

# DE ONTWIKKELING VAN HET ROTERENDE INSTRUMENTARIUM IN DE TANDHEELKUNDE

DOOR G. E. FLÖGEL

## *Inleiding*

Het roterend instrumentarium voor het verwijderen van tandweefsel is in principe gedurende de laatste 70 à 75 jaar onveranderd gebleven.

Als men let op de verbetering van materialen, het perfectionneren van technieken en op de ontwikkeling van de theoretische inzichten, is het verbazingwekkend, dat – na het in gebruik komen van de elektrische aandrijving inplaats van de trapboor – jarenlang niets gebeurde ter verbetering van de gebruikelijke apparatuur met zijn vele tekortkomingen.

Na de laatste wereldoorlog zijn er talloze pogingen gedaan om het instrumentarium te verbeteren. Enerzijds werd getracht dit te bereiken door het klassieke roterende instrumentarium te verbeteren, anderzijds trachtte men principieel andere technieken ter verwijdering van materiaal toe te passen, die men afleidde van de onder andere in de metaalindustrie reeds gebruikelijke methoden.

Het gevoelscontact tussen het instrument en het te bewerken tandelement is een noodzakelijke faktor voor het exact prepareren van caviteiten. Bij het airdent-principe is dit gevoelscontact niet aanwezig, evenmin als bij de ultrasonische apparatuur (cavitron), hoewel beide toestellen een uitstekende efficiëntie bezitten en overigens nog een aantal eigenschappen hebben die gunstiger zijn dan die, welke de oude roterende apparatuur bezit. Alleen bij roterend instrumentarium is dit gevoelscontact mogelijk.

Bij de ontwikkeling van het roterend instrumentarium was het de industrie, die de fabrikant van specifiek tandheelkundige instrumenten de weg wees naar verbeteringen. In de 20er jaren werd diamant-boort voor het eerst gebruikt als slijpmiddel van zeer harde staalsoorten (Widia-bijfels). Deze methode leverde dermate gunstige resultaten op, dat thans meer dan 80 % van de wereldproductie van diamant-boort voor dit doel wordt gebruikt. Kort nadat men de juiste weg had gevonden om dit materiaal hecht en in voldoende concentratie op een metalen medium te bevestigen, werd het diamantslijpinstrument ook in de tandheelkunde geïntroduceerd.

Het bleek in de industrie onder meer, dat de optimale lineaire snelheid (= omtreksnelheid), waarmee het slijpmiddel het te slijpen object ataqueerde bij een druk van ca. 0,04 kg mm<sup>2</sup> slijpoppervlak, ongeveer 25 tot 35 m per sec. moest bedragen. Met een, voor industriële doeleinden gebruikelijke schijfdiameter, welke vaak meer dan 20 cm bedroeg, was deze lineaire snelheid gemakkelijk te bereiken. Teneinde gunstiger waarden te verkrijgen bij het slijpen met de kleine diamantcilinders voor tandheelkundig gebruik, was drastisch opvoeren van het toerental noodzakelijk (SKINNER).

De recente ontwikkeling van de metallurgie en de verbeterde kennis van de smeermiddelen e.d., maakte het verhogen van het toerental mogelijk door middel van „op-tunen” van de bestaande electromotor, het veranderen van de overbrengingsverhouding tussen motor en boorspindel en het aanpassen van hand- en hoekstukken. Daarna deed de turbine, – waarmee reeds ca. 70 jaar geleden werd geëxperimenteerd – opnieuw zijn intrede.

Het technische probleem om hoge toerentallen bij tandheelkundig instrumentarium mogelijk te maken, heeft waarschijnlijk zó de aandacht vast gehouden, dat men zich in vele publicaties bediende van de term „omwentelingen per minuut”, inplaats van het begrip „lineaire snelheid”, wat verwarrend werkte bij het bestuderen van de onderzoeken over de gedragingen van frezen en slijpstenen.

Het slijpen en prepareren met hogere snelheden brengt een aantal begeleidende verschijnselen met zich mee, die in de tandheelkunde van een ander belang zijn dan in de industrie. Bovendien valt te bezien of de waarden, die de industrie onder geheel andere omstandigheden vond dan die welke bij het manipuleren in de mond gelden, zonder meer hierop zijn te transponeren. De factoren, die een rol spelen bij het complexe probleem „high speed”, zullen nu achtereenvolgens worden besproken.

### *Vibratie*

Het gebruik van roterend instrumentarium brengt voor de patiënt een aantal uitermate onaangename sensaties met zich mede, waaronder de waargenomen vibratie. Met betrekking hierop zijn na 1939 een aantal publicaties verschenen, waaruit bleek dat de frequentie, die door een groot aantal patiënten als maximaal onaangenaam werd waargenomen, tussen de 100 en 200 trillingen per seconde lag. De registratie geschiedde met een kathodestraal oscillograaf. Een groep patiënten werd verzocht hun ervaringen te omschrijven, terwijl een trielkop met verschillende fre-



quenties tegen één der centrale incisieven werd gehouden. De vibratie in het frequentiegebied van  $\pm 1000$  trillingen per sec. bleek het gunstigst te verdragen te zijn. Indien men uitgaat van een tandheelkundige frees met b.v. zes bladen, dan zal het te frezen element bij iedere omwenteling zes impulsjes ontvangen. Bij 1000 à 2000 omwentelingen per minuut, het conventionele toerental dus, zal de meest ongunstige frequentie van 100 à 200 trillingen per sec. worden bereikt. Verhoogt men het toerental tot b.v. 10.000 omwentelingen per minuut, dan is de ondervonden vibratie aanzienlijk minder onaangenaam. Men ondergaat op dat moment de frequentie van tenminste 1000 trillingen per seconde. Met dit toerental zou men dus dit hinderlijke bijverschijnsel reeds voldoende kunnen verminderen, indien men tenminste van een absoluut centrisch lopende frees uitgaat. Is de frees niet centrisch dan wordt, behalve de eerste, een tweede curve op de oscillograaf zichtbaar, met een frequentie van  $1/6$  van de oorspronkelijke. De excentrisch lopende frees zal namelijk per omwenteling één grotere impuls op het slijpobject geven. De amplitude van deze tweede curve is, ten opzichte van de eerste, dominant en wel meer naar mate de omtreksnelheid van de frees hoger ligt (middelpuntvliedende kracht) en wordt tevens bepaald door de mate van excentriciteit. Om de tweede curve, (die dus geheel in het frequentiegebied ligt, welke als maximaal onaangenaam wordt ondervonden) weg te werken is een zuiver centrisch instrumentarium van het grootste belang. Of dit geheel en al te verwezenlijken is, valt te betwijfelen. Indien men echter het toerental verhoogt tot ca. 60.000 dan zal de vibratie, zelfs door geringe excentriciteit veroorzaakt, óók buiten het ongunstigste frequentie-gebied komen te liggen. Het behoeft geen betoog dat het elimineren van deze hinderlijke vibratie ook het werken voor de tandarts minder vermoeiend maakt.

Behalve de boven beschreven vibratie-oorzaken, bevat het gehele klas-sieke aandrijvingssysteem van electromotor, koord, pulley, enz., een aantal bronnen hetwelk ook aanleiding kan geven tot dit verschijnsel. Bij gebruikmaking van een turbine als aandrijvende kracht, is een meer directe overbrenging mogelijk, waardoor een aantal oorzakelijke factoren tot vibraties komt te vervallen.

Indien men een onderzoek instelt naar de vibraties die voortgebracht worden door een draaiend hand- of hoekstuk en wel door middel van een kathodestraal-indicator, verkrijgt men een praktisch „onleesbaar” beeld. De trillingen door ieder onderdeel, kogellagers, glijlagers, tandwiel-overbrengingen, meenemers enz. met ieder hun eigen kritische toerentalen, leveren een wirwar van curven op die niet zijn te separeren.

Bovendien is de druk waarmee men het instrument tegen een gebits-

element plaatst van invloed op de mate waarin de hinderlijke vibratie wordt ondervonden. Als vuistregel kan men stellen, dat een goed ontworpen en geconstrueerd hoekstuk gekenmerkt wordt door een trillingsvrije loop.

### *Warmteontwikkeling*

Een deel van de kinetische energie, die bij het frezen of slijpen vrij komt, wordt in warmte omgezet. Reeds zeer lang werden de bezwaren hiervan klinisch waargenomen. Het appliceren van een koelmiddel werd in primitieve vorm zelfs hier en daar toegepast door middel van een potje, bevestigd aan de verticale stang van de trapboormachine, waarin de te gebruiken stenen konden worden gedompeld (Museum Tandheelkundig Instituut).

Dat na het prepareren in de harde tandweefsels histologisch pulpa-beschadigingen konden worden vastgesteld, bleek uit een groot aantal publicaties, die na 1928 verschenen. Het lag voor de hand, hiervoor onder andere de bij het slijpen optredende temperatuurstijgingen verantwoordelijk te stellen en men trachtte deze dan ook te meten. De temperatuurstijgingen werden geregistreerd door middel van een electro-element en potentiometer. Sommige onderzoekers registreerden de temperatuurstijgingen die in de frees optraden (HUDSON, SWEENEY), anderen in het dentine (PEYTON, VAUGH), terwijl men ook metingen deed in de pulpa (LISANTI, ZANDER).

Men vond inderdaad een correlatie tussen de waargenomen pulpa beschadigingen en deze warmte ontwikkeling en verkreeg zodoende een aantal gegevens over de temperaturen, waarboven de beschadigingen ontstonden. Tevens vond men, bij welke toerentallen en druk deze temperatuurstijgingen optraden en in welke mate. Hoewel PEYTON vond, dat bij geringe druk en een toerental van max. 4000 omwentelingen per minuut, de temperatuurstijgingen toelaatbaar waren, was hij toch de mening toegedaan dat de meeste practici juist deze druk aanzienlijk zouden opvoeren om een bevredigende efficiëntie te verkrijgen.

De oplossing van het probleem werd gevonden in een koel-accessoire, waarbij lucht, water of een mengsel van deze twee (spray), de ontwikkelde warmte moest afleiden. PEYTON vond dat alle methoden van koeling in staat bleken de temperaturen binnen toelaatbare grenzen te houden t/m 30.000 omwentelingen per minuut. De koelende eigenschappen van lucht bleken onvoldoende boven de 30.000 omwentelingen per minuut.

Water- en spraykoeling waren tot en met 170.000 omwentelingen per minuut afdoende, zelfs indien de druk iets hoger dan gebruikelijk was. Bij hogere toerentallen werd tot nu toe geen onderzoek gedaan.

Een beperking van de temperatuurstijging impliceert evenwel niet dat er



geen pulpa beschadigingen zullen optreden. Zo vond LANGELAND procentueel meer pulpa beschadigingen indien gebruik gemaakt werd van luchtkoeling, in vergelijking met natte koeling, ondanks het feit dat de temperatuurstijging in beide gevallen gelijk en bovendien beneden het ontoelaatbare bleef.

Hoewel het aantal onderzoeken over dit onderwerp groot is en de uitkomsten niet gelijklopend zijn is uit de recente publicaties wel gebleken, welk een gunstige invloed water- of spraykoeling tijdens het prepareren op de reactie van de pulpa weefsels heeft (t/m 150.000 omwentelingen per minuut). Het „natte” frezen en slijpen bleek overigens een zeer gunstige invloed te hebben op de slijpefficiëntie; de diamantcilinders „versmeerden” niet meer (zoals zal blijken heeft droog slijpen een sterk vernielende werking op diamantslijpinstrumenten), terwijl tevens in vele gevallen het arbeidsveld veel overzichtelijker bleef.

Vanzelfsprekend is het van belang, de temperatuur van het koelwater of van de spray zo te kiezen, dat deze op zichzelf geen pijnreactie teweeg brengt. Doordat uiteraard de calorische waarde van water hoger is dan die van lucht, is dit met natte koeling eenvoudig, met lucht alléén echter ternauwernood te realiseren.

Het prepareren met een aan deze eisen beantwoordende koelinstallatie draagt er veel toe bij, de behandeling voor vele patiënten minder onaangenaam te maken.

Het gevaar dat tijdens het prepareren – na toedienen van plaatselijke verdoving – de temperatuurstijging tengevolge van hoge snelheid en te grote druk, ongemerkt te groot wordt is bij gebruik van natte koeling komen te vervallen.

### *Efficiëntie*

De efficiëntie is van verschillende factoren afhankelijk. Een deel wordt door de fabrikanten bepaald, die de verhouding tussen slijpfelheid, slijptage, diepte van de slijpgroeven en andere factoren, zodanig trachten te combineren, dat een zo gunstig mogelijk compromis ontstaat.

Bij diamantslijpinstrumenten zijn de kwaliteit van het boort en het „bonding medium”, de vorm van de diamantpartikels, hun grootte en onderlinge gelijkheid zowel als hun concentratie per mm<sup>2</sup> slijppoppervlak, van grote invloed. Bij frezen spelen het aantal en de vorm van de freesbladen, hun invalshoek, legering en de thermische behandeling, een belangrijke rol. De door de fabrikant geleverde diamantslijpinstrumenten en frezen hebben een efficiëntie, die bepaald wordt door de toegepaste druk en de lineaire snelheid van de slijppartikels.

De efficiëntie van het door de handel geleverde product kan worden beïnvloed door de toe te passen druk en door de lineaire snelheid en is daarnaast afhankelijk van het al of niet appliceren van een koelmiddel en de aard van de te slijpen substantie.

Zoals in de inleiding reeds vermeld werd was het m.i. niet mogelijk uit de tot nu toe gepubliceerde onderzoeken een redelijk beeld te verkrijgen van de verhouding tussen bovengenoemde factoren. Teneinde een indruk te verkrijgen omtrent de gedragingen van diamantslijpinstrumenten, objectiever dan bij klinisch gebruik alleen mogelijk is, werd een proefbank vervaardigd waarbij getracht werd zoveel mogelijk variabelen, die bij klinisch gebruik een juiste beoordeling vertroebelen, te elimineren. De resultaten van dit onderzoek zullen in een afzonderlijke publicatie worden beschreven.

#### *Discussie en conclusies*

Uit het voorafgaande moge blijken, dat bij de keuze bepaling van het moderne roterende instrumentarium erop gelet dient te worden, dat dit aan meerdere eisen moet voldoen.

Ten eerste vermindert de onaangename vibratie gestadig, naarmate men het toerental hoger kiest dan de klassieke 4000 omwentelingen per minuut.

Ten tweede dient het roterend instrumentarium zo perfect mogelijk *in balans* te zijn.

Ten derde is een volautomatisch nat koelsysteem een noodzakelijke vereiste.

Het instrumentarium moet zo min mogelijk geraas maken, het moet de tandarts in staat stellen in redelijke tijd een exacte caviteits-preparatie uit te voeren!

Het is duidelijk dat de efficiëntie, die een bepaald instrument in de laboratorium-opstelling vertoont, niet onafscheidelijk verbonden is met de efficiëntie die datzelfde instrument in de handen van een tandarts heeft.

Zoals in het begin reeds werd opgemerkt, is het gevoelscontact tussen de hand en het te beslijpen tandmateriaal absolute voorwaarde voor een juiste beheersing, temeer daar op verschillende plaatsen in de mond de spray- of waterkoeling een visuele controle onmogelijk maakt.

Uit de formule  $K = \frac{1}{2}M.V^2$  blijkt, dat de kinetische energie, ter beschikking om de moleculaire adhesie van het te beslijpen materiaal te verbreken, afhankelijk is van de effectieve massa, dat wil zeggen mede bepaald wordt door de met het roterende instrument uitgeoefende druk en in nog grotere mate van de lineaire snelheid van de slijp-partikels. Is de lineaire snelheid te laag, dan zal een overmatige druk



nodig zijn om een voldoende efficiëntie te bewerkstelligen. Hierdoor wordt de exactheid bij de caviteitpreparatie bemoeilijkt. Het „weglopen” van de frees of diamant-cylinder is nog een extra hinderlijk bijverschijnsel. Is de lineaire snelheid optimaal, dan zal de factor M zo gering worden, dat geringe drukverschillen niet meer bepalend kunnen zijn voor de beheersing van het instrument, omdat de voor het verwijderen van tandmateriaal benodigde energie voornamelijk aan de snelheid van de slijppartikels wordt ontleend. De marge tussen niet-efficiënt slijpen of een te sterk attaqueren van het slijpobject wordt dan namelijk te gering. Het zal noodzakelijk zijn de lineaire snelheid zodanig te kiezen dat deze manuele controle in voldoende mate blijft bestaan. Een met fijn gevoel gedoseerde *druk* moet voldoende zijn om het instrument in de gewenste richting door het tandmateriaal te dirigeren. Bij industriële toepassing is het roterend instrument star bevestigd ten opzichte van het slijpobject en is de te slijpen baan volledig mechanisch bepaald. Hierbij speelt dus de factor „manuele controle” geen rol en heeft het gebruik van optimale lineaire snelheden wel het voordeel van maximale efficiëntie.

De invloed die de druk, uitgeoefend met de slijpinstrumenten heeft ten opzichte van de efficiëntie, werd o.a. door PEYTON onderzocht.

Bij het klassieke toerental beneden de 4000 omwentelingen per minuut diende deze druk 1000 gram of meer te bedragen. Bij toerentallen boven de 10.000 omwentelingen per min. werd ca. 250 gram of minder geadviseerd. In het toereengebied tussen 150.000 tot 200.000 omwentelingen per minuut was een druk van 120 tot 60 gram gewenst. Ook hier is echter het toerental niet uitsluitend bepalend voor de meest gunstige druk: deze dient immers gedoseerd te worden per  $\text{mm}^2$  slijppoppervlak en is dus afhankelijk van de cylinder-diameter en -lengte, benevens van de mate waarin de steen in het slijpmateriaal is gepenetreerd. Het grootste oppervlak tussen slijpmateriaal en cylinder wordt bereikt indien de cylinder tot zijn grootste breedte in het materiaal is gedrongen. Een aantal in de handel zijnde instrumenten, voorzien van micro-turbines in de kop van het hoekstuk, hebben een dermate gering koppel dat bij een druk minder dan 60 gram, zelfs bij gebruik van zeer kleine cylinders, weinig overblijft van de lineaire snelheid bij onbelast draaien. Het koppel is zo klein dat cylinders met een diameter van meer dan 1 mm nauwelijks gebruikt kunnen worden.

Hoewel de lineaire snelheid van deze turbine, volgens industriële ervaringen, onbelast voldoende is, wordt de efficiëntie door bovengenoemde omstandigheid sterk beperkt. Het slijpvermogen van diamantcylinders neemt toe naarmate het contact tussen materiaal en cylinder in  $\text{mm}^2$  toeneemt. De door de fabrikant van deze instrumenten aanbevolen „penseel”-

techniek met points van zeer geringe diameter buit derhalve de mogelijkheden van de diamantcilinders onvoldoende uit, doordat het contact tussen tandweefsel en instrument hierbij vrijwel lijnvormig is (gering slijpoppervlak). Het toepassen van deze ongunstige techniek is uit dien hoofde nodig om de tekortkomingen van deze instrumenten op te vangen.

Mijn ervaring is dat aan bovenbeschreven voorwaarden zeer goed voldaan kan worden met een apparatuur die in staat is een toerental van ca. 50.000 omwentelingen per minuut te ontwikkelen en daarbij over voldoende koppel beschikt. Hoewel bij 50.000 omwentelingen per minuut de lineaire snelheid bij de gebruikelijke diameter van de meeste hoekstuc-cylindertjes beneden het maximaal bereikbare blijft, is de klinische efficiëntie bij dit toerental optimaal.

De exactheid en de snelheid, waarmede aldus de diverse caviteitpreparaties zonder – naar verhouding – veel inspanning kunnen worden uitgevoerd, betekenen een grote verbetering.

Deze gunstige resultaten zijn m.i. niet te bereiken met een apparaat, dat ontwikkeld is om per se een maximale efficiëntie te verkrijgen, doch daarnaast niet voldoende is afgestemd op de andere eisen, die aan het instrumentarium ter verwijdering van tandmateriaal nu eenmaal gesteld worden.

#### *Literatuur*

1. J. P. WALSH, H. F. SYMMONS. Comparison of the heat production and mechanical efficiency of diamond instruments, stones and burs at 3,000 and 60,000 R.P.M. New Zealand D.J. 45: 28 Jan. 1949.
2. J. P. WALSH, H. P. SYMMONS. Vibration perception and frequencies. New Zealand D.J. 45: 106 April 1949.
3. E. HENRY, F. A. PEYTON. Vibration characteristics of the rotating dental instruments. J. D. Res. 29: 601 Oct. 1950.
4. R. C. VAUGHN, F. A. PEYTON. Influence of rotational speed on temperature rise during cavity preparation. J. D. Res. 30: 737 Oct. 1951.
5. V. LISANTI, H. ZANDER. Thermal injury to normal dog teeth, in vivo measurements of pulp temperature increases and their effect on the pulp tissue. J. D. Res. 31: 548 Aug. 1952.
6. D. C. HUDSON, W. T. SWEENEY. Temperatures developed in rotating dental cutting instruments. J.A.D.A. 48: 127 Feb. 1954.
7. F. A. PEYTON, A. ARBOR. Temperature rise in teeth developed by rotating instruments. J.A.D.A. 50: 629 June 1953.



8. H. SWERDLOW, H. R. STANLEY. Reaction of the human dental pulp to cavity preparation. I. Effect of water spray at 20,000 R.P.M.  
J.A.D.A. 59: 317 March 1958.
9. A. G. NIELSEN, J. J. KENNEDY. Grosse manifestations of tissue response to rotary and ultrasonic dental cutting procedures.  
J.A.D.A. 56: 203 Feb. 1958.
10. K. LANGELAND, Tissue changes in the dental pulp.
11. E. HENRY, F. A. PEYTON. The effect of high speed burs, diamond instruments and air abrasive in cutting tooth tissue.  
J.A.D.A. 49: 426, Oct. 1954.
12. D. C. HUDSON, J. L. HARTLEY, R. MOORE, W. T. SWEENEY. Factors influencing the cutting characteristics of rotating dental instruments.  
J.A.D.A. 50: 377, April 1955.
13. J. L. HARTLEY, D. C. HUDSON, W. T. SWEENEY, G. DICKSON. Methods for evaluation of rotating diamond-abrasive dental instruments.  
J.A.D.A. 54: 637, May 1957.
14. R. J. NELSEN, C. E. PELANDER, J. W. KUMPULA. Hydraulic turbine contra-angle handpiece.  
J.A.D.A. 47: 324, Sept. 1953.
15. R. INGRAHAM, H. M. TANNER. Adaptation of modern instruments and increased operation speeds to restorative procedures.  
J.A.D.A. 47: 311, Sept. 1953.
16. E. E. HENRY, F. A. PEYTON. Recent developments in dental handpiece design.  
(Abst.) J. D. Res. 33: 696 Oct. 1954.
17. F. A. PEYTON, A. ARBOR. Evaluation of dental handpieces for high speed operations  
J.A.D.A. 50: 383, April 1955.
18. C. D. VAN DE WAA. High speed rotary instruments in operative dentistry; review of the literature.  
J.A.D.A. 53: 298, Sept. 1956.
19. E. W. SKINNER. The science of dental materials.
20. R. J. NELSEN, A. E. NELSEN. The patient, the tooth and the dentist: a modern perspective of tooth preparation.  
J.A.D.A. 58: 1, Jan. 1959.
21. F. A. PEYTON, A. ARBOR. Effectiveness of water coolants with rotary cutting instruments.  
J.A.D.A. 56: 664 May 1958.
22. H. SWERDLOW, H. R. STANLEY. Reaction of the human dental pulp to cavity preparation. Part II at 150,000 R.P.M. with an air-water spray. *Journal of Prosthetic Dentistry* 9: 121 Jan/Febr. 1959.
23. J. J. KENNEDY, N. BUCKMAN, W. R. PROFFIT. Biological response to high speed instruments.  
J.A.D.A. 58:35, Febr. 1959.