

*Niets in de wereld is zachter en teerder dan  
water  
maar niets overwint zo volkomen het harde  
en het starre.  
Water is mild,  
het dient alle wezens  
zonder ze te hinderen.*

Lao-tseu

## EEN VERKLARING VOOR HET HOUVAST VAN DE VOLLEDIGE PROTHESE\* I

DOOR M. F. RENEMAN JR.

### *Inleiding*

Vlak voor de eeuwwisseling werd het voor het eerst mogelijk protheses te vervaardigen die door andere dan mechanische krachten op hun basis werden gehouden. Even hierna verschenen ook de eerste beschouwingen die deze experimenteel gevonden mogelijkheden rationeel trachtten te verklaren.

Aanvankelijk waren het nog de theorieën en hypothesen die achter de geconstateerde feiten aanhinkten, maar omstreeks de twintiger jaren hadden die theorieën reeds zoveel overtuigingskracht gekregen, dat op grond hiervan afdrukmethoden en prothesebasisvormen gepropageerd dan wel verworpen konden worden.

Zo had men geconstateerd dat door middel van verbeterde afdrukmaterialen en technieken beter passende protheses vervaardigd konden worden, die soms met een zuigend, smakkend geluid uit de mond getrokken moesten worden.

Dit geluid dat overal bij luchtverplaatsing tengevolge van luchtdrukverschillen waargenomen wordt, leidde tot de voor de hand liggende conclusie, dat onder een vast op zijn plaats rustende prothese een lagere luchtdruk zou heersen dan in de buitenlucht. Deze gedachtengang voerde op zijn beurt weer tot allerlei prothesebasisvormen, die meer bevorderlijk zouden zijn voor het verwekken en instandhouden van dit drukverschil.

Doordat echter vrijwel altijd die speciale constructies tot ongunstige nevenverschijnselen leidden, bv. drukplaatsen en proliferaties, moest deze schijnbaar voor de hand liggende weg worden verlaten. Men zocht toen langs minder schadelijke wegen het houvast op te voeren en tevens hierbij naar „zachter” werkende krachten die dit konden verklaren.

Oppervlaktespanningstheorieën, adhesie-, cohesie-, viscositeits- en andere fysische verschijnselen zouden inzicht geven waarom een redelijke retentie van

---

\*) Met dank aan Drs. L. PRINS, fysicus verbonden aan het v. d. Waalsinstituut te Amsterdam; Drs. T. WINKEL, chemicus verbonden aan het T.N.O. te Delft.

de prothese verkregen kan worden zonder pathologische belasting van de kwetsbare mondweefsels.

Deze laatste theorieën werden vooral in de Verenigde Staten ontwikkeld. Dit verklaart waarom de zg. mucostatische afdrukmethoden daar zo populair werden.

Desondanks hield de luchtdruktheorie evenwel toch stand. Vooral in Duitsland heeft men hardnekkig aan de oude opvatting vastgehouden, deze alleen op meer moderne leest geschoeid. Geen wonder, dat kauwafdruk- en compressieafdrukmethoden vooral ginds ontwikkeld werden, er school maakten en worden toegepast.

Als in de laatste jaren van verschillende zijden afdrukmethoden naar voren gebracht worden die een groter houvast tot doel hebben, dan worden daarbij steeds theorieën en verklaringen aangevoerd.

Bij al deze dingen is het opmerkelijk dat men in de prothetiek zich zo gaarne bedient van analogieën. Men vergelijkt met pompen en zuigers, met glasplaten, met katrollen en nog veel meer. Op zichzelf is hier niets tegen. Niemand verwacht dat de theoretische kennis van de practicus zich op de vele grensgebieden (waarop de tandheelkundige wetenschap zich tegenwoordig beweegt) vertrouwd gevoelt en de daarbij te pas gebrachte fysische verschijnselen op hun mérites kan beoordelen. Een vergelijking kan via een visueel vertrouwde voorstelling datgene verhelderen, wat op zichzelf de niet-fysicus moeilijk aanspreekt. Echter dreigt een groot gevaar, dat ook reeds in het verleden de prothetiek vaak parten heeft gespeeld. Op grond van aantoonbare overeenkomsten mag men vergelijkingen maken. Maar op grond van vergelijkingen mag men slechts conclusies trekken als meetbare en berekenbare grootheden overeenstemmen!

#### *Direct en indirect houvast*

In deze uiteenzetting wordt opnieuw het probleem van de retentie aan de orde gesteld. Nagegaan zal worden of er tussen prothese en slijmvlies, in de zg. prothesespleet een krachtenspel heerst, dat de prothese op haar plaats houdt.

Niet aan de orde komen al die krachten, die buiten dit gebied de prothese evenzeer tot haar functionele waarde bijdragen. Deze laatste krachten, tongdruk lipdruk, spierkrachten, kauwdruk en alle andere worden, ter onderscheiding van de eerste, als indirecte retentiefactoren beschouwd.

Direct en indirect houvast zijn beide even belangrijk.

#### *Indeling*

Alle theorieën die de directe retentie van de prothese verklaren zijn onder te brengen in de volgende groepen:

- A. houvast d.m.v. een drukverschil dat langdurig in stand gehouden wordt;
- B. houvast d.m.v. een tijdelijk optredend drukverschil, als gevolg van belasting;
- C. houvast veroorzaakt door de specifieke eigenschappen van het speeksel;
- D. houvast waarbij de weerstand tegen de verplaatsing van het speeksel van invloed is op de duur van het houvast.



Hoewel deze groepen strikt gescheiden worden genoemd en ook besproken, wil dit niet zeggen dat naast de specifieke kracht uit een bepaalde groep, geen kracht uit een andere groep als nevenverschijnsel tevens invloed kan uitoefenen. Iedere schematisering lijdt nu eenmaal aan verstarring. Toch is deze indeling van praktisch belang, omdat de vormgeving van de prothese, die uit deze theorieën is afgeleid daarmee varieert.

In de eerste twee groepen speelt de luchtdruk een belangrijke rol; in de derde niet, nauwelijks of slechts secundair.

In groep A oefent de prothese-bevestigende kracht een voortdurende belasting uit op de dragende slijmvliesweefsels. De andere retentie-krachten B, C en D belasten alleen dan het slijmvlies, wanneer er krachten optreden waardoor de prothese van haar basis wordt gelicht. Voor de retentiekrachten in groep A, B en C geldt dat zij onafhankelijk zijn van de duur van de belasting, terwijl in groep D de duurzaamheid van het houvast in wezen beperkt is. A en B hebben betrekking op de verschillende zuigtheorieën, in C zijn de adhesietheorieën, in D de inwendige weerstandtheorieën vervat.

Deze wat populaire benamingen moeten met omzichtigheid gehanteerd worden omdat een fysische krachtvorm door de ene auteur als een zuigkracht wordt betiteld, bij de andere echter als een adhesiekracht.

Ter verklaring van het prothetische houvast is het niet nodig alle fysische en chemische krachten te bespreken die tussen prothese en slijmvlies werkzaam zijn.

Wie op zoek is naar het directe prothetische houvast, wil vooral leren kennen de kracht die als een zwakste schakel werkzaam is tussen prothese en slijmvlies en welke bij de patiënt kan worden gemeten.

De verklaring die in dit opstel gebracht wordt, dient niet gezien te worden als een star dogmatische. Hoewel zij min of meer valt onder de in D genoemde theorieën, draagt zij toch ook kenmerken van andere, in het bijzonder van onder B genoemde.

In het complexe gebeuren (de retentie-keten) zal de nadruk gelegd worden op een bindingstype, dat vele houvastverschijnselen verklaart. De kennis van dit retentietype is voor de actuele praktische prothetiek van groot belang, omdat zij een inzicht geeft in de factoren waardoor de retentie wordt beheerst.

Zij kan ertoe leiden, dat aan de prothesebasis een meer rationele vorm wordt gegeven. Een dusdanige rationele prothesebasis, die in overeenstemming is met de hedendaagse theoretische inzichten, kan leiden tot protheses met een grotere retentiekraft.

#### *Theorie en consequentie*

Aanhangers van de strikte „zuig”theorie zullen protheses vervaardigen, waarbij een omgrensde discrepantie is aangebracht tussen slijmvliesvorm en prothesebasis-vorm; in de daartussen gecreëerde ruimte kan de lucht een lagere spanning bezitten dan de buitenlucht. Het zo hoog mogelijk opvoeren, en zo lang mogelijk instandhouden van het drukverschil is het doel van deze toepassing.

In zijn strikte vorm is deze zuigtheorie evenwel verlaten. Allereerst om praktische redenen: het slijmvlies verdroeg een dergelijke aanhoudende negatieve belasting niet. Luchtkamers, vacuümholtes en elastische zuignappen, waarop hier wordt bedoeld, werden opgevuld met proliferatief weefsel en daarmee werd deze specifieke retentievorm teniet gedaan. Voor deze zuigtheorie is een andere in de plaats gekomen, één waarin de luchtdruk wel een belangrijke rol speelt, maar waarbij het (lucht)-drukverschil in grootte wisselt en slechts tijdelijk optreedt. Alleen het (geringe) gewicht van de prothese of de uitgeoefende (variabele) trekkracht belast het slijmvlies, en veroorzaakt een drukverschil.

REHBERG kan men beschouwen als een van de belangrijkste exegeten van dit standpunt, ook in 1956 bevestigt hij nog „dass ich allein den Luftdruck als verantwortlich ansehe und ich ein Vertreter der Luftdruck-Theorie bin.” Hij vervolgt: „Grundsätzlich glauben wir also, dass man den Halt einer oberen Prothese etwa vergleichen könnte mit dem Beispiel der Luftpumpe, das zwar nicht neu ist, jedoch das Princip sehr anschaulich dar zu stellen vermag.”

Prothesevormen die van deze theorie afgeleid zijn, liggen passend tegen het dragende slijmvlies en zoeken alle naar een zo goed mogelijke afsluiting via ventielachtige randen. Zo kennen wij de binnenventielrand, de binnen- en buitenventielrand (KANTOROWICZ), en de buitenventielrand (STRACK).

De kauwdruk- en compressiemethoden benutten bovendien nog de resiliëntiever schillen in het slijmvlies.

BAKKER die een van deze methoden gebruikt, noemt naast de luchtdruk ook de oppervlaktespanning.

Een hiervan enigszins afwijkende these stelt SCHREINEMAKERS. Volgens deze auteur komt het drukverschil tot stand tijdens het slik-zuigproces. De zo ontstane onderdruk moet dan in stand gehouden worden door katrolachtige randen en enkele raderingen. Naast deze raderingsvorm kennen wij nog raderingen (KAMBA, WALSER, HEINTZ enz.) die alle ongeveer eenzelfde doel beogen: door het uitoefenen van druk op de dragende weefsels wordt het drukverschil langdurig in stand gehouden.

Rond de twintiger jaren kwamen als reacties op de zuigtheorieën de verschillende adhesie-theorieën naar voren.

„Of the two forces, adhesion plays the more important part in the majority of plates” schrijft FRY in 1923. Houvast door middel van atmosferische druk is afkeurenswaard... and such cases are the exception rather than the rule after six months wear.”

Ook SKINNER, hoewel hij zich onthoudt van een definitief oordeel, verklaart na het bespreken van een aantal proeven: „These facts seem to demonstrate that atmospheric pressure in the sense of ordinary „suction” and „vacuumchamber” does not have much influence on retention”.

Het is moeilijk de strekking van de adhesie-theorie duidelijk te formuleren. Hoewel alle voorstanders van deze theorie het speeksel zien als een medium dat op zich zelf genomen, de prothese aan het slijmvlies hecht, ligt het accent vaak zeer verschillend. Soms ligt de nadruk op de moleculaire aantrekking en men spreekt dan over “adhesie + cohesie”.



„Daher kann nur der Halt einer Schleimhaut-getragenen Plattenprothese auf dem Zusammenspiel von Adhäsion plus Kohäsion beruhen“ aldus KUCK.

VOOR VAN DER VEN vormt „Het samenspel van de adhesie en cohesie een belangrijke factor bij de retentie van de prothese“.

Anderen leggen niet zozeer de nadruk op deze moleculaire aantrekking zelve, maar op de drukverhoudingen die zij bewerkstelligen. „This is a surface tension phenomenon“ preciseert FISH als hij de adhesie-verschijnselen beschrijft. PAGE wijst op capillaire werking en op een congres van Amerikaanse prothetici bespreekt STANITZ de capillaire aantrekking.

Adhesie is zo langzamerhand geworden een verzamelnaam, waaronder alle houvasttheorieën vallen, die wijzen op vloeistofbindende eigenschappen van moleculaire attractie o.a. in de vorm van mucine-draderigheid (CEDERVAERN) en viscositeit (ÖSTLUND). Voor velen is adhesie dan ook een vage formulering geworden. Allerlei speekseigenschappen *samen* verklaren het houvast van de prothese (PRYOR-MOSE). Het lijkt wel dat de adhesie-theorie verzand is in een inhoudsloze terminologie die tot geen enkele consequentie ten aanzien van de prothesebasis voort. Op adhesietheorieën beroepen zich zowel de voorstanders van dunne korte randen (PAGE-ADDISON), van extensie-vleugels (FISH) van Frankforter raderingen (KUCK) als van brede afsluitranden. Wel zijn al deze auteurs het er over eens dat de afdruk zonder druk dient te worden genomen.

Als SKINNER in 1953 naar aanleiding van de beschouwingen van STANITZ schrijft: „Actually, the retention of the fluid film is the result of the pressure difference across the meniscus of the film as related to differential effect of the air and fluid pressures“ lijkt het wel of men op het punt van uitgang is teruggekeerd. Men blijft zich ook na deze formulering afvragen: Hoe is dat drukverschil ontstaan en hoe wordt het in stand gehouden? Afgezien van een betere formulering valt er toch wel een belangrijke uitbreiding van onze kennis waar te nemen.

Dit was vooral op een congres in Mainz (1956) het geval. Hier brachten zowel REHBERG als KORBER „die erschwerten Fließbedingungen in Kapillaren Spalten“ naar voren. In het volgende zal uitvoerig dit fenomeen besproken worden, maar nu reeds zij gewezen op de grote verschillen in interpretatie van deze verschijnselen. Dit is wel begrijpelijk als men bedenkt hoe kort geleden men voor het eerst de aandacht hierop richtte.

Voor JORDT betekende in 1953 inwendige weerstand nog eenvoudigweg viscositeit en zo denkende degradeerde hij het retentievraagstuk eigenlijk tot een aangelegenheid die door kleefpoeder wordt opgelost.

Voor REHBERG is het weerstandsprobleem een kwestie van afsluiting en dus een randprobleem: „Es ist wohl ersichtlich, dass die Fließbedingungen der Flüssigkeitsschicht im Randspalt eine wesentliche Rolle bei der Abdichtung spielen, die erst die Möglichkeit zur Auswirkung des Luftdruckes gibt.“ „Die dünne Speichelschicht wird daher schneller in das Unterdruckgebiet fließen müssen, als bei breiterem Spalt. (? ! schrijver)

„Nun ist aber der statische Druck in strömender Flüssigkeit entsprechend der

Geschwindigkeit herabgesetzt. Dadurch wird die bewegliche Schleimhaut an diesem Rand gezogen und die Ablösung der Prothese weiterhin verzögert. Dies geschieht um so stärker, je schneller die Flüssigkeit fließt" (? ! schrijver)

KORBER daarentegen ziet in de totale ruimte tussen prothese en slijmvlies één lange spleet, waarin... „neben den Luftdruck einen neuen Faktor, dass Fliessen in engen Spalten in die Diskussion treten“.

Hij beschouwt deze spleet als een verzameling straalsgewijze verlopende capillaire buizen en met behulp van de wet van POISEUILLE berekent hij de kracht (5 kg), die nodig is, om het speeksel 1 mm/sec. te verschuiven als de spleetwijdte 0,001 cm is.

### *Proeven*

Het aantal proeven dat verricht werd om de retentieeler een vaste basis te geven is niet indrukwekkend, terwijl ten aanzien van deze proeven helaas moet worden opgemerkt dat vele hiervan zo summier beschreven werden of zodanig werden uitgevoerd, dat hun resultaten voor meer dan één uitlegging vatbaar zijn. Als REHBERG zijn basisplaten tegen het slijmvlies brengt en ze omsluit met pompen waarmee de lucht wordt weggezogen, verklaart hij het loslaten van de basisplaten bij het bereiken van de dampspanning uit zijn luchtdruktheorie. Voor KUCK is ditzelfde experiment een argument voor zijn adhesieleer.

Sommige onderzoekers, bv. SNYDER-CAMPBELL, trekken dan ook geen conclusies uit hun proeven. Luchtdrukverlaging verminderde de belastbaarheid van hun prothesen en het stopzetten van de speekselsecretie verhoogde enigszins de retentie. Hoe interessant deze proeven op zichzelf ook zijn, zij zijn verricht onder omstandigheden die sterk afwijken van de normale. Het is niet uitgesloten dat door die ingrepen tevens het slijmvlies van vorm verandert.

Enkele proefnemingen zijn van rechtstreeks belang geweest voor de vormgeving van de prothese. SKINNER toonde aan dat platen met de grootste uitbreiding ook een grootste belasting verdragen.

REUMUTH maakte in vele metingen duidelijk dat alle soorten raderingsvormen na drie maanden reeds alle effect verloren hebben en dat dan naar de vorm identieke protheseplaten zonder die raderingen eenzelfde houvast bezitten. Overigens bleken raderingen, ook ontlastingsraderingen, altijd te voeren tot pathologische weefselveranderingen (FRÖHLICH).

De rol van de speekselfilm is door GREVE, LE DOCTE en JORDT onderzocht buiten de mond. Gebruikt werden glasplaten en – indien ook de resiliëntie van het slijmvlies in aanmerking genomen werd – platen van elastische materialen. Zeer interessant zijn de consciëntieus uitgevoerde proeven van ÖSTLUND, eensdeels omdat hij veel gegevens verstrekt over de geaardheid van de verschillende speekselsoorten en over de door hem toegepaste drukverhoudingen, anderzijds omdat deze proeven gedeeltelijk herhaald werden door SKINNER en CHUNG, die tot overeenstemmende bevindingen zijn gekomen.

Bij deze proeven zien wij voor het eerst dat de keuze van de proefopstelling grote invloed kan uitoefenen op de resultaten der metingen. Nu eens veroorzaakt verhoging van de viscositeit ook een verhoging van het houvast, dan weer juist het tegendeel. Hieruit blijkt, dat het nabootsen door middel van „in vitro“ experimenten, van de werkelijke prothesesituatie, zonder nadere metingen in de mond, zeer aanvechtbaar is.

Gegevens van deze aard staan helaas niet te onzer beschikking. Nimmer werd de



dikte van de speekselfilm bepaald, evenmin de statische druk onder een belaste of een onbelaste prothese. Zolang dit soort controleerbare gegevens ontbreekt, zal iedere theorie noodzakelijkerwijze een speculatief karakter dragen.

Indien men zich echter bewust is van de lacunes in zijn exacte kennis, dan kan toch een theorie, die voldoende ruimte overlaat, voor het opnemen van nadere zij het nog onbekende gegevens, zijn nut afwerpen. Enerzijds worden hierdoor de bekende gegevens gegroepeerd, anderzijds dwingen deze tot een verder doelgericht onderzoek, zodat het „kris-kras experiment” vermeden kan worden.

#### *Luchtdrukverschil*

Indien twee lichamen zodanig ten opzichte van elkaar geplaatst zijn dat er een drukverschil kan heersen tussen het omringende en het ingesloten gas, dan zal er een kracht nodig zijn om de beide lichamen van elkaar te scheiden. De bekende voorbeelden die vergeleken worden met de prothese in situ en waarbij de bovengenoemde werking gemakkelijk kan worden gedemonstreerd, zijn luchtpompen, elastische zuignappen en de Maagdenburger halve bollen.

Indien de randen van de laatstgenoemde halve bollen goed sluiten en de lucht uit de afgesloten ruimte gedeeltelijk wordt weggezogen, dan blijven beide delen met een kracht op elkaar geklemd, die afhankelijk is van het drukverschil binnen en buiten de bol en van het oppervlak van scheiding (dus niet van het ingesloten volume, noch van de omtrekvorm).

Indien een gummizuiger gedrukt wordt tegen een vaste wand dan wordt de hoeveelheid lucht, met de spanning van de atmosfeer, tussen zuiger en wand verminderd. Wordt hierna die zuiger losgelaten dan zoekt hij met een elastische kracht, afhankelijk van zijn resiliëntievermogen, zijn oorspronkelijke vorm te herstellen. De ingesloten gewichtshoeveelheid gas verdeelt zich over een groter volume en de spanning van deze constante hoeveelheid gas vermindert.

Bij de luchtpomp, fig. 1, wordt met een kracht ( $K$ ) aan de zuiger getrokken, de afgesloten hoeveelheid lucht wordt verdeeld over een groter volume ( $V$ ) waarin de spanning ( $P$ ) vermindert. Vergelijken wij nu bij een gelijkblijvende temperatuur, van de constante hoeveelheid gas het volume ten opzichte van de spanning, dan blijkt steeds het product van volume en spanning constant te zijn (wet van BOYLE-GAY LUSSAC  $P \times V = C$ ).

Wil men met enig recht het houvast van de prothese verklaren uit luchtdrukverschil dan moet men kunnen aantonen dat het proefondervindelijk in de mond gemeten houvast ligt in een orde van grootte die berekend en gemeten kan worden uit een overeenkomstig voorbeeld.

Er bestaat een groot principieel verschil tussen de elastische zuignap- en de pomp-zuiger-situatie.

De elastische zuignap vertoont pas houvast als hij onder druk op zijn plaats wordt gebracht. Hij moet eerst vervormd worden, voordat hij aan een vaste wand blijft hechten. De tussen zuignap en wand ingesloten lucht heeft dan constant een lagere druk dan de omgevende luchtdruk. Het in stand blijven van dat drukverschil bepaalt de duurzaamheid van het houvast. Een elastische zuignap welks oppervlak gelijkvormig is aan dat van de vaste wand, kan door druk niet veranderd worden!

Een dergelijke „passende” zuignap kan dus nooit „zuigen” d.i. houvast vertonen.

In tegenstelling hiermee staat de zuiger van de pomp. De zuiger kan ook zonder drukverschil op zijn plaats blijven. Pas als aan de zuiger getrokken wordt, vermindert

de druk. Wordt de zuiger losgelaten dan schiet hij terug naar zijn oorspronkelijke (rust)positie. Ook voor de zuiger die zo goed in de pomp past dat alle lucht tussen bodem van de pomp en zuiger weggedrukt kan worden, geldt deze opmerking.

Houvast betekent in wezen: een positie die weerstand biedt aan verandering. Bij de gummi zuignap wordt de specifieke plaats van de zuignap ten opzichte van de wand pas ingenomen als de zuignap vervormd is en blijft, d.m.v. een langdurig aanhoudend drukverschil.

Bij de pompzuiger is de specifieke plaats van de zuiger in de pomp, die waarin geen drukverschil heerst, de rustpositie. Pas als de zuiger belast en in de cilinder verplaatst wordt, treedt drukverschil op.

De zuignap is een goed voorbeeld voor de houvastmogelijkheid, die genoemd is bij de indeling onder A, de pompzuiger behoort tot groep B.

De prothesevormen die van deze voorbeelden afgeleid zijn, moeten dus ook essentieel verschillende vormkenmerken dragen.

Het is mogelijk de verhouding tussen prothese en slijmvlies te vergelijken met die tussen zuignap en vaste wand. De prothese is dan de vaste wand waartegen het resiliënte slijmvlies moet worden gedrukt. Alvorens de prothese retentiemogelijkheid gaat verkrijgen, moet het slijmvlies vervormd worden en de lucht tussen prothese en slijmvlies worden weggeperst. Dit is alleen mogelijk als er een zekere vormafwijking bestaat tussen prothesebasisvorm en slijmvliesvorm.

Met nadruk kan dan ook gezegd worden: alleen een niet volkomen passende prothese kan op analoge wijze zuigen.

Er bestaan verschillende methoden om zo'n zuigende en toch niet passende prothese te vervaardigen. Tijdens het afdrukken wordt door sommigen druk uitgeoefend. De afdruk en later de prothese geven dan het reeds vervormde slijmvlies weer. (Kauw- of compressieafdrukmethoden, SPRENG-BAKKER)

Anderen vervormen het model, dat verkregen werd via een drukloos genomen afdruk, door middel van raderingen. Er bestaan vele soorten raderingen, nl. die welke bepaalde delen van het slijmvlies ontlasten (kaakkam of torus) of die bepaalde delen belasten. (Walser-, Kamba-, Frankfurter-, Schreinemakers-, enz. enz.). Het is zeker niet de bedoeling al deze raderingsmethoden als identiek of indirect gelijkwaardig te beschouwen. Toch beogen zij essentieel wel hetzelfde doel. De passende afdruk moet vervormd worden om de prothese een extra retentie te verschaffen d.m.v. een drukverschil dat zo lang mogelijk in stand gehouden moet worden.

Ongetwijfeld is het mogelijk langs deze weg de retentie te vergroten. Dank zij REUMUTH beschikken wij over enig cijfermateriaal. Het bleek dat het er weinig toe deed, welke raderingsvorm men gebruikte; het houvast werd ongeveer de helft groter dan dat van dezelfde prothese zonder die raderingen (700-1500 gr.). Verder bleek dat na maximaal drie maanden dat extra houvast weer verdwenen was.

Eventuele onverdraagbare drukplaatsen nog buiten beschouwing gelaten, kon het resiliënte slijmvlies de aanhoudende spanningen niet verdragen, de elastische fibrillen in de tunica propria waren gedegenereerd, het weefsel was minder resiliënt geworden en het been hieronder vertoonde osteolyses (FRÖHLICH). Hierbij kwam nog dat het slijmvlies was gaan woekeren in de discongruente ruimten, waardoor de mogelijkheid tot deze specifieke retentie werd opgeheven. Gelukkig worden tegenwoordig deze



methoden vrijwel niet meer toegepast. Een groter respect voor de biologische weefselgesteldheden en de nieuwere afdruckmethoden maakten raderingsmethoden (waartoe eigenlijk ook de postdam-radering behoort), ongewenst en in feite overbodig. Vanuit dit standpunt is het dus niet nodig verder in te gaan op de theoretische fundering van dit systeem, hoewel ook hierover nog een en ander te zeggen zou vallen.

De prothese, gebouwd op het pomp-zuiger houvast type, verkrijgt in de eerste plaats zijn houvast door een goed aansluitende en afsluitende rand en een zo zuiver mogelijk passende basisplaat. De afdruk wordt in rust genomen zonder druk (mucostatisch), de randbepaling geschiedt daarbij meestal nauwkeurig functioneel. De vorm van de afdruk dient dan ongewijzigd in de prothese te worden overgebracht.

Met enige fantasie kan de pomp-zuiger vergeleken worden met de prothese-dragende weefsels.

De prothese is dan de pomp waarin de dragende weefsels als een zuiger liggen. Dat deze vergelijking in de realiteit niet opgaat zal hieronder nog op verschillende gronden worden aangetoond. Voor het moment echter biedt deze vergelijking veel interessante aspecten.

Uit haar kan immers berekend worden de maximale belasting voor een op dergelijke theorieën gebouwde „ideale” prothese. Die „ideale” prothese moet dus met zijn randen luchtdicht het dragende weefsel afsluiten, ook bij een belasting die ruimtevermeerdering tussen prothese en slijmvliezen veroorzaakt. Dat dit via een volmaakte afdrucktechniek, alleen mogelijk zou zijn, bij in de natuur zelden voorkomende volkomen verticale of iets naar binnen convergerende kaakkammen, doet dus hier niet terzake, evenmin als het dorsale afsluitingsprobleem.

De ruimte tussen prothese en slijmvliesbasis is gevuld met speeksel en vrije lucht of alleen met speeksel hetgeen via de bestaande, weliswaar niet volmaakte, maar toch wel nauwkeurige afdruckmethoden gemakkelijk bereikt kan worden.

Veronderstellen wij een laatste geval dan dient voor dit speeksel toch nog te worden vastgesteld dat het overgrote deel: water, een hoeveelheid opgeloste lucht bevat. Bij lichaamstemperatuur en een atmosferische spanning van 1 kg/cm<sup>2</sup> bevat een volume (V) water, 2% lucht. Wordt de druk op het water ook maar iets geringer (de statische druk van de vloeistof minder) dan komt onmiddellijk die hoeveelheid lucht in de vorm van gasbellen vrij. Indien de prothese verder belast wordt dan zal die vrijgekomen hoeveelheid gas overeenkomstig de wet van BOYLE een groter volume innemen en een geringere spanning dragen.

Het gas onder een belaste prothese bestaat echter niet enkel uit lucht (zuurstof en stikstof) doch ook voor een deel uit waterdamp. Boven water bevat immers de lucht altijd een gedeelte verdampt water. Indien er voldoende vloeistof is, dan bezit de dan verzadigde vloeistofdamp een spanning die uitsluitend afhankelijk is van de temperatuur. De spanning van verzadigde waterdamp bij 37° C. is steeds gelijk aan 5,30 cm kwikdruk of wel omgerekend 0,07 kg/cm<sup>2</sup>.

Bij een steeds groter wordende belasting (K) wordt de spanning in de gasbel

steeds geringer totdat de spanning van de verzadigde waterdamp bereikt wordt. Bij deze onderdruk kan al het water onder de prothese van de vloeibare fase overgaan in de gasfase.

De prothesebelasting die een dergelijke onderdruk veroorzaakt, is dus de maximale belasting van een ideale prothese. Stellen wij het gemiddelde oppervlak (O) van de basis van een bovenprothese op  $30 \text{ cm}^2$ , dan is de maximaal toelaatbare belasting  $K = O \times P = 30 \times (1 - 0,07) = 27,9 \text{ kg}$ . Mocht onder een prothese naast speeksel een hoeveelheid vrije lucht ingesloten worden dan verandert deze niet de zoëven berekende maximale mogelijke belasting.

Deze gegevens voeren tot enige consequenties voor de op een pompzuiger gelijkende prothese.

- A. De maximale prothetische belasting is uitsluitend afhankelijk van protheseoppervlak, waterdampspanning en atmosferische druk.
- B. De factor tijd speelt geen enkele rol. Tegen langdurig inwerkende krachten moet een dergelijke prothese evenzeer bestand zijn als tegen korte intermitterende krachten.
- C. Indien naast speeksel in de ruimte tussen prothese en slijmvlies ook vrije lucht voorkomt, dan wordt bij belasting de volumevermeerdering aanzienlijk groter en wordt de kans dat de prothese (pomp) van de basis (zuiger) los laat, groter. Luchtkamers en „vacuümholten” en dergelijke dienen dus nergens toe, integendeel zij werken averechts.
- D. Beantwoordt het gemeten prothese-houvast in de mond niet aan de maximale berekenbare waarde, dan kan hiervoor slechts één verklaring gelden, de „cilinder” van de „pomp” is te kort en voordat de maximale belasting wordt bereikt, schiet de „zuiger” door de vermeerdering van het gasvolume uit de pomp.

Bezien wij deze consequenties, dan blijkt het welhaast onmogelijk de totale prothese met een pomp te vergelijken. Door verschillende auteurs werden bij de meest uiteenlopende prothese-typen de kritische verticale trekkrachten bepaald. Vrijwel nergens worden hogere belastingen genoemd dan 2 kg. Hierbij kan men veilig aannemen dat deze auteurs zeker niet hun slechtste uitkomsten beschreven hebben, temeer daar zij (in de betreffende publikaties) vaak nog speciale afdrukmethoden enz. aanbevolen hebben. Indien het blijkbaar niet mogelijk is de maximale belasting te bereiken, dan kan alleen de onder D. genoemde consequentie (pompcilinderwand is te kort) een aannemelijke verklaring vormen. Om de geldigheid van dit „excuus” te onderzoeken dienen wij tegenover elkaar te stellen de lengte van de protheserand en de door de belasting veroorzaakte volumevermeerdering.

Stellen wij ons voor een prothese met een oppervlak van  $30 \text{ cm}^2$  die door een 1 mm dikke speekselfilm gescheiden is van het slijmvlies, dan kan deze hoeveelheid hooguit 0,06 cc gas bevatten.

Berekeningen leren dat zelfs een onbereikbaar hoge belasting van 10 kg op deze prothese de spleetwijdte slechts 0,0009 mm verbreden kan.

Voorstanders van deze pomp-zuiger vergelijking zullen dus moeten aantonen



dat een dergelijke minimale verplaatsing van de prothese ten opzichte van het slijmvlies verantwoordelijk is voor het niet bereiken van de theoretisch vastgestelde retentie. Naar schr.'s mening is dit wel een zeer moeilijke opgave, temeer als men overweegt dat voorstanders van dergelijke „zuig”prothesen wel raderingen tot 1 mm aanbevelen!

Maar ook minder streng doorgeredeneerd, moet men wel tot bedenkingen komen tegen het invoeren van deze vergelijking. Prothesen waarin gaatjes aangebracht worden, prothesen zonder verhemelte-bedecking, of met veel te korte randen, vertonen (gelukkig) toch nog (zij het sterk verminderd) een, zij het geringe, retentie. Over de onderprothese, waar luchtdichte afsluiting langs de gehele rand wel onmogelijk zal blijven, werd opzettelijk niet gesproken. Toch is het voor vele patiënten (gelukkig) mogelijk een onderprothese te vervaardigen met een behoorlijk houvast.

De vraag die de pomp-zuiger-theorie opwierp was: „Is het mogelijk een prothesebasis te vervaardigen die door (lucht)drukverschillen, veroorzaakt door belastingen, op zijn plaats gehouden wordt? Is het mogelijk dat het (lucht)drukverschil, dat ontstaat als aan de prothese getrokken wordt, onverminderd in stand wordt gehouden zodat de prothese, indien de belasting wordt weggenomen, terugschiet in zijn oorspronkelijke rustpositie?

Deze vraag moet ontkennend beantwoord worden.

Dit wil natuurlijk niet zeggen dat de vele honderduizenden prothesen die op dit principe vervaardigd werden daarom onjuist of minder goed waren, of dat er onder prothesen geen luchtdrukverlaging kan optreden. Het wil enkel zeggen dat de zo vaak geconstateerde voortreffelijke retentie en de instandhouding van een drukverschil een andere verklaring nodig hebben.

Indien een zuigtheorie naar analogie van een pomp-zuiger niet opgaat, dan moet als laatste mogelijkheid onderzocht worden een pomp-zuigersituatie waarvan de pomp of de zuiger lek is of waarbij zich tussen pomp en zuiger een lek bevindt. Een zodanige pomp-zuiger heeft dan geen belastingvrije rustpositie. Iedere belasting voert lucht of speeksel toe, een vaste plaats van pomp ten opzichte van zuiger is niet bepaald. Het zal nog blijken dat, indien men per se een zuig („suction”)-theorie wil aanhangen, men de „lekke-pomp-zuiger”-vergelijking kan maken. Echter de verschijnselen die onder een zich zo voor te stellen prothese optreden, zijn zo verschillend met de in dit hoofdstuk besprokene, dat zij beter passen in de nog later te geven voorstelling van het houvast.

#### HOUVAST ALS GEVOLG VAN SPECIFIEKE EIGENSCHAPPEN VAN HET SPEEKSEL (glasplaat-proeven)

##### *Adhesie en Cohesie*

Met deze woorden worden enkele begrippen aangeduid die fysisch moeilijk te definiëren zijn. Bedoeld wordt een moleculaire affiniteit, een onderling aantrekken van deeltjes van gelijksoortige resp. verschillende stoffen. De moderne fysica definieert dit anders omdat zij verschillende bindingstypen kent: de ion-binding, de v. d. Waals-bindingen enz.. Voor een verband tussen gelijksoortige (cohesie) of verschil-

lende (adhesie) moleculen is steeds nodig een ruimtelijke ordening binnen de aantrekkingsfeer. Delen van het molecuul moeten delen van andere moleculen zeer dicht naderen in de buurt van de zg. potentiaalput ( $\pm 10^{-7}$  cm).

Twee vaste stoffen kunnen elkaar vrijwel nimmer zo dicht naderen, en een echte adhesiebinding tussen prothese en slijmvlies is ondenkbaar.

Voorstanders van de adhesie-houvastleer veronderstellen dan ook een adhesiebinding tussen prothese en speeksel, tussen speeksel en slijmvlies, samen met de cohesiebinding in de vloeistoffilm zelf. Bij het lostrekken van de prothese uit de mond zouden dan deze bindingen verbroken worden.

Hoewel men de bindingssterkte tussen water en vaste stof niet nauwkeurig kent moet zij toch liggen rond vele tienduizenden  $\text{kg/cm}^2$ . De sterke binding tussen speeksel en kunsthar, alsook die tussen speeksel en slijmvlies is onmogelijk te verbreken. Een ervaringsfeit demonstreert dit trouwens ook. Bij het nemen van de prothese uit de mond blijft zowel de prothese als het slijmvlies volledig bevochtigd.

Evenmin is het mogelijk met krachten die in de mond optreden de cohesiebinding van water te verbreken dus de vloeistof-tussenlaag te verscheuren".

De cohesie-binding van zuiver (ontgast) water is experimenteel vastgesteld op  $\pm 30 \text{ kg/cm}^2$ . Ook weet men, dat speeksel geen zuiver water is maar dat hierin naast andere stoffen lucht is opgelost. Zou men echter een zuil normaal water nemen met een doorsnede van  $1 \text{ cm}^2$ , dan zou reeds ver voordat de trekkracht van  $30 \text{ kg}$  bereikt werd, de vloeistof breken. Vrijwel onmiddellijk treden luchtblaasjes op die zich verenigen tot één grotere gasbel, welke de waterkolom in twee delen splitst, zonder dat een moleculair verband verbroken wordt. Bij stoffen die als gevolg van dergelijke nevenverschijnselen breken, kan eigenlijk niet van een verbreking der cohesie gesproken worden.

Het moet schrijver dezes hier wel van het hart dat hem deze adhesie-terminologie, die vooral de laatste jaren de prothetische literatuur is binnengeslopen, wel zeer ongelukkig voorkomt. Het zou wellicht juister zijn deze terminologie te vermijden; zij preciseert te weinig, voert soms tot mystificaties en helaas tot een zeker zelfbedrog, dat afleidt van datgene wat werkelijk houvast kan veroorzaken.

#### *Oppervlaktetension*

Op het oppervlak van een vloeistof kunnen wij ons indenken een zeer dun gespannen vlies waarin altijd en overal dezelfde spanning heerst. Moleculen van de vloeistof in de oppervlakte-grenslaag worden krachtig door de cohesiekrachten vloeistof-inwaarts getrokken. De relatief zeer weinige moleculen in de lucht boven de vloeistof trekken eveneens aan deze moleculen (adhesiekrachten). Tezamen veroorzaken zij een tangentiële spanning over het oppervlak die oppervlaktetension heet. Deze spanning verzet zich tegen oppervlaktevergroting van de vloeistofspiegel en streeft naar een kleinste oppervlak (fig. 5).

De kracht die op de lengte-eenheid van  $1 \text{ cm}$  werkt, wordt gemeten in dynes. Voor water is hij  $72,75 \text{ dyne/cm}$ , voor speeksel  $53-64 \text{ dyne/cm}$ . Ligt een vaste stof op een vloeistof dan trekken de oppervlaktekrachten aan haar omtrek. Wordt de vaste stof uit de vloeistof genomen dan wordt het vloeistofoppervlak vergroot, terwijl tevens de vloeistof die aan de vaste stof blijft hangen een nieuw oppervlak draagt.



Voor het nemen van een vaste stof uit een vloeistof is dus een arbeid nodig om twee nieuwe vloeistofoppervlakken te vormen. De benodigde kracht is uitsluitend afhankelijk van de grootte van die twee oppervlakken en van de oppervlaktespanning van de vloeistof. De aard van de stof, glas, metaal, kunsthars, rubber, enz. heeft hierop geen enkele invloed. (Een uitzondering hierop vormen slechts enkele stoffen die geen bevochtiging toelaten. Bekend is dat kwik glas niet kan bevochtigen; minder bekend is, dat enkele weekblijvende kunststoffen geen enkele affiniteit bezitten voor water).

Voor een prothese die uit de mond genomen wordt geldt hetzelfde. Hiervoor is een arbeid nodig om twee nieuwe vloeistofspiegels te vormen, een op het slijmvlies en een op de prothese.

De kracht die deze arbeid verricht kan betrekkelijk eenvoudig worden bepaald door een plaat glas of kunsthars of iets dergelijks met een oppervlak van een normale prothese te leggen op een vloeistofoppervlak. Door middel van een balans en een contragewicht, gelijk aan het gewicht van de plaat, hangt deze in evenwicht. Het extra gewicht dat nodig is om de plaat uit de vloeistof te lichten, is dan de kracht die nodig is voor het vormen van twee nieuwe vloeistofoppervlakken. Voor een normale bovenprothese zal die kracht ongeveer 25 gr. bedragen, voor een onderprothese is zij nog geringer. Gelukkig weerstaat zelfs een zeer middelmatige prothese een grotere belasting. Zelfs haar eigen gewicht is meestal groter.

Hoewel dus de oppervlaktespanning beschouwd kan worden als een kracht die overwonnen moet worden om de prothese te verwijderen uit het vochtige mondmilieu, is deze kracht op zichzelf te gering om het prothesehouvast te verklaren. Bij het speuren naar de kracht die verantwoordelijk is voor de retentie van de prothese zoeken wij immers een kracht in een orde van grootte welke ook in de mond gemeten kan worden: tussen 500 en 2000 gr. Om dezelfde reden als voor adhesie en cohesie-krachten die veel hoger liggen, wordt de oppervlaktespanning afgewezen, die veel geringer is.

#### *Capillaire attractie*

Een kracht die onmiddellijk met de voorgaande verband houdt kan eveneens in een korte beschouwing besproken worden.

Vloeistof in een vat heeft een volkomen vlak oppervlak. Alleen treft men tegen de randen een kromming aan. Vloeistofmoleculen vlak bij wanden van vaste stoffen worden zowel aangetrokken door die vaste wandmoleculen (adhesie) als door de naast en onder haar liggende vloeistofmoleculen (cohesie). De resultante van deze twee krachten heeft een bepaalde richting. Het vloeistofoppervlak staat altijd loodrecht op de richting van de resultante.

Het resultaat van deze verschijnselen is dat in de vloeistof vlak onder het gekromde oppervlak een lagere druk heerst dan in de rest van de vloeistof, waar zij gelijk is aan de druk van de lucht + het gewicht van de vloeistofkolom boven haar.

Indien twee vaste wanden elkaar zeer dicht naderen zullen de twee vloeistofkrommingen in elkaar overlopen. De drukverlaging in de vloeistof kan vloeistofverplaatsingen veroorzaken. De vloeistof in een zeer dunne (capillaire) buis is een bekend

voorbeeld. Uit de stijghoogte van de vloeistof kan de drukverlaging berekend worden. Deze is overal lager dan die van de buitenlucht en lager dan waar ook in de vloeistof in de bak.

Nemen wij de buis met vloeistof uit de bak dan hebben wij niet één gekromd vloeistof-lucht oppervlak, maar twee. De vloeistof hiertussen heeft een lagere druk dan die van de buitenlucht. Een buis heeft vaste niet verplaatsbare wanden.

Bij de twee even grote glasplaten heeft men te maken met twee verplaatsbare wanden (fig. 8). Brengen wij hiertussen een druppel water dan drukken wij beide platen stevig tegen elkaar zodat de vloeistof beide platen kan bevochtigen; dan zal overal aan de randen een gekromd vloeistofoppervlak liggen. De druk in de vloeistof tussen de twee platen is weer lager dan die der buitenlucht. Dit drukverschil kan, als de platen dicht genoeg bij elkaar liggen de onderste plaat, als hij wordt losgelaten, doen vasthouden aan de bovenste, gedurende een onbepaalde tijd.

De kracht die nodig is om de platen te scheiden:

$$K = \frac{2 \text{ c.o.}}{d.}$$

c = oppervlakte-spanning  
o = oppervlakte  
d = afstand platen

Is het nu mogelijk de situatie in de mond, prothese-speeksel-slijmvlies, te vergelijken met de boven geschetste toestand: glasplaat-water-glasplaat?

De overeenkomst is dat zowel prothese en slijmvlies als twee glasplaten elkaar zeer dicht kunnen naderen.

Het verschil is dat het volledig bevochtigde slijmvlies een veel groter oppervlak beslaat dan dat van de prothese.

Om de analogie te herstellen zou dus een kleinere glasplaat gedrukt moeten worden tegen een veel grotere volledig bevochtigde glasplaat.

Bij het uitvoeren van een dergelijke proef blijkt dat de onderste glasplaat, ook al is zijn gewicht betrekkelijk gering, altijd loslaat.

Indien dit vallen niet onmiddellijk gebeurt, is dit een afzonderlijk verschijnsel, dat nog apart besproken moet worden. Capillaire attractie is niet gebonden aan een tijdslijm. Het steeds loslaten van de onderste plaat in deze proefopstelling bewijst dat er geen capillaire attractie bestond.

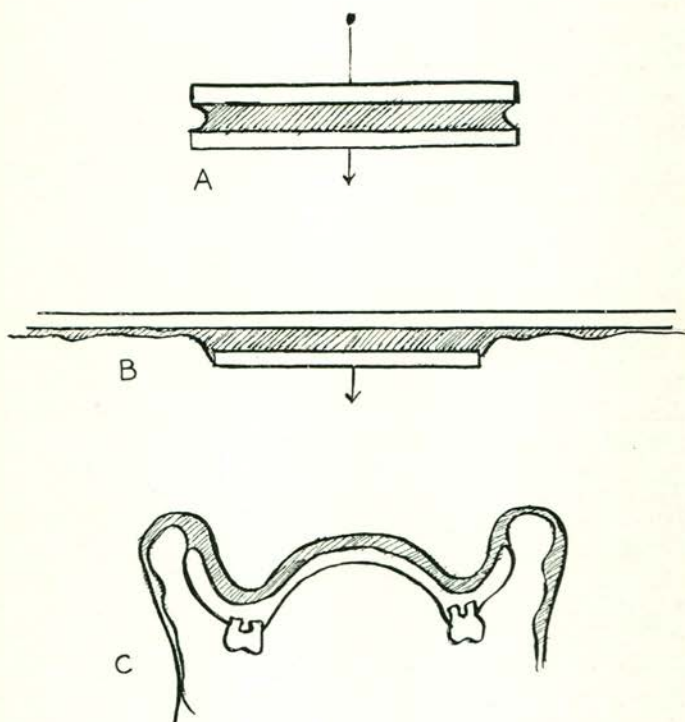
Een gewijzigde proef kan dit gemakkelijk demonstreren. Indien een kleinere glasplaat waarop een druppel water ligt, gedrukt wordt tegen een daarboven liggend grotere droge glasplaat, zodat die druppel zich uitspreidt in de spleet hiertussen, zal de onderste plaat, als hij wordt losgelaten, door echte capillaire attractie blijven hangen. Het niet bedekte deel van de bovenste plaat blijft immers onbevochtigd en de dubbele curvatuur kan optreden. Indien nu voorzichtig met een pipet een druppel gekleurde vloeistof wordt gebracht tegen de bovenste plaat in onmiddellijke nabijheid van het randgebied van de onderste plaat dan ziet men dat deze gekleurde vloeistof onmiddellijk dringt tussen de beide platen. Vloeistof met een statisch hogere druk vloeit naar het capillair lagere drukgebied.

Bij het beoordelen van in de literatuur besproken glasplatenproeven moet wel zeer goed nagegaan worden welke proefopstelling gekozen werd. Bij de enige toestand welke analoog is aan de betrekkingen tussen prothese en slijmvlies, nl. een kleinere glasplaat tegen een grotere die volledig bevochtigd is, is van capillaire attractie geen sprake (zie figuur).



Het zal nog blijken dat juist en alleen, deze vergelijking zinvol is. Het nogal wisselende houvast van verschillende protheses, ja zelfs van een en dezelfde prothese, een fenomeen dat iedere tandarts kent en waarover tot nog toe niet gesproken werd, kan niet verklaard worden door de besproken krachten. Dit karakteristieke kenmerk van de protheseretentie vindt men terug bij de retentiemogelijkheden tussen kleinere en grotere volledig bevochtigde glasplaten. De nogal complexe verhoudingen waarvan dit soort houvast afhankelijk is, worden in het volgende hoofdstuk besproken.

(Wordt vervolgd)



- A. Bevochtigde oppervlakken zijn even groot: capillaire attractie kan optreden.
- B. Bevochtigde oppervlakken zijn niet even groot: capillaire attractie kan niet optreden.
- C. De prothese slijmvliesituatie vertoont overeenkomst met situatie B; het bevochtigde slijmvlies heeft een groter oppervlak dan dat der prothese.