomandibular joint. *Acta Odontol Scand* 1954; 11: 5-12.
- <sup>23</sup>MOFFETT BC, JOHNSON LC, McCABE JB, ASKEW HC. Articular remodeling in the adult human temporomandibular joint. *Am J Anat* 1964; 115: 119-42.
- <sup>24</sup>MEILKE MC. Remodeling. In: Sarnat BG, Laskin DM, eds. *The temporomandibular joint a biological basis for clinical practice*. Springfield (Illinois): Thomas, 1979.
- <sup>25</sup>SMITH RJ. Mandibular biomechanics and temporomandibular joint function in primates. *Am J Phys Anthropol* 1978; 49: 341-50.
- <sup>26</sup>WALKER A. Functional anatomy of oral tissues: mastication and deglutition. In: Shaw JH, Sweeney EA, Cappuccino CC, Meller SM, eds. *Textbook of oral biology*. Philadelphia: W. B. Saunders, 1978.
- <sup>27</sup>WEIJS WA. Biomechanical models and the analysis of form: a study of the mammalian masticatory apparatus. *Am Zool* 1980; 20: 707-19.
- <sup>28</sup>PRUIM GJ, DE JONGH HJ, TEN BOSCH JJ. Forces acting on the mandible during bilateral static bite at different bite force levels. *J Biomechanics* 1980; 13: 755-63.
- <sup>29</sup>BARBENEL JC. The mechanics of the temporomandibular joint; a theoretical and electromyographical study. *J Oral Rehabil* 1974; 1: 19-27.
- <sup>30</sup>BREHNAN K, BOYD RL, LASKIN J, GIBBS CH, MAHAN P. Direct measurement of loads at the temporomandibular joint in *Macaca arctoides*. *J Dent Res* 1981; 60: 1820-4.
- <sup>31</sup>WRIGHT V, DOWSON D, KERR J. The structure of joints. In: *International review of connective tissue research* (vol 7). New York: Academic Press, 1976.
- <sup>32</sup>McCRUTCHEN CW. Lubrication of joints. In: Sokoloff L, ed. *The joints and synovial fluid* (vol 1). New York: Academic Press, 1978.
- <sup>33</sup>OSBORN JW. The disc of the human temporomandibular joint: design, function and failure. *J Oral Rehabil* 1985; 12: 279-93.
- <sup>34</sup>PARSONS MT, BOUCHER LJ. The bilaminar zone of the meniscus. *J Dent Res* 1966; 45: 59-61.
- <sup>35</sup>JUNIPER RP. Temporomandibular joint dysfunction: a theory based upon electromyographic studies of the lateral pterygoid muscle. *Br J Oral Surg* 1984; 22: 1-8.
- <sup>36</sup>DE BONT LGM, BLANKESTIJN J, VANDER KUIJL B, BOERING G. De rol van de discus articularis bij kaakgewrichtsklachten. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1986; 93:345-50.
- <sup>37</sup>HANSSON T. Temporomandibular joint changes related to dental occlusion. In: Solberg WK, Clark GT, eds. *Temporomandibular joint problems. Biologic diagnosis and treatment*. Chicago: Quintessence Publishing Co Inc, 1980.
- <sup>38</sup>YAVELOW I, ARNOLD GS. Temporomandibular joint clicking. *Oral Surg* 1971; 32: 708-15.
- <sup>39</sup>BELL WE. Clinical management of temporomandibular disorders. Chicago: Yearbook of medical publishers, 1982.
- <sup>40</sup>McCARTY WL. Diagnosis and treatment of internal derangements of the articular disc and mandibular condyle. In: Solberg WK, Clark GT, eds. *Temporomandibular joint problems. Biologic diagnosis and treatment*. Chicago: Quintessence Publishing Co Inc, 1980.



overeenkomstig afnemen,<sup>41</sup> waardoor het succes op lange termijn van deze therapie, zoals in de literatuur is beschreven,<sup>45</sup> te verklaren is. Een slechts gedeeltelijk verwijderen van de discus (alleen aan de laterale zijde van het gewricht) zou hierbij op zijn plaats zijn omdat vaak alleen het laterale deel van de discus articularis naar ventraal geluxeerd blijkt te zijn.<sup>46</sup>

De auteurs danken E. van Ommen voor het vervaardigen van de illustraties.

<sup>41</sup> BOERING G. Arthrosis deformans van het kaakgewricht. Een klinisch en röntgenologisch onderzoek. Groningen: rijksuniversiteit, 1966. Academisch proefschrift.

<sup>42</sup> OGUSHI D. Degenerative disease of the temporomandibular joint in young persons. *Br J Oral Surg* 1979; 17: 17-36.

<sup>43</sup> LASKIN D. Surgery of the temporomandibular joint. In: Solberg WK, Clark GT, eds. Temporomandibular joint problems. Biologic diagnosis and treatment. Chicago: Quintessence Publishing Co Inc, 1980.

<sup>44</sup> POSWILLO D. Surgery of the temporomandibular joint. *Oral Sci Rev* 1974; 6: 87-118.

<sup>45</sup> ERIKSSON L, WESTESSON PL. Long-term evaluation of meniscectomy of the temporomandibular joint. *J Oral Maxillofac Surg* 1985; 43: 263-9.

<sup>46</sup> DE BONT LGM, LIEM RSB, BOERING G, EULDERINK T, WESTESSON PL. Osteoarthrosis and internal derangement of the temporomandibular joint. A light microscopic study. *J Oral Maxillofac Surg* 1986; 44: 634-43.

## Boekbesprekingen

ONDER REDACTIE VAN P. HOLM-PEDERSEN EN H. LÖE. Geriatric dentistry. A textbook of oral gerontology. 423 pag. Munksgaard, Kopenhagen 1986. Prijs D.Kr. 430,—. ISBN 87 16 09660 6.

Om de problemen op het gebied van de mondgezondheid bij de steeds ouder wordende patiënten te kunnen herkennen en behandelen vraagt de tandheelkunde van zijn beoefenaren meer kennis en klinische vaardigheden dan de meeste tandartsen nu bezitten. De samenstellers hebben vrijwel alle experts op dit nieuwe deelgebied in de tandheelkunde, de gerodentologie, aan zich weten te binden.

In 30 hoofdstukken worden de biologische, psychologische, sociale en medische aspecten van het ouder worden behandeld; zowel het normale als het pathologische beeld komen aan bod. Extra aandacht wordt besteed aan de klinische problemen. De gevolgen van het verouderen voor het handelen van de tandarts worden duidelijk gemaakt. Vrijwel ieder hoofdstuk is heel pregnant geschreven in de vorm van een overzichtsartikel, waarin de laatste informatie is verwerkt. Een literatuurlijst sluit elk hoofdstuk af. Het boek biedt dan ook een schat aan informatie, die door de achterin opgenomen index goed toegankelijk is.

De doelstelling van de samenstellers was een breed overzicht te geven van het verouderingsproces en de gevolgen hiervan voor de tandheelkundige zorgverlening; hierin zijn zij volledig geslaagd. In de subtitel staat het woord 'tekstboek' vermeld en dit is het inderdaad.

Samenvattend: Een standaardwerk dat verplichte kost is voor een ieder die oudere patiënten behandelt en welke algemeen-practicus doet dit niet?

A. C. M. van de Poel, Winsum

E. STEGER. Die anatomische Kaufläche. Bildatlas und Arbeitsanleitung. 93 pag., 170 afb. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin, Chicago, London, São Paulo, Tokyo 1986. Prijs DM 128,—. ISBN 3 87652 255 2.

Dit vooral voor tandtechnici bestemde boek bevat rijkelijk geïllustreerde richtlijnen voor het modelleren van de kauwvlakken, waarbij als uitgangspunt gold dat de natuurlijke morfologie zowel functioneel als esthetisch fraai.

De auteur bestudeerde daartoe vele honderden premolaren en molaren en registreerde de wezenlijke morfologische karakteristieken door incidentele kenmerken uit te selecteren. Stapsgewijs wordt per element getoond hoe op eenvoudige wijze een karakteristiek kauwvlak wordt opgebouwd. Het boek moet het hebben van de illustraties; tekst is nauwelijks voorhanden. Omdat wasmodellen fotografisch slecht zijn weer te geven, is na elke stap een afdruck genomen en vervolgens een gipsmodel vervaardigd. Het uiteindelijke resultaat, een goud-porselein kroon, oogt zeer fraai. Tot slot wordt in drie korte hoofdstukken getoond met welke instrumenten en op welke wijze de kauwvlakken kunnen worden bewerkt, beslepen en ingekleurd.

Het boek kan ongetwijfeld dienst doen als hulpmiddel bij het modelleren van de kauwvlakken, maar ook niet meer dan dat. Jammer dat totaal geen aandacht wordt besteed aan occlusie en articulatie.

A. H. B. Schuurs, Amsterdam

E. H. VERMEER. Een modulair onderwijssysteem en curriculaire onderwijsinnovatie op I.S.S.-basis in een bestaande opleiding bij de Faculteit Tandheelkunde R.U.G. I. Beschrijving van de vernieuwingen. II. Normatieve modellen. 174 pag. Rijksuniversiteit, Groningen 1986. ISBN 90 3670024 8.

Op vrijdag 7 november 1986 vond te Groningen een symposium plaats over 'de ontwikkeling van een modulair onderwijssysteem'. Er werd een overzicht gegeven van de ervaringen die gedurende negen jaar zijn opgedaan met de ontwikkeling van een individueel en modulair onderwijssysteem.

In dat kader is een boek gepubliceerd van de hand van E. H. Vermeer. Hij doet daarin verslag van de nieuwe onderwijsopzet, de nieuwe organisatievorm en het innovatieproces dat hiertoe heeft geleid. Een proces waaraan de schrijver als onderwijskundige van de faculteit tot 1985 heeft geparticipeerd.

Het onderwijssysteem te Groningen is gewijzigd van een traditioneel college-practicum- en tentamensysteem in een individueel studiesysteem (I.S.S.). De colleges zijn grotendeels vervangen door kleine theorieblokken, oftewel modulen, die de student in een zelf te bepalen tempo en op een zelf te bepalen plaats en tijdstip kan bestuderen. Ook de practica kan de student in een zelf te bepalen tempo via korte modulen volgen. Het studeren in eigen tempo heeft ook consequenties voor de toetsing. Ook hier is, in overeenstemming met zelfstudiefilosofie die de onderwijsvernieuwers aanhangen, een en ander ingrijpend gewijzigd. Studenten kunnen op ieder willekeurig moment naar de zgn. 'toetszaal' alwaar ze op aanvraag een door de computer samengestelde toets (computer-managed-instruction C.M.I.) krijgen