

# De conventionele en de digitale afdrukmethode voor kronen en bruggen

Voor het vervaardigen van kronen en bruggen is een nauwkeurig gebitsmodel nodig. Hiertoe zijn de conventionele en de digitale afdrukmethode beschikbaar. Bij beide zijn een droog gebied en een goede expositie van de preparatiegrenzen vereist. Voor de conventionele afdrukmethode is een elastisch afdruk materiaal nodig. Elastomeren hebben een betrouwbare detailweergave die in combinatie met een passende starre afdruk lepel en een juiste verwerking voor een dimensionaal stabiele afdruk zorgen. Op grond van het aantal gebruikte consistenties van het afdruk materiaal en het aantal stappen van de afdruk procedure zijn enkele varianten van de conventionele afdrukmethode te onderscheiden. Bij de digitale afdrukmethode worden de gebitselementen of de implantaten gescand waardoor een digitaal model ontstaat dat direct kan worden gebruikt voor het vervaardigen van kronen en bruggen met behulp van computertechnologie. De digitale afdrukmethode heeft een aantal voordelen ten opzichte van de conventionele afdrukmethode, maar kan niet in alle situaties worden gebruikt.

Wiersema EJ, Kreulen CM, Creugers NHJ. De conventionele en de digitale afdrukmethode voor kronen en bruggen  
 Ned Tijdschr Tandheelkd 2013; 120: 401-410  
 doi: 10.5177/ntvt.2013.07/08.13170

## Inleiding

Als gebitselementen of implantaten worden voorzien van kronen en bruggen is het nodig de anatomische structuren van de gebitselementen samen met de omliggende weefsels buiten de mond te reproduceren. De tot voor kort enige methode om dit te bereiken was het nemen van een afdruk en het uitgieten van de afdruk tot een gebitsmodel. Voor deze conventionele afdrukmethode wordt een elastisch afdruk materiaal gebruikt in combinatie met een confectione- of individuele afdruk lepel. Een alternatief voor de conventionele afdrukmethode is de digitale afdrukmethode die wordt toegepast om in combinatie met Computer Aided Design en Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM) kronen en bruggen te vervaardigen. Hierbij worden de gebitselementen en de omliggende weefsels geregistreerd met een mondcamera, ook wel intraorale scanner of mondscanner genoemd. Bij het vervaardigingsproces van prothetische constructies met de CAD/CAM-technologie is in principe geen fysiek gebitsmodel nodig.

Bepalend voor de nauwkeurigheid van de afdruk zijn de technische uitvoering en het type afdruk materiaal. De nauwkeurigheid van de afdruk is mede bepalend voor de pasvorm en de randaansluiting van de latere prothetische constructie alsmede voor de interdentale en de oclusale contacten. Van deze kenmerken wordt de pasvorm beschouwd als indicator voor de duurzaamheid van de prothetische constructie, terwijl de randaansluiting ook van

belang is voor de gezondheid van het parodontium (Seelbach et al, 2013).

Dit artikel gaat in op het principe, de benodigde condities en de methoden van het nemen van een afdruk en ten slotte op de nauwkeurigheid van de afdrukmethoden.

## Principe

Met de conventionele afdrukmethode wordt een negatief beeld verkregen van een situatie in de mond. Het afdruk materiaal moet bij het aanbrengen voldoende viskeus zijn om rond alle anatomische structuren te kunnen vloeien zodat alle details in de afdruk worden weergegeven. Het materiaal hardt in enkele minuten uit en is dan elastisch zodat de afdruk ook over ondersnijdingen kan worden uitgenomen. Tegelijkertijd heeft het afdruk materiaal voldoende elasticiteit om zonder te scheuren na het uitnemen van de afdruk naar de oorspronkelijke vorm terug te keren.

Voor een goede pasvorm van kronen en bruggen wordt het geprepareerde deel van een klinische kroon volledig afgedrukt. De preparatiegrens kan alleen correct worden weergegeven als ook niet-geprepareerd gebitsweefsel is inbegrepen in de afdruk. Daarnaast is de weergave van de buurelementen van belang om goede interdentale contacten te kunnen realiseren. De omliggende harde en zachte weefsels worden geregistreerd om de prothetische constructie in goede harmonie met de tandboog en de gingiva te kunnen laten verlopen. Behalve informatie over de tandboog waarin de kroon of de brug wordt vervaardigd, is een gebitsmodel van de antagonistische kaak nodig om de kroon of de brug in de juiste occlusie te kunnen vervaardigen.

Het proces van de conventionele afdrukmethode tot en met de productie van de kronen en bruggen kent veel stappen waarvan elke stap een inherente mate van onnauwkeurigheid heeft, zoals krimp, uitzetting of slijtage van materialen. Door de juiste combinatie van materialen toe te passen, worden deze onnauwkeurigheden zo goed mogelijk gecompenseerd (intermezzo 1 en 2).

Het proces van de digitale afdrukmethode kent minder bewerkingen en geeft daardoor in principe een kleinere cumulatieve fout. De nauwkeurigheid van het totale proces van de vervaardiging van kronen en bruggen is afhankelijk van de 'afdruk', de bewerking van de digitale informatie door de computersoftware en de nauwkeurigheid van de slijpprocedure.

## Conditie

Bij elke afdruk voor kronen en bruggen is een belangrijke conditie dat het af te drukken gebied wordt drooggemaakt omdat vocht het registreren van het geprepareerde gebitselement belemmert. Waar zich een druppel bloed of mond-

### Intermezzo 1. Eisen afdrukmaterialen

De materiaaleigenschappen van elastomeren staan in een rapport van de American National Standards Institute in samenwerking met de American Dental Association ([www.ada.org/830.aspx](http://www.ada.org/830.aspx)). Alle beschikbare afdrukmaterialen voldoen onder andere aan de nauwkeurigheidseisen volgens deze specificatie. Elastomeren zijn in 4 consistenties beschikbaar. Type 0 is stug ('putty'), terwijl type 1 ('heavy body'), 2 ('medium body') en 3 ('light body') een spuitbare consistentie hebben. Van type 2 en 3 wordt een detailweergave van maximaal 20 µm geleverd.

Een andere nauwkeurigheidindicator is de dimensionale stabiliteit. Een vormverandering van maximaal 1,5% is toegestaan. Additiesiliconen zijn stabiele materialen met een permanente vervorming van maximaal 0,2%. Een afdruk met een additiesilicone kan tussen 2 uur en 30 dagen na het nemen van de afdruk worden uitgegoten zonder dat de toegestane vormverandering is overschreden. In deze periode kan de afdruk zelfs meerdere keren worden uitgegoten als dat nodig is. Polyethers met een permanente vervorming van maximaal 0,4% hebben een veilige uitgieterperiode van tussen 30 minuten en 24 uur, maar verliezen na deze periode hun vormvastheid (Thongthammachat et al, 2002). Daarnaast onttrekt een polyether vocht uit het gips van een gebitsmodel waardoor het afdruk materiaal uitzet. Een tweede gebitsmodel dat uit de afdruk wordt gegoten, is daardoor minder nauwkeurig.

vloeistof bevindt, kan geen afdruk materiaal komen. Op die plaats komt een vochtblaas in het afdruk materiaal en bij het uitgieten van de afdruk wordt deze gevuld met gips. Doorgaans verhindert deze lokale verhevenheid van gips een correcte weergave van de preparatiegrens en daarom is een afdruk met vochtblazen op kritische plaatsen onbruikbaar. Een mondscanner maakt geen onderscheid tussen materialen en anatomische structuren. Het apparaat registreert alles dat licht reflecteert, dus ook mondvloeistof en bloed. Voor een goede digitale afdruk moet het af te drukken gebied dus ook beslist droog zijn. Meestal is dat bij de digitale afdruk methode gemakkelijker te realiseren dan bij de conventionele afdruk methode omdat tijdens het afdrukproces de meerfunctiespuit kan worden gebruikt om het gebied droog te blazen.

Het af te drukken gebied wordt met wattenrollen, andere vocht opnemende middelen en een afzuiger geïsoleerd van de mondvloeistof. Uittreding van vocht uit de sulcus gingivalis van een geprepareerd gebitselement kan worden tegengegaan door extra maatregelen te nemen. Bloeding van de gingiva wordt in principe voorkomen door zo traumatisch mogelijk te werken. Indien lokale anesthesie is toegediend, vermindert de vasoconstrictor van de anesthesievloeistof een eventuele bloeding en ook de speekselsecretie wordt hierdoor geremd. Toch zijn vaak extra maatregelen nodig om vocht te weren en om subgingivale preparaties toegankelijk te maken voor het afdruk materiaal. Dit geldt ook voor de digitale afdruk methode omdat de preparatiegrenzen goed toegankelijk moeten zijn voor de lichtbundel van de mondscanner.

In de meeste gevallen wordt als maatregel voor het

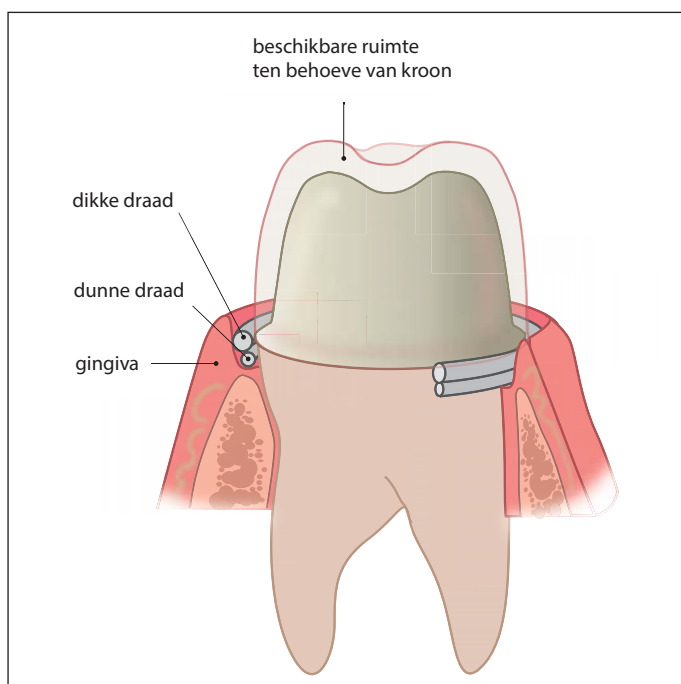
### Intermezzo 2. Eisen gips

De materiaaleigenschappen van gips staan in een rapport van de American National Standards Institute in samenwerking met de American Dental Association ([www.ada.org/830.aspx](http://www.ada.org/830.aspx)). Gips is te verdelen in 5 groepen die onderling verschillen in expansie en hardheid. Als gebitsmodel voor kronen en bruggen wordt bijvoorbeeld steengips (klasse IV) gebruikt. De dimensionale vormverandering van gips is idealiter omgekeerd evenredig met de dimensionale stabiliteit van het toegepaste afdruk materiaal. Expansie van steengips met na uitharden een maximale permanente vervorming van 0,15% moet daarom krimp van afdruk materiaal en krimp van de kroon of brug compenseren.

Gipskristallen hebben een grootte van 15-25 µm (Derrien en Le Menn, 1995). Een in gips uitgegoten afdruk heeft dus in principe verlies van kleine details. De nauwkeurigheidseis van een gipsmodel is volgens de erkende specificatie niet zo gedetailleerd, namelijk kleiner dan 50 µm. Dit is een nauwkeurigheid die voldoende is voor de te vervaardigen kronen en bruggen. Om deze reden en om reden van de eenvoudige en prijstechnisch gunstige verwerking is gips het meest gebruikte materiaal voor gebitsmodellen.

droogmaken van het af te drukken gebied een draad in de sulcus gingivalis aangebracht waarmee tevens de gingiva opzij wordt gedrukt. Andere materialen waarmee mechanisch ruimte in de sulcus gingivalis kan worden gemaakt, zijn pseudoplastische pasta's (Expasyl<sup>®</sup>, Adstringent Retraction Paste<sup>®</sup>) of een expanderende silicone (Magic Foam-Cord<sup>®</sup>). Door dit mechanisch exposeren van de preparatiegrens wordt cervicaal voldoende ruimte voor het afdruk materiaal verkregen om scheuren van de afdruk te voorkomen (Hansen et al, 1999). Compressie van de gingiva zorgt voor een mechanisch ruimtemakend effect, maar zowel het aanbrenge als het verwijderen van de draad kan hyperemie van de gingiva veroorzaken (Csillag et al, 2007). De draad is (of wordt) daarom geïmpregneerd met een adstringens of een vasoconstrictor. Aluminiumchloride (Racestypine<sup>®</sup>) en ijzersulfaat (Viscostat<sup>®</sup>) zijn veelgebruikte adstringentia. De concentratie van de vasoconstrictor adrenaline in vooraf geïmpregneerde draden is meestal lager dan 8%. Omdat adrenaline systemische vasculaire reacties kan veroorzaken, zijn deze draden gecontra-indiceerd bij patiënten met hart- en vaatziekten. Bij concentraties adrenaline van niet meer dan 0,01% treden geen systemische vasculaire veranderingen op, terwijl wel wordt voorkomen dat een lokale vasculaire reactie in de vorm van hyperemie optreedt na het verwijderen van de draad (Csillag et al, 2007).

Afhankelijk van het biotype van de gingiva, de diepte van de sulcus gingivalis en de locatie van de preparatie en de preparatiegrenzen worden 1 of meer draden aangebracht. Als de gingiva van een dun en fragiel biotype is, is bij het manipuleren met een draad voorzichtigheid geboden. Eenmaal aangebracht, blijft de draad 5 tot 10 minuten in de sulcus gingivalis zodat wel voldoende verbreding van de sulcus gingivalis wordt verkregen, maar geen irreversibele schade ontstaat. De draad wordt vlak voor het volspuiten van de sulcus gingivalis met afdruk materiaal verwijderd. Bij de zogenaamde tweedradenmethode wordt 1



Afb. 1. Schematische weergave van de tweedradenmethode ter verbreding van de sulcus gingivalis.

draad in de sulcus gingivalis achtergelaten om ‘terugveren’ van de gingiva te voorkomen (afb. 1). Bij deze methode is het belangrijk te verifiëren dat de achterblijvende draad zich apicaal van de preparatiegrenzen bevindt.

Wordt een met adstringentia geïmpregneerde draad of een pasta met adstringentia gebruikt, dan wordt de sulcus gingivalis vlak voor het spuiten van het afdruk materiaal schoongespoeld. Dit moet nauwkeurig gebeuren omdat adstringentia een vertragend effect hebben op de polymerisatie van afdrukmaterialen als polyethers en additiesiliconen.

Een alternatieve manier om de preparatiegrens te exposeren, is het verwijderen van een deel van de gingiva. Dit kan door middel van elektro- of laserchirurgie dan wel door curettage met roterend of bij voorkeur snijdend instrumentarium. Alle methoden waarmee de sulcus gingivalis wordt verbreed veroorzaken echter een lokaal trauma van de gingiva. Bij een gezonde gingiva en correct gebruik van het instrumentarium mag binnen 1 week herstel worden verwacht (Azzi et al, 1983). Indien parodontaal weefsel is verwijderd, duurt het volledige herstel meestal iets langer.

### Conventionele afdrukmethode

Voor het nemen van een conventionele afdruk wordt een metalen of kunststof afdrukkelpeel gebruikt. De afdrukkelpeel wordt met een elastisch afdruk materiaal gevuld en over de gebitselementen geplaatst. Vooraf wordt afdruk materiaal met een afdruksput rondom de geprepareerde gebitselementen tot voorbij de preparatiegrenzen aangebracht om een luchtbelvrije weergave te krijgen. Na uitharding van het afdruk materiaal wordt de afdrukkelpeel uitgenomen. Hierbij ontstaat een (tijdelijke) vervorming van het afdruk materiaal, enerzijds doordat de afdruk over de aanwezige

ondersnijdingen wordt getrokken en anderzijds door de wikkende bewegingen die nodig kunnen zijn om de afdrukkelpeel los te krijgen. Na ontspanning herstelt het elastische afdruk materiaal voor meer dan 96% van deze vervorming en een adequate scheurweerstand van het afdruk materiaal voorkomt dat het bij het verwijderen van de afdruk scheurt. Door grote ondersnijdingen, interdentaal ruimten en ruimten onder brugtussendelen tevoren met was of wattenbolletjes te vullen, wordt het verwijderen van de afdruk eenvoudiger en wordt permanente vervorming geminimaliseerd (Hamalian et al, 2011). Voldoende scheurweerstand van het afdruk materiaal is eveneens van belang om te voorkomen dat essentiële (dunne) subgingivale uitlopers van de afdruk losscheuren. Vervolgens mag tussen het nemen van een afdruk en het verwerken ervan tot een gebitsmodel het afdruk materiaal niet vervormen door verdamping/uitdroging of vocht opname. Deze eigenschap van het afdruk materiaal wordt de dimensionale stabiliteit genoemd en die bepaalt mede de nauwkeurigheid van de afdruk (intermezzo 1).

### Afdrukmaterialen

Er zijn 2 soorten elastische afdrukmaterialen: hydrocolloïden en elastomeren. Hydrocolloïden, zoals agar en alginaat, zijn zeer nauwkeurig, maar hebben weinig scheurweerstand en een zeer matige dimensionale stabiliteit. Synthetische elastomeren, zoals polysulfiden, condensatiesiliconen, polyethers en additiesiliconen, hebben een goede nauwkeurigheid en een goede scheurweerstand. Door hun uitstekende dimensionale stabiliteit zijn additiesiliconen en polyethers veelgebruikte materialen voor een behandeling met kronen en bruggen (Christensen, 1997). Condensatiesiliconen en polysulfiden, hebben een mindere dimensionale stabiliteit doordat respectievelijk ethanol en water ontstaan als bijproducten. Het verdampen van deze bijproducten tijdens het uitharden en vooral tijdens het bewaren van de afdruk resulteert in krimp van het afdruk materiaal.

Synthetische elastomeren zijn in verschillende consistenties beschikbaar. Voor een spuitafdruk met een additiesilicone wordt een vloeibare consistentie gebruikt. De afdrukkelpeel wordt meestal gevuld met een variant van hetzelfde materiaal die een kneedbare en dus stuggere consistentie heeft.

### Afdrukkelpeels

Een afdrukkelpeel geeft ondersteuning aan het afdruk materiaal op alle plaatsen waar informatie over de tandboog nodig is. Dat betekent dat zowel een partiële als een volledige afdrukkelpeel de tandboog zo goed mogelijk moet omsluiten.

Het is aan te bevelen, indien mogelijk, volledige tandbogen af te drukken omdat de occlusale relatie na montage van volledige gebitsmodellen in een articulator betrouwbaarder is dan bij het gebruik van partiële gebitsmodellen. Naar een minder belastende partiële afdruk kan worden uitgeweken bij een extreme kokhalsreflex of bij grote ondersnijdingen van de processus alveolaris.

Voor steun aan het afdrukmetaal wordt een starre kunststof of metalen afdruklepel gebruikt. Is de lepel van een flexibel materiaal, dan zal de afdruk vervormen en daardoor onbetrouwbaar zijn. Een goede hechting tussen afdruklepel en afdrukmetaal is van belang om vervorming en scheuren van het afdrukmetaal tijdens het verwijderen van de afdruk te voorkomen. Hiertoe kan de afdruklepel met hechtvlak worden ingesmeerd. Perforaties in de afdruklepel verhogen ook de retentie van het afdrukmetaal, maar te grote en te veel perforaties zijn negatief voor de starheid van de afdruklepel. Bovendien is door de perforaties minder drukopbouw van het afdrukmetaal tijdens het nemen van de afdruk mogelijk. Tussen de afgedrukte anatomische structuren en de afdruklepel is voldoende ruimte nodig voor het afdrukmetaal. Voldoende massa van het afdrukmetaal maakt vervorming beter mogelijk waardoor het verwijderen van de afdruk gemakkelijker is en de vervorming beter herstelt. Geadviseerd wordt ter plaatse van een ondersnijding een ruimte voor het afdrukmetaal te reserveren die minimaal 2 keer zo dik is als de diepte van de ondersnijding (Hamalian et al, 2011). Vanwege de standaardvorm van confectieafdruklepels varieert op verschillende plaatsen in de tandboog de beschikbare ruimte tussen de gebitselementen of de processus alveolaris en de afdruklepel. Dit kan onevenwichtige krimp van het afdrukmetaal veroorzaken. Om dit te voorkomen, kan een confectieafdruklepel worden geïndividualiseerd met een stug afdrukmetaal of kan een individuele afdruklepel worden gebruikt.

Een individuele afdruklepel wordt van kunststof vervaardigd op een gebitsmodel dat is verkregen uit een alginaafdruk met een confectieafdruklepel. Ook voor een individuele afdruklepel geldt dat een gelijkmatige ruimte van ongeveer 3 mm nodig is voor het afdrukmetaal ten behoeve van een gelijkmatige krimp. Een kunststof afdruk-

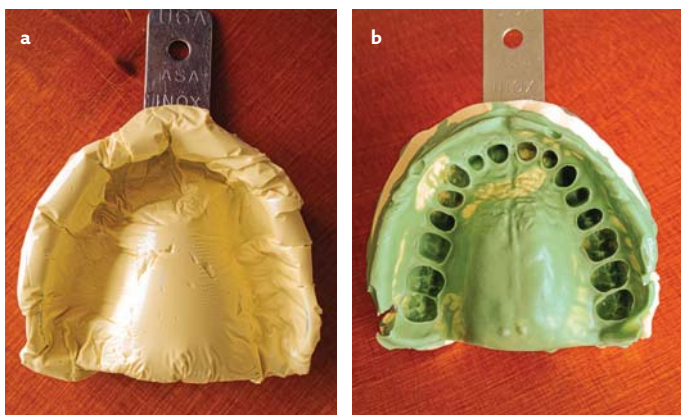


Afb. 2. Confectieafdruklepel met macromechanische retentie voor het afdrukmetaal in de vorm van perforaties en een retentierand.

lepel is star en dimensionaal stabiel. Thermoplastische en autopolymeriserende kunststoffen zijn, in tegenstelling tot lichthardende kunststoffen, minder geschikt als materiaal voor een individuele afdruklepel omdat ze na de uitharding kunnen vervormen onder invloed van warmte of vocht (Thongthammachat et al, 2002). Ter plaatse van de geprepareerde gebitselementen verloopt de rand van de afdruklepel tot in de omslagplooi, maar bij de overige gebitselementen kan de rand korter zijn tot ongeveer het niveau van de gingiva. Dat maakt namelijk het verwijderen van de afdruk eenvoudiger. Als een hechtvlak wordt gebruikt, hoeft een individuele afdruklepel niet te worden geperforeerd. Voor de retentie van het afdrukmetaal bij het verwijderen van de afdruk is het prettig als in de afdruklepel een retentierand ('rimlock') is aangebracht (afb. 2). In een individuele afdruklepel kunnen alle spuitbare afdrukmaterialen worden toegepast, maar bij het gebruik van een stug

Variant	Soort afdruklepel	Afdrukmetaal, consistentie en additionele handeling	
		In afdruklepel	In afdrukspuit
1 Procedurestap 1 Consistentie	Volledige individuele afdruklepel	Half stugge en half spuitbare additiesilicone Half stugge en half spuitbare polyether	
1 Procedurestap 1 Consistentie	Volledige confectieafdruklepel Partiële confectieafdruklepel	Half stugge en half spuitbare additiesilicone Half stugge en half spuitbare polyether	
1 Procedurestap 2 Consistenties	Volledige confectieafdruklepel Partiële confectieafdruklepel	Stugge additiesilicone Stugge polyether	Spuitbare additiesilicone Spuitbare polyether
2 Procedurestappen 2 Consistenties	Volledige confectieafdruklepel	Stugge additiesilicone Afdekken met vel cellofaan in afdruklepel	Spuitbare additiesilicone
2 Procedurestappen 2 Consistenties	Volledige confectieafdruklepel Partiële confectieafdruklepel	Stugge additiesilicone Ter plaatse van geprepareerde gebitselementen uitgehard afdrukmetaal ruim wegsnijden	Spuitbare additiesilicone

Tabel 1. Varianten van de conventionele afdrukmethode, verdeeld naar het aantal procedurestappen en het aantal gebruikte consistenties van het afdrukmetaal met vermelding van een eventueel benodigde additionele handeling.



**Afb. 3.** Geïndividualiseerde confectieafdrukkelep met een stugge additiesilicone en cellofaan ten behoeve van een afdruk in 2 procedurestappen met 2 consistenties afdruk materiaal (a); afdruk genomen (b).

afdruk materiaal, bijvoorbeeld polyether, is de afdruk moeilijk te verwijderen. Daarom worden bij voorkeur additiesiliconen gebruikt.

#### Afdrukvarianten

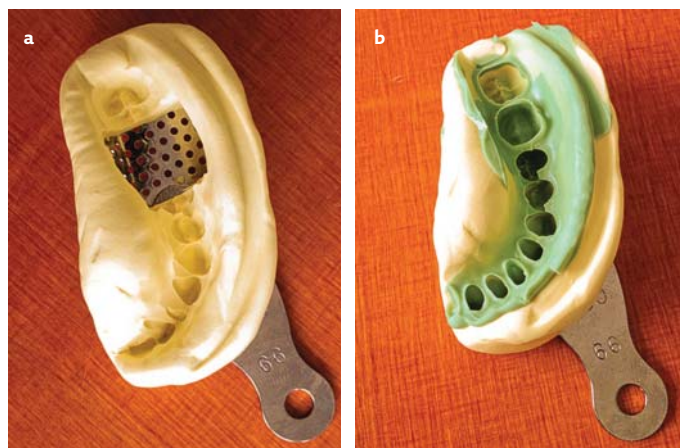
Varianten van de conventionele afdrukmethode zijn te onderscheiden op grond van het aantal gebruikte consistenties van het afdruk materiaal en op grond van het aantal stappen van de afdrukprocedure (tab. 1).

Als een individuele afdrukkelep wordt gebruikt, wordt doorgaans 1 consistentie van het afdruk materiaal gebruikt en er is dan ook maar 1 procedurestap nodig voor het nemen van de afdruk.

Bij gebruik van een confectieafdrukkelep kunnen ook in 1 procedurestap de geprepareerde gebitselementen worden omspoten, terwijl een assistent tegelijkertijd de confectieafdrukkelep vult met afdruk materiaal. Dit kan met dezelfde spuitbare consistentie van afdruk materiaal, maar ook met een stugge consistentie in de confectieafdrukkelep en een spuitbare consistentie in de afdrukspuit. Deze verschillende consistenties van het afdruk materiaal harden gelijktijdig uit en daardoor is de afdrukprocedure relatief kort. Vanwege het gelijktijdig uitharden is het zowel bij gebruik van 1 als van 2 consistenties van het afdruk materiaal lastig de confectieafdrukkelep correct te positioneren en tijdens het uithardingsproces te fixeren. Gebleken is dat de nauwkeurigheid van deze afdrukvariant groter is bij ervaren dan bij minder ervaren tandartsen (Seelbach et al, 2013).

Bij de afdrukvariant met een confectieafdrukkelep in 2 procedurestappen met 2 consistenties afdruk materiaal wordt de confectieafdrukkelep eerst apart als het ware geïndividualiseerd met een stug afdruk materiaal. Daarna volgt de tweede procedurestap waarin een spuitafdruk met steun van deze gemakkelijk te positioneren geïndividualiseerde confectieafdrukkelep wordt genomen. Deze afdrukvariant kan op 2 manieren worden uitgevoerd.

De eerste manier houdt in dat voor de eerste procedurestap vooraf de te prepareren gebitselementen worden bedekt met een laag was, dat daarna het stugge afdruk materiaal in een confectieafdrukkelep wordt aangebracht, dat



**Afb. 4.** Geïndividualiseerde partiële confectieafdrukkelep met uitgehard stug afdruk materiaal waarbij ter plaatse van het geprepareerde gebitselement tot op de afdrukkelep ruimte is gemaakt voor het spuitbare afdruk materiaal (a); afdruk genomen (b).

dit wordt bedekt met een vel cellofaan en dat vervolgens de afdruk wordt genomen. Door het cellofaan wordt de contour van de tandboog slechts globaal weergegeven en deze situatie is enigszins vergelijkbaar met de binnenzijde van een individuele kunststof afdrukkelep. Als in de eerste procedurestap de afdruk met stug afdruk materiaal nog niet is genomen, terwijl de gebitselementen wel al zijn geprepareerd, worden voor het nemen van de afdruk eerst tijdelijke restauraties vervaardigd en geplaatst zodat in de stugge afdruk voldoende ruimte ontstaat voor het spuitbare afdruk materiaal. Met de geïndividualiseerde afdrukkelep wordt de tweede procedurestap gezet, waarbij de geprepareerde gebitselementen worden omspoten en het uitgeharde stugge afdruk materiaal in de afdrukkelep wordt voorzien van een laag spuitbaar afdruk materiaal. Het is van belang dat de afdruk die in de eerste procedurestap is gemaakt goed wordt teruggeplaatst en spanningsvrij wordt gefixeerd om te voorkomen dat de uitgeharde stugge afdrukmasse wordt gecompriëerd en bij het verwijderen van de afdruk terugveert. Deze afdrukvariant is uitstekend geschikt om subgingivale preparatiegrenzen goed weer te geven in de afdruk (afb. 3) (Seelbach et al, 2013).

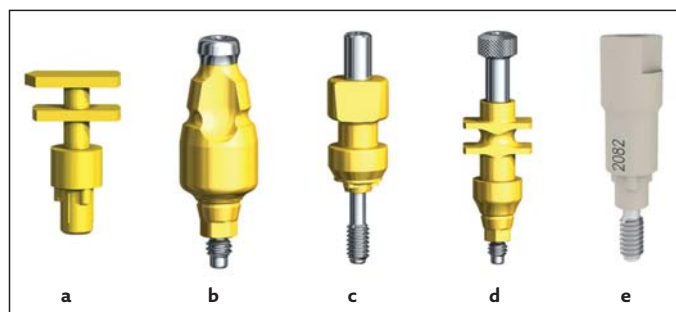
De tweede manier wordt vooral toegepast bij het gebruik van een partiële confectieafdrukkelep. In de eerste procedurestap wordt met een stug afdruk materiaal de afdrukkelep stabiel gemaakt zodat deze in de tweede procedurestap stabiel is terug te plaatsen. Deze afdrukvariant houdt in dat eerst de interdentale septa en ondersnijdingen uit de afdruk van de eerste procedurestap worden gesneden om de confectieafdrukkelep eenvoudig te kunnen terugplaatsen. Ter plaatse van de geprepareerde gebitselementen wordt vervolgens het stugge afdruk materiaal tot op de afdrukkelep weggesneden zodat in de volgende procedurestap de overmaat aan spuitbaar afdruk materiaal via de perforaties kan wegvloeien. In die tweede procedurestap worden de geprepareerde gebitselementen omspoten, wordt ook in de geïndividualiseerde confectieafdrukkelep spuitbaar afdruk materiaal aangebracht en wordt de geïndividualiseerde confectieafdrukkelep teruggeplaatst (afb. 4).

### Implantaten

Een implantaat kan met de implantaatopbouw *in situ* worden afgedrukt. Dit heet 'afdruk nemen op niveau van de implantaatopbouw'. Als een afdruk wordt genomen zonder implantaatopbouw *in situ* is dat een afdruk op implantaatniveau. Een afdruk op niveau van de implantaatopbouw is mogelijk als een standaard implantaatopbouw wordt gebruikt. Deze afdrukmethode is identiek aan die van een geprepareerd gebitselement. Het nadeel van een standaard implantaatopbouw is echter dat de vorm van de implantaatopbouw beperkt te individualiseren is. Indien de voorkeur daarom uitgaat naar een individueel vervaardigde implantaatopbouw is een afdruk op implantaatniveau noodzakelijk. Om de positie en de inzetting van de implantaatopbouw in het implantaat te kunnen vastleggen in de afdruk wordt een afdrukstift op het implantaat geklikt of bij voorkeur erin geschroefd (afb. 5). De afdrukmethode op implantaatniveau kan worden onderscheiden in een directe en een indirecte methode.

Voor de directe afdrukmethode op implantaatniveau ('pick-up') wordt een afdrukstift met macromechanische retentie in het implantaat geschroefd (afb. 6a). De afdruklepel, bij voorkeur een individuele, wordt aan de occlusale zijde voorzien van een opening waardoor de afdrukstift bereikbaar is als de afdruklepel met afdruk materiaal is gepositioneerd. De correct bevestigde afdrukstift wordt met spuitbaar afdruk materiaal omspoten en de met afdruk materiaal gevulde afdruklepel wordt gepositioneerd. Na uitharding van het afdruk materiaal wordt de afdrukstift via de opening in de lepel losgeschroefd. Bij het verwijderen van de afdruklepel komt de in het afdruk materiaal verankerde afdrukstift mee (afb. 6b). In het tandtechnisch laboratorium wordt op de afdrukstift een analoog van het implantaat geschroefd voordat de afdruk in gips wordt uitgegoten. Als het meerdere implantaten betreft en de afdrukstiften goed bereikbaar zijn, heeft deze directe afdrukmethode op implantaatniveau de voorkeur boven de hierna beschreven methode.

Bij minder goed bereikbare afdrukstiften, zoals bij een



Afb. 5. Diverse afdrukstiften voor het nemen van een afdruk op implantaatniveau; klikverbinding voor een gesloten afdruklepel (a); de andere stiften worden geschroefd en gebruikt voor een gesloten afdruklepel (b), een open afdruklepel (c, d) of een digitale afdruk (Core3dcentres®) (e).

beperkte interocclusale ruimte, biedt de indirecte afdrukmethode op implantaatniveau ('transfer') uitkomst. De afdrukstiften voor deze afdrukmethode zijn conisch en hebben een glad oppervlak. Als de interocclusale ruimte het toelaat, kan de afdruk met een gesloten afdruklepel worden gemaakt met de afdrukstiften *in situ*. De afdrukstiften worden na uitharden van het afdruk materiaal niet losgeschroefd, maar door de coniciteit en de gladheid van de afdrukstiften kan de afdruk toch zonder problemen worden uitgenomen. Pas na het verwijderen van de afdruk worden de afdrukstiften losgeschroefd en vastgeschroefd in analogen van de implantaten teruggeplaatst in de afdruk. Het exact reponeren van de afdrukstiften met analogen van de implantaten is echter slechts beperkt mogelijk en daarom is deze methode minder betrouwbaar dan de directe afdrukmethode op implantaatniveau (Lee et al, 2008).

Om meer zekerheid te hebben over de positie van meerdere af te drukken implantaten kunnen de afdrukstiften onderling worden verbonden met krimprijke kunststof. Het doel hiervan is de nauwkeurigheid van de afdruk te verbeteren doordat op deze manier de afdrukstiften niet ten opzichte van elkaar kunnen verplaatsen (Lee et al, 2008).



Afb. 6. Geschroefde afdrukstift *in situ* voor de directe afdrukmethode op implantaatniveau met een open afdruklepel (a); afdruk met daarin verankerd de losgeschroefde afdrukstift (b).

### Intermezzo 3. Mondscanners (Logozzo et al, 2011).

In de tandtechniek zijn zowel tactiele als optische scanners beschikbaar. De huidige mondscanners zijn echter alle optisch. Ze hebben verschillende optische technieken, maar een vergelijkbaar principe. De apparatuur bestaat uit een handstuk met camera die met een glasvezelkabel aan een computer is verbonden. Het handstuk heeft een lichtbron en een lichtgevoelige sensor. De lichtbundel met zogenoemd gestructureerd licht wordt op het object geprojecteerd en de reflectie wordt onder een andere hoek door de sensor geregistreerd. Van elk reflectiepunt wordt de afstand tot de kop van de scanner berekend op een wijze zoals bekend uit de fotogrammetrie met luchtfoto's. Door deze punten af te beelden in een driedelig assenstelsel ontstaat een puntenwolk die de vorm van het object vertegenwoordigt. De punten van de wolk vormen driehoeksvlakken. Hoe meer punten, des te kleiner zijn de driehoeksvlakken en des te nauwkeuriger (en groter) is het databestand. Deze informatie wordt opgeslagen als een (open) Standard Triangulation Language-bestand of als een gesloten/gecodeerd bestand.

#### Triangulatie (bijvoorbeeld Cerec Bluecam®)

Omdat de afstand en de hoek tussen de lichtbron en de sensor bekend zijn, kan de afstand tot de reflectiepunten met de stelling van Pythagoras worden berekend. Om een juiste uniforme reflectie te krijgen, wordt het te scannen object van een minimale laag titaniumdioxidepoeder voorzien.

#### Confocaal (bijvoorbeeld iTero® en TRIOS®)

De brandpuntafstand van de lichtbron tot het object is gelijk aan de afstand tussen het object en de sensor. Voor de sensor zit een filter dat ervoor zorgt dat alleen punten die op de brandpuntafstand liggen scherp worden afgebeeld. Door verschillende mechanismen wordt de brandpuntafstand tijdens het maken van de foto of de video aangepast. Meerdere driedimensionale foto's vanuit verschillende hoeken worden gecombineerd tot een bruikbaar model.

#### Active wavefront sampling (bijvoorbeeld Lava C.O.S.®)

Active wavefront sampling onderscheidt de afstand van verschillende reflectiepunten door beweging. Van punten die op de brandpuntafstand liggen, en dus scherp worden afgebeeld, kan de afstand tot de sensor worden bepaald. Punten die daarvoor of daarachter liggen, worden onscherp weergegeven. De mate van onscherpte geeft echter de afstand tot de sensor aan. Active wavefront sampling maakt de onscherpte meetbaar door het punt wel scherp, maar roterend af te beelden en de rotatiegrootte te meten. Hiertoe draait een lens met decentraal een klein diafragma rond en filmt het object. Reflectiepunten dichtbij het brandpunt staan nagenoeg stil, punten op grotere afstand maken de roterende beweging.

Omdat geosseoïntegreerde implantaten geen enkele speling toestaan voor de te vervaardigen kronen en bruggen is het van belang dat het afdruk materiaal een stevige consistentie en een goede dimensionale stabiliteit heeft. Polyethers bieden een goede weerstand tegen de rotatiekracht die bij de directe afdruk methode op implantaatniveau tijdens het losschroeven van afdrukstiften en het fixeren van de analogen van de implantaten op het afdruk materiaal kan komen te staan. Additiesiliconen hebben echter minder risico op blijvende vervorming na het verwijderen van de afdruk. Dit is voornamelijk van belang bij implantaten met een verschillende angulatie ten opzichte van de processus alveolaris.

#### Desinfectie

Omdat afdrukken mogelijke infectiebronnen zijn, worden ze gedesinfecteerd door ze 5 minuten onder te dompelen in een bad met een oplossing van 0,1% hypochloriet. Ze worden daarna afgespoeld met water en droog bewaard tot het moment van uitgieten. Een desinfectans heeft bij correct gebruik geen invloed op de stabiliteit van het afdruk materiaal (Martin et al, 2007; Yilmaz et al, 2007; Estafanous et al, 2012). Bij te lang onderdompelen in een bad met desinfectans kunnen hydrofiele materialen wel water opnemen (Kotsiomiti et al, 2008).

#### Digitale afdruk

Met de conventionele afdruk methode en de geëigende tandtechnische werkzaamheden kunnen goede kronen en bruggen worden vervaardigd, maar elke stap van het vervaardigingproces kent wel een zeker mate van onvoorspelbaar-

heid die inherent is aan materiaaleigenschappen of menselijk handelen. In de jaren '70 van de vorige eeuw was dat 1 van de redenen om het gebruik van computergestuurde machines te ontwikkelen, de CAD/CAM-technologie. Naast het feit dat deze technologie een meer constante kwaliteit levert, heeft dit ook het gebruik van nieuwe materialen mogelijk gemaakt zoals industrieel vervaardigde blokken silicaat of oxidekeramiek. De oxidekeramieken, zoals zirkonia en alumina, kunnen alleen worden verwerkt met de CAM-technologie. Daarbij worden de kronen en bruggen met meerassige slijpmachines uit blokken keramiek geslepen.

Idealiter wordt voor een met de CAM-technologie te vervaardigen kroon of brug een digitale opname van de geprepareerde gebitselementen vervaardigd. De ontwikkeling van apparatuur om dit mogelijk te maken, bleef echter achter door onvoldoende reken capaciteit van de toenmalige computers. Daarom werden aanvankelijk conventionele afdrukken of gebitsmodellen gedigitaliseerd. Op basis van een aldus verkregen driedimensionaal computermodel werd vervolgens een kroon of brug vervaardigd.

Met het eerste commerciële, direct in de mondzorgpraktijk toepasbare CAD/CAM-systeem werden inlays uit blokjes keramiek geslepen nadat een opname van de geprepareerde gebitselementen was gemaakt met een mondscanner. Met de ontwikkeling van de mondscanner ontstond een volledig digitaal proces (afb. 7). Het proces omvat een fase waarbij driedimensionale foto's of video's van de tandboog worden gemaakt waardoor een digitaal model wordt verkregen (intermezzo 3). Op dit model wordt een kroon of brug ontworpen die vervolgens uit verschillende materialen kan worden gefreesd. Naast het direct in



Afb. 7. Handstuk van een mondscanner (TRIOS®).

de mondzorgpraktijk toepasbare CAD/CAM-systeem kunnen kronen en bruggen ook worden ontworpen en gefreesd in een tandtechnisch laboratorium of in een centraal freescentrum waarmee diverse tandtechnische laboratoria samenwerken.

Een belangrijk voordeel van digitale afdrucken is dat controle van ruimtelijke verhoudingen direct na de opname mogelijk is, terwijl dat bij conventionele afdrucken pas kan als de gebitsmodellen zijn vervaardigd en in een articulator zijn gemonteerd. Voorbeelden zijn controle van de interocclusale ruimte, de ondersnijdingen, de evenwijdigheid van brugpijlers en de zichtbaarheid van de preparatiegrens (afb. 8). Een verbetering van de weergave van een preparatiegrens kan eenvoudig worden uitgevoerd door delen van de scan te wissen en opnieuw te scannen. Het is ook mogelijk de preparatie aan te passen en opnieuw te scannen. Het digitale bestand wordt via het internet verstuurd en ondergaat daarbij geen kwaliteitsverlies. Bovendien zijn er geen infectiepreventieve en logistieke complicaties met het tandtechnisch laboratorium. Waar een conventionele afdruk als laatste stap wordt gedesinfecteerd, wordt de mondscanner voorafgaand aan de afdruk gedesinfecteerd.

Afhankelijk van de grootte van het handstuk van de mondscanner en de ruimte in de mond kan het lastig zijn de dorsale gebitselementen te scannen. Vooral de ramus mandibulae kan het scannen van de distobuccale vlakken van molaren verhinderen. Daarnaast kan de ruimte beperkt zijn door de antagonisten en door een beperkte mondopening. Omdat alle mondscanners met een lichtbron werken, is het soms onmogelijk ondersneden gebieden, zoals de proximale vlakken van de buurelementen, te scannen vanwege schaduwvorming van de buurelementen op de geprepareerde gebitselementen. Een conische preparatie is daarom gemakkelijker te scannen dan een parallelle preparatie. Uitgangspunt is dat voor de behandelaar onzichtbare structuren niet kunnen worden gescand. Om die reden kunnen subgingivale preparatiegrenzen niet worden gescand, tenzij adequate retractie van de gingiva is toegepast.

Evenals voor conventionele afdrucken van implantaten zijn er voor digitale afdrucken van implantaten kunststof scan-implantaatopbouw ontwikkeld om de positie en richting van implantaten te kunnen vastleggen (afb. 5e).

### Nauwkeurigheid

Een goed uitgevoerde conventionele afdruk vormt een nauwkeurige basis voor de vervaardiging van kronen en bruggen. Bij het uitnemen van de afdruk, tijdens opslag en transport en tijdens het tandtechnische werk kunnen als gevolg van de diverse handelingen onnauwkeurigheden optreden. Daarnaast is de vervaardiging van een gebitsmodel een kwetsbaar punt. Door luchtballen, onzorgvuldige handelingen, slijtage of fractuur kan informatie verloren gaan. Uiteindelijk worden de pasvorm en de randaansluiting van kronen en bruggen bepaald door de cumulatieve fout van alle handelingen.

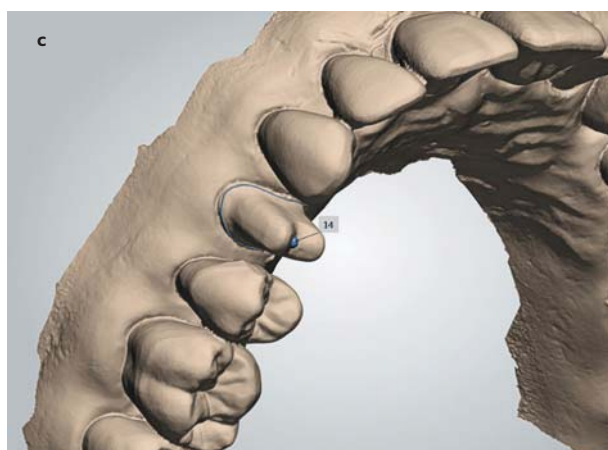
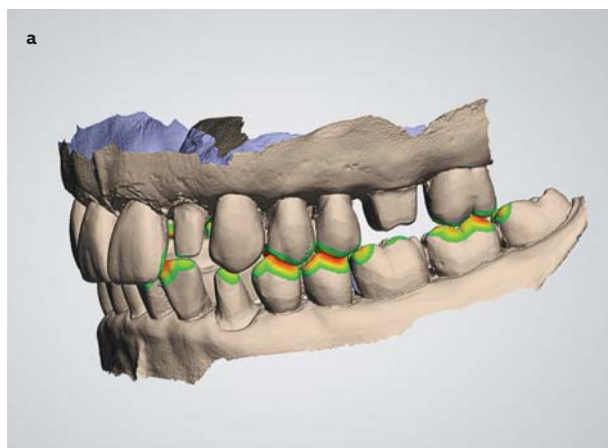
In het proces van de digitale afdrukmethode zijn minder stappen nodig om tot een product te komen. De nauwkeurigheid van het product wordt hier vooral bepaald door de nauwkeurigheid van de mondscanner en de kwaliteit van de computersoftware en de slijpmachine. Tegenwoordig is de nauwkeurigheid van een digitale scan, onder andere tot uitdrukking gebracht in de geregistreerde dimensies, vergelijkbaar met de nauwkeurigheid van een conventionele afdruk (Ender en Mehl 2011; So-Yeun et al, 2013). *In vitro*-metingen van de grootte van de randspleet van keramiekkronen op basis van de informatie van 3 typen mondscanners en een conventionele afdruk bestaande uit 1 procedurestap en 2 consistenties afdruk materiaal brachten nauwelijks verschillen aan het licht (gemiddeld ongeveer 39 versus 36  $\mu\text{m}$ ) (Seelbach et al, 2013). Een conventionele afdruk in 2 procedurestappen en met 2 consistenties afdruk materiaal gaf een grotere mate van onnauwkeurigheid van de randspleet van gemiddeld ongeveer 64  $\mu\text{m}$ , maar desondanks lijkt dit klinisch acceptabel (Seelbach et al, 2013). *In vivo* bleek de randaansluiting van op basis van een digitale afdrukmethode vervaardigde kronen significant beter te zijn dan van kronen die waren vervaardigd op basis van een conventionele afdruk (Syrek et al, 2010).

Als een klein scangebied wordt aangehouden geeft dit een beter resultaat. Er zijn dan minder foto's die aan elkaar worden gekoppeld, waardoor de vertekening kleiner is. Een scan van een kwadrant van het occlusiesysteem is daarom nauwkeuriger dan een scan van een volledige tandboog en een scan van 1 gebitselement is nauwkeuriger dan een scan van een kwadrant van het gehele occlusiesysteem (Mehl et al, 2009).

### Slotbeschouwing

De conventionele afdrukmethode heeft bewezen succesvol en betrouwbaar te zijn voor het vervaardigen van gebitsmodellen die de basis vormen voor kwalitatief goede kronen en bruggen. Er zijn echter nadelen aan verbonden, zoals de kunde van de behandelaar en de belasting van de patiënt. Digitale afdrukmethoden lijken in verband met





**Afb. 8.** Schermafbeeldingen bij een digitale afdrukmethode ter controle van de occlusie en interocclusale ruimte (a), de inzetrichting en de ondersnijdingen in de preparatie (b) en de preparatiegrens (c).

deze nadelen een goed alternatief te bieden. Maar aan de verschillende onderdelen van deze nieuwe methode, zoals de mondscanner, worden hoge eisen gesteld. Op het gebied van de logistiek en de infectiepreventie heeft de digitale afdrukmethode grote voordelen ten opzichte van de conventionele afdrukmethode. Een tijdsbesparing levert de digitale afdrukmethode (nog) niet op, maar de totale behandelingsduur kan verminderen door de goede controle mogelijkheden en het eenvoudig kunnen aanpassen van zowel de preparaties als de afdruk. De mondscanner is niet in alle situaties geschikt en is mogelijk financieel nog niet aantrekkelijk. Vooral het formaat van de mondscanner en de relatieve onnauwkeurigheid van afdrucken van volledige tandbogen zal de conventionele afdrukmethode voorlopig niet doen verdwijnen.

Met de huidige mogelijkheden geldt voor beide afdrukmethoden dat het succes van een goede afdruk voornamelijk wordt bepaald door het vrijleggen van de preparatiegrens en het droogmaken en drooghouden van het af te drukken gebied. Het lijkt tegenstrijdig, maar de methode van verwijding van de sulcus gingivalis en zelfs die van de afdrukmethode werd als minder belangrijk beschouwd dan het droogmaken en drooghouden (Wöstmann et al, 2008).

#### Literatuur

- \* Azzi R, Tsao TF, Carranza FA, Kennedy EB. Comparative study of gingival retraction methods. *J Prosthet Dent* 1983; 50: 561-565.
- \* Christensen GJ. What category of impression material is best for your practice. *J Am Dent Assoc* 1997; 128: 1026-1028.

- \* Csillag M, Nyiri G, Vag J, Fazekas A. Dose-related effects of epinephrine on human gingival blood flow and crevicular fluid production used as a soaking solution for chemo-mechanical tissue retraction. *J Prosthet Dent* 2007; 97: 6-11.
- \* Derrien G, Le Menn G. Evaluation of detail reproduction for three die materials by using scanning electron microscopy and two-dimensional profilometry. *J Prosthet Dent* 1995; 74: 1-7.
- \* Ender A, Mehl A. Full arch scans: conventional versus digital impressions - an *in-vitro*-study. *Int J Comp Dent* 2011; 14: 11-21.
- \* Estafanous EW, Palenik CJ, Platt JA. Disinfection of bacterially contaminated hydrophilic PVS impression materials. *J Prosthodont* 2012; 21: 16-21.
- \* Hamalian TA, Nasr E, Chidiac JJ. Impression materials in fixed prosthodontics: influence of choice on clinical procedure. *J Prosthodont* 2011; 20: 153-160.
- \* Hansen PA, Tira DE, Barlow J. Current methods of finish-line exposure by practicing prosthodontists. *J Prosthodont* 1999; 8: 163-170.
- \* Kotsiomiti E, Tziolla A, Hatjivasiliou K. Accuracy and stability of impression materials subjected to chemical disinfection - a literature review. *J Oral Rehabil* 2008; 35: 291-299.
- \* Lee H, So JS, Hochstedler JL, Ercoli C. The accuracy of implant impressions: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2008; 100: 285-291.
- \* Logozzo S, Franceschini G, Kilpelä A, Caponi M, Governi L, Blois L. A comparative analysis of intraoral 3d digital scanners for restorative dentistry. *Internet J Med Tech* 2011; 5 (1).
- \* Martin, N, Martin MV, Jedyakiewicz NM. The dimensional stability of dental impression materials following immersion in disinfecting solutions. *Dent Mater* 2007; 23: 760-768.
- \* Mehl A, Ender A, Mörmann W, Attin Th. Accuracy testing of a new intraoral 3d camera. *Int J Comp Dent* 2009; 12: 11-28.
- \* Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Invest* 2013; [Epub ahead of print].
- \* So-Yeun K, Myung-Joo K, Jung-Suk H, In-Seong Y, Young-Jun L, Ho-Beom K. Accuracy of dies captured by an intraoral digital impression system using parallel confocal imaging. *Int J Prosthodont* 2013; 26: 161-163.
- \* Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodessaer J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital im-

pressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent* 2010; 38: 553-559.

- \* *Thongthammachat S, Moore BK, Barco MT, Hovijitra S, Brown DT, Andres CJ.* Dimensional accuracy of dental casts: Influence of tray material, impression material, and time. *J Prosthodont* 2002; 11: 98-108.
- \* *Wöstmann B, Rehmann P, Trost D, Balkenhol M.* Effect of different retraction and impression techniques on the marginal fit of crowns. *J Dent* 2008; 36: 508-512.
- \* *Yilmaz H, Aydin C, Gul B, Yilmaz C, Semiz M.* Effect of disinfection on the dimensional stability of polyether impression materials. *J Prosthodont* 2007; 16: 473-479.

## Summary

### The conventional and the digital impression method for single-unit and multi-unit fixed dental prostheses

*To manufacture single-unit and multi-unit fixed dental prostheses, an accurate cast is required. Casts can be obtained either by the conventional or the digital impression method. For both methods, dry tooth surfaces and a well exposed finish line of the tooth preparation are required. The conventional impression method requires an elastic impression material. Elastomers have a high detail accuracy, which can produce, in combination with a good fitting and rigid impression tray, an impression with reliable dimensional stability. Based on the number of different impression material consistencies used and the number of phases of the impression procedure, several options of the conventional impression method can be distinguished. For the digital impression method, teeth or implants are scanned to produce a digital cast which can be used directly with the help of computer technology to produce single-unit or multi-unit fixed dental prostheses. The digital impression method has a number of advantages when compared to the conventional impression method, but is not applicable for all prosthetic cases.*

## Bron

E.J. Wiersema, C.M. Kreulen, N.H.J. Creugers

Uit de vakgroep Orale Functieer van het Universitair Medisch Centrum St Radboud in Nijmegen

Datum van acceptatie: 27 mei 2013

Adres: E.J. Wiersema, UMC St Radboud, postbus 9101, 6500 HB Nijmegen  
ej.wiersema@dent.umcn.nl