

Op kronen en bruggen uitgeoefende krachten en het weerstaan daarvan 1. Retentie en resistentie

De mate waarin kronen en bruggen uitgeoefende krachten kunnen weerstaan is onder andere afhankelijk van hun retentieve en resistentieve kwaliteit. De retentieve en resistentieve kwaliteit van de configuratie van een, voor een metaal- en metaal-porseleinkroon geprepareerd gebitselement wordt bepaald door de convergentiehoek, de hoogte, het volume, de interocclusale ruimte, de vormgeving van het cervicale deel van de configuratie, de additionele preparaties, de kwaliteit van een (funderings)restauratie en de ruwheid van de (geprepareerde) oppervlakken. Een silicaatkeramiek kroon wordt adhesief bevestigd met een composietcement, maar een oxidekeramiek kroon is voor zijn retentie en resistentie afhankelijk van de configuratie van het geprepareerde gebitselement. De meeste typen bruggen hebben de volgende extra retentie en resistentie bepalende factoren: de locatie in het occlusiesysteem, het aantal pijlerelementen en de configuraties daarvan ten opzichte van elkaar en de lengte van brugtussendelen en van vrij-eindigende brugdelen. Adhesiebruggen halen hun retentie en resistentie mede uit maximale bedekking van het glazuuroppervlak en uit additionele preparaties.

Baat C de, Witter DJ, Meijers CCAJ, Vergoossen ELM, Creugers NHJ. Op kronen en bruggen uitgeoefende krachten en het weerstaan daarvan. 1. Retentie en resistentie
Ned Tijdschr Tandheelkd 2014; 121: 165-172
doi: 10.5177/ntvt.2014.03.14106

Inleiding

Een eerder gepubliceerd artikel in het thema 'Kronen en bruggen' ging over de mechanische belasting die optreedt in het occlusiesysteem en over de gevolgen voor die belasting als een occlusiesysteem is gereduceerd door het ontbreken van gebitselementen. Ook werd aandacht besteed aan de belastbaarheid van kronen en bruggen waarmee een (gereduceerd) occlusiesysteem is hersteld in vergelijking met de belastbaarheid van een natuurlijk occlusiesysteem. En dit mede in relatie tot het orofaciale systeem (De Baat et al, 2013a). Met betrekking tot het vervaardigen van kronen en bruggen verdienen echter ook nog de op kronen en bruggen uitgeoefende krachten en het weerstaan daarvan aandacht. Dit krachtenspel wordt tot uitdrukking gebracht met de begrippen retentie, resistentie en belastbaarheid, waarbij in dit kader de belastbaarheid is gerelateerd aan de materialen waarvan kronen en bruggen worden vervaardigd en niet aan de biologische weefsels. Voor de Nederlandse definiëring van deze 3 begrippen is gebruikgemaakt van de internationale Engelse definities (The glossary of prosthodontic terms, 2005). Retentie ('retention') is de inherente kwaliteit van een prothetische constructie om de krachten te weerstaan die een richting hebben die tegengesteld is aan de inzetricting, met an-

dere woorden: het vermogen tot 'vasthouden'. Resistentie ('resistance') is de eigenschap van een geprepareerd gebitselement die ervoor zorgt dat een daarop functionerende prothetische constructie weerstand biedt aan krachten met een andere richting dan de inzetricting: het vermogen tot weerstand. Retentie draait vooral om trekkrachten, resistentie vooral om druk- en schuifkrachten. Enigszins verwarrend is dat resistentie niet alleen betrekking heeft op de prothetische constructie zelf, maar ook op zijn pijler(s). Voorbeelden van dit laatste zijn een van een kroon voorzien gebitselement dat fractureert en een funderingsrestauratie met wortelstift die loskomt omdat de wortel van het gebitselement breekt. De mechanische belastbaarheid ('ultimate tensile strength') van een prothetische constructie is de grootste kracht die op die constructie kan worden uitgeoefend totdat deze sneuvelt ten gevolge van een fractuur.

In 2 artikelen wordt binnen het thema 'Kronen en bruggen' een overzicht gegeven van de huidige kennis op het gebied van de retentie en de resistentie van de diverse typen kronen en bruggen en van hun belastbaarheid. Dit eerste deel gaat over de retentie en de resistentie en het tweede deel, dat in een latere editie wordt gepubliceerd, behandelt de belastbaarheid van kronen en bruggen (De Baat et al, 2014).

Hoewel een duidelijk verschil bestaat tussen de begrippen retentie en resistentie zijn ze in de praktijk moeilijk van elkaar te scheiden omdat het effect van onvoldoende retentie en onvoldoende resistentie hetzelfde is: de prothetische constructie komt los of er ontstaat (ernstige) schade aan het/de pijlerelement(en) (De Baat et al, 2013b). Retentie en resistentie bieden samen met het toegepaste bevestigingscement weerstand aan loskomen (Kreulen et al, 2013).

Voor het verkrijgen van een goede retentie en resistentie van kronen is een adequate preparatie van de gebitselementen noodzakelijk. Een gebitselement dat, eventueel voorzien van een funderingsrestauratie, gereed is voor het vervaardigen van een kroon wordt aangeduid als een geprepareerd gebitselement. De vorm van het geprepareerde deel van een gebitselement, eventueel inclusief een funderingsrestauratie, wordt aangeduid als de configuratie.

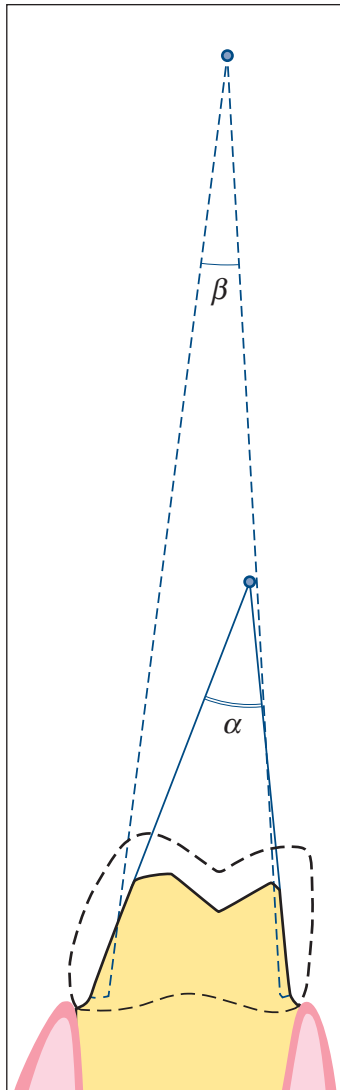
Metaal- en metaal-porseleinkronen

Omdat voor een metaal- of metaal-porseleinkroon in de regel niet-adhesieve bevestigingscementen worden gebruikt, is de retentieve en resistentieve kwaliteit van een geprepareerd gebitselement van groot belang. Deze kwaliteit wordt bepaald door de volgende factoren die samen de configuratie bepalen:

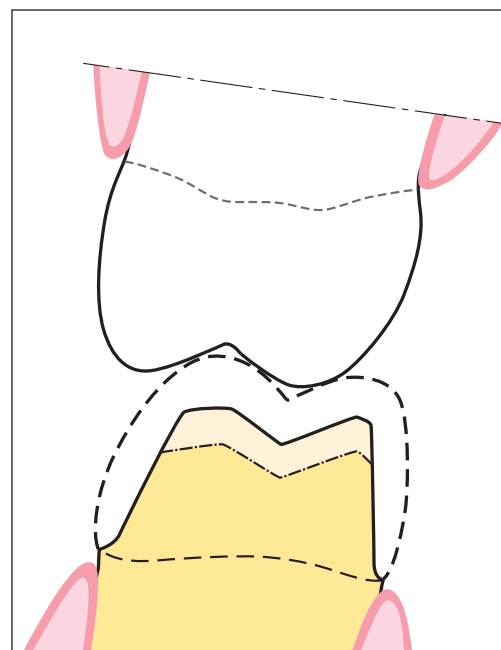
- convergentiehoek ('convergence angle') of coniciteit ('taper');
- hoogte;
- volume;
- interocclusale ruimte;
- vormgeving van het cervicale deel van de configuratie;
- additionele preparaties;
- kwaliteit van een (funderings)restauratie;
- ruwheid van de (geprepareerde) oppervlakken: hoe ruwer, des te beter functioneert het bevestigingscement (Kreulen et al, 2013).

Convergentiehoek

De convergentiehoek is de hoek tussen de raaklijnen van 2 zich tegenover elkaar bevindende geprepareerde vlakken van een gebitselement (afb. 1). Voor de retentie van een metaal- of metaal-porseleinkroon wordt in de literatuur een convergentiehoek van de configuratie geadviseerd van 3 tot 24 graden (Parker et al, 2003). Al bij een convergentiehoek van 12 graden of meer nemen de retentie en resistentie aanzienlijk af (Chan et al, 2004; Bowley et al, 2013). In de praktijk kan dit verlies van retentie en resistentie enigszins worden gecompenseerd met het bevestigingscement (Bowley et al, 2013; Kreulen et al, 2013).



Afb. 1. Schematische weergave van de convergentiehoek die wordt gevormd door de raaklijnen aan het buccale en het linguale vlak van een geprepareerde molaar in de mandibula (α) en tussen 2 retentiegroeven (β).



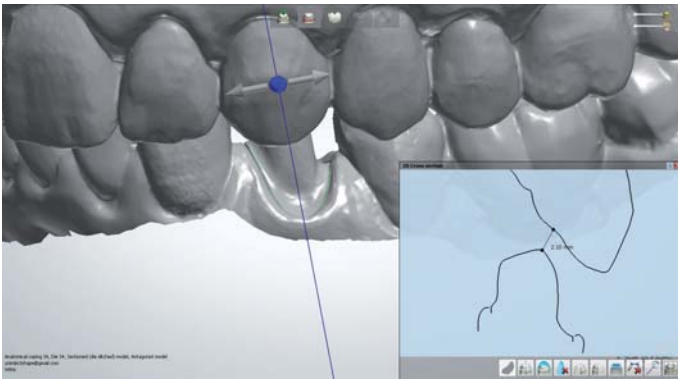
Afb. 2. Schematische weergave van de interocclusale ruimte bij een relatief lage (---) en een relatief hoge (—) configuratie van een voor een kroon geprepareerd gebitselement.

Het prepareren van een gebitselement met een optimale convergentiehoek is niet eenvoudig (Ayad et al, 2005; Aleisa et al, 2013). Bij een onverwachte retrospectieve beoordeling van de gebitsmodellen van door beginnende en gevorderde studenten, docenten en algemeen praktici voor kronen geprepareerde gebitselementen werd onder andere de convergentiehoek beoordeeld. Ongeveer de helft van de geprepareerde convergentiehoeken was groter dan 14 graden. De door de beginnende studenten geproduceerde convergentiehoeken waren gemiddeld statistisch significant groter dan die van de docenten en de algemeen praktici. Dit verschil was niet aanwezig bij het werk van de gevorderde studenten (Patel et al, 2005). Ervaring met prepareren speelt blijkbaar een rol.

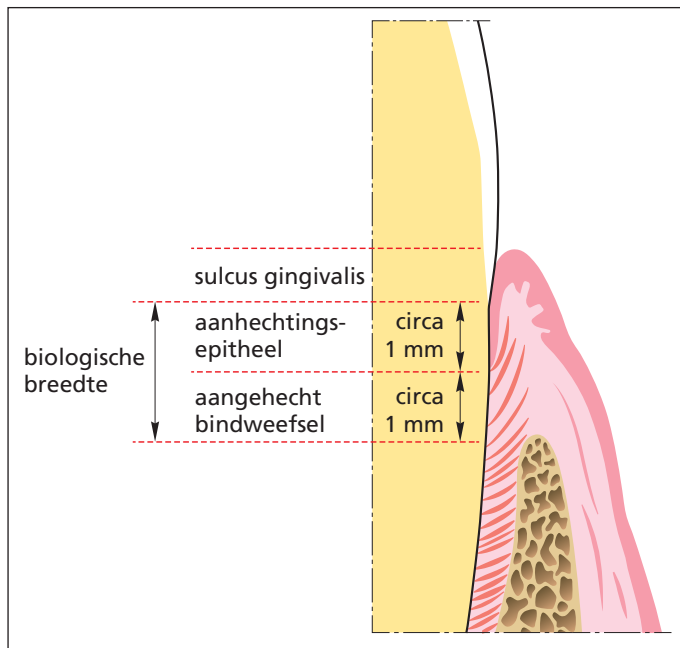
Hoewel wetenschappelijk bewijs ontbreekt, lijkt het vooralsnog een goed advies een convergentiehoek aan te houden van 6 tot 24 graden. Bij een convergentiehoek die kleiner is dan 6 graden bestaat namelijk het risico dat ondersnijdingen over het hoofd worden gezien. Overigens kan het digitaal afdrukken van een geprepareerde gebitselement de controle op onder andere ondersnijdingen vereenvoudigen en na correctie daarvan kan een nieuwe scan worden uitgevoerd (Wiersema et al, 2013). De grote variatie in de geadviseerde convergentiehoek heeft te maken met de morfologie van de diverse typen gebitselementen. Zo kan bij molaren voor de convergentiehoek tussen het mesiale en het distale vlak bijvoorbeeld 6 graden worden aangehouden, terwijl tussen het buccale en het palatinale/linguale vlak een convergentiehoek van 24 graden nodig is om de te vervaardigen kroon binnen de contour van de tandboog te houden.

Hoogte, volume en interocclusale ruimte

Met laboratoriumonderzoeken is aangetoond dat de hoogte en het volume van de configuratie voor een metaal- of metaal-porseleinkroon samen met de grootte van de convergentiehoek invloed hebben op de retentie en de resistentie van een kroon. Zo werden piramidevormige modellen van mandibulaire molaren gemaakt met een basis van 9 mm², variërend in hoogte van 3 tot 5 mm en in convergentiehoek van 4 tot 50 graden. Op deze modellen werd het totale contactoppervlak bepaald. Een verlies van contactoppervlak van 10% of meer werd gevonden tussen hoogten van 3 en 5 mm en tussen hoogten van 4 en 5 mm. De grootste contactoppervlakken ontstonden op configuraties met een hoogte van 5 mm in combinatie met een convergentiehoek tussen 4 en 20 graden (Bowley en Kie-



Afb. 3. Computerbeeld van een gescande configuratie waarbij de interocclusale ruimte wordt beoordeeld.



Afb. 4. Schematische weergave van de biologische breedte en de daarbij betrokken anatomische weefsels en structuren.

ser, 2007). In een ander onderzoek werden geëxtraheerde maxillaire premolaren geprepareerd voor metaalkronen. De configuraties varieerden in hoogte van 2 tot 5 mm. De daarop vervaardigde en gecementeerde metaalkronen kwamen bij gesimuleerde belasting sneller los naarmate de hoogte van de configuratie kleiner was (Leong et al, 2009).

Op grond van mechanische overwegingen is het duidelijk dat de afstand tussen de top van een voor een kroon geprepareerd gebitselement en de antagonistische tandboog invloed heeft op de retentie en resistentie van een kroon. Deze afstand of ruimte wordt de interocclusale afstand of ruimte genoemd ('occlusal clearance' of 'occlusal reduction') (afb. 2). Een kroon op een configuratie met een grote interocclusale ruimte heeft logischerwijze minder resistentie dan een in alle overige opzichten vergelijkbare kroon met een geringe interocclusale ruimte. Met betrekking tot dit aspect kan men ook spreken van de verhouding tussen de hoogte van de configuratie en de interocclusale afstand (afb. 3). Als de interocclusale afstand groter is dan de hoogte van de configuratie is het aanbrengen van additionele preparaties of een funderingsrestauratie het over-

wegen waard, zeker als ook de convergentiehoek groot is. Voor zover na te gaan, is de invloed van de grootte van de interocclusale ruimte als aspect van de retentie en resistentie van kronen niet onderzocht.

Als bij het opstellen van een behandelplan voor een kroon wordt voorzien dat na de preparatie van het desbetreffende gebitselement onvoldoende hoogte resteert voor voldoende retentie en resistentie, kan, afhankelijk van de beschikbare interocclusale ruimte, tot het aanbrengen van een funderingsrestauratie worden besloten (Fokkinga et al, 2013). Mocht de beschikbare interocclusale ruimte daartoe onvoldoende zijn, dan is het ook mogelijk een relatieve verlenging van de klinische kroon uit te voeren (Hempton en Dominici, 2010). Een relatieve verlenging van een klinische kroon is een chirurgische behandeling die als doel heeft het supragingivale deel van een gebitselement om restauratieve of esthetische redenen te vergroten door de marginale gingiva naar apicaal te verplaatsen, zo nodig met opoffering van een deel van het parodontale ligament en het alveolaire bot. Daarbij is het nodig minimaal 3 mm hoogte van de dentogingivale eenheid te handhaven om de biologische breedte te respecteren en daarmee het risico van een chronische ontsteking en retractie van de gingiva te voorkomen. De biologische breedte ('biological width') is de som van de hoogte van het aangehechte bindweefsel en het aanhechtingsepitheel occlusaal van de top van het alveolaire bot. De hoogte van de dentogingivale eenheid is de som van de sulcus gingivalis, het aanhechtingsepitheel en het aangehechte bindweefsel (afb. 4). Voor het handhaven van de biologische breedte kan worden volstaan met een lokale gingivectomie als de sulcus gingivalis diep genoeg is. Mocht dit naar verwachting niet mogelijk zijn, dan moet een lokale flapoperatie worden uitgevoerd met verwijdering van alveolair bot (Hempton en Dominici, 2010; Ganji et al, 2012).

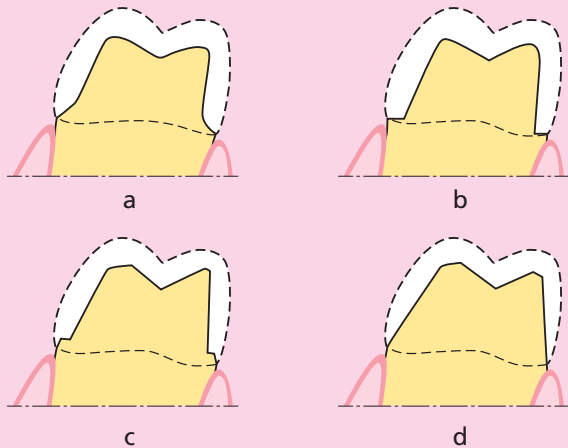
Samenvattend is het wenselijk bij het prepareren van een gebitselement voor een kroon een configuratie aan te houden met een hoogte van ongeveer 5 mm bij een interocclusale afstand die 1,5 tot 2 mm bedraagt. Als de hoogte en het volume van een geprepareerd gebitselement niet toereikend zijn en als deze tekortkoming niet kan worden gecompenseerd met het prepareren van een kleine convergentiehoek of een funderingsrestauratie, dan komt relatieve verlenging van de klinische kroon in aanmerking.

Vormgeving van het cervicale deel van de configuratie

Voor zover bekend, is er slechts 1 laboratoriumonderzoek verricht naar de invloed van de vormgeving van het cervicale deel van de configuratie op de retentie van een kroon. Hierbij werd gekeken naar de retentieve kracht van metaalkronen op configuraties die alleen verschilden in de vormgeving van het cervicale deel van de configuratie, namelijk een chamfer, een schouder en een schouder met een bevel van 45 graden (intermezzo 1). De retentie van de kronen op de 2 groepen configuraties met een cervicale schouder was statistisch significant groter dan die van de kronen op de configuraties met een chamfer (Piemjai, 2001).

Intermezzo 1. Vormgeving van het cervicale deel van een configuratie

De vormgeving van het cervicale deel van de configuratie voor een kroon wordt zowel bepaald door de lokalisering van de preparatiegrens als door het toe te passen materiaal van de kroon. Het doel is een goede randaansluiting van de prothetische constructie mogelijk te maken. De beschikbare mogelijkheden zijn: a. chamfer (holle bevel), b. schouder, c. gebevelde schouder en d. lange bevel.



Een (brede) chamfer kan worden toegepast bij alle typen kronen. Een schouder is geïndiceerd voor keramiekkronen. Voor een metaal-porseleinkroon heeft - als de esthetiek dat toelaat - de gebevelde rechte schouder de voorkeur omdat dun uitgewerkt metaal ter plaatse van de bevel de beste randaansluiting geeft. Een lange bevel is alleen geschikt voor een metalen kroonrand en heeft als nadeel dat vanaf occlusaal de preparatiegrens lastig zichtbaar is.

Additionele preparaties

Additionele preparaties zijn preparaties die voor het vergroten van de retentie en de resistentie van een prothetische constructie worden aangebracht, zoals retentieputten, -groeven en -boxen.

Additionele preparaties bij configuraties voor een volledige kroon zijn amper zinvol, zo bleek uit een laboratoriumonderzoek (Proussaefs et al, 2004). Toch bleek bij weinig retentieve configuraties het aanbrengen van groeven in molaren wel effect te sorteren. De molaren werden in een proefopstelling geprepareerd voor een metaalkroon met een convergentiehoek van 50 graden, een verhouding tussen hoogte en breedte van de configuratie van 0,3 en een cervicale schouder met een breedte van 1 mm. Daarna werden kronen vervaardigd en gecementeerd en hierop werden oplopende trekkrachten uitgeoefend tot ze loskwamen. Tien kronen werden opnieuw gecementeerd, 10 configuraties werden voorzien van 1 retentiegroef en daarna werd een nieuwe kroon vervaardigd en gecementeerd en 10 configuraties werden voorzien van 2 retentiegroeven in tegenover elkaar liggende opstaande vlakken en ook daarna werden nieuwe kronen vervaardigd en gecementeerd. De gecementeerde kronen kwamen bij nagenoeg dezelfde

de trekkracht weer los. Voor de kronen op de configuraties met 2 retentiegroeven waren statistisch significant grotere trekkrachten nodig om ze los te krijgen dan voor de 2 andere groepen kronen (Lu en Wilson, 2008).

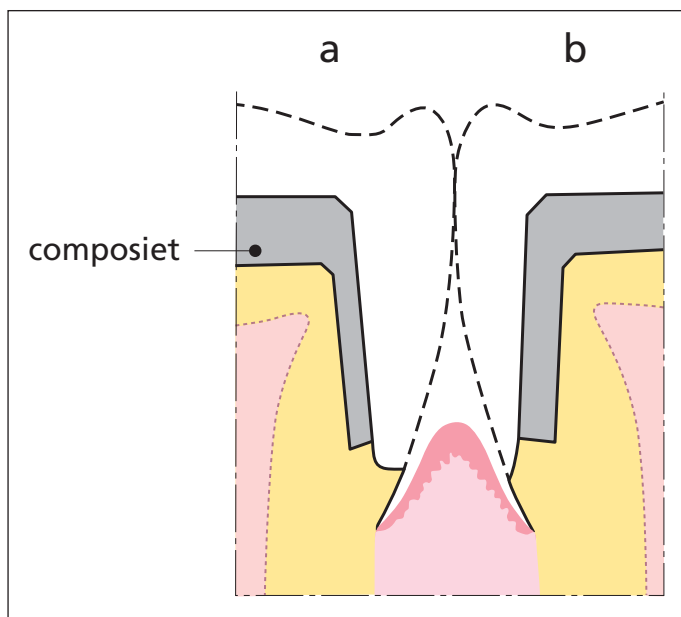
Een ander laboratoriumonderzoek werd uitgevoerd om de meerwaarde van additionele retentiegroeven in de mesiale en distale vlakken van slecht retentieve configuraties te bepalen. Op geprepareerde molaren met als configuratie een convergentiehoek van 22 graden, een hoogte van slechts 3 mm en een chamfer als vormgeving van het cervicale deel van de configuratie vergrootten retentiegroeven in het mesiale en het distale vlak de resistentie van de kronen statistisch significant. Het verkleinen van de convergentiehoek van de totale configuratie tot 4 graden had echter een veel groter effect dan de additionele retentiegroeven (Roudsari en Satterthwaite, 2011). *In vitro* is aangetoond dat additionele groeven enige, maar geen statistisch significante meerwaarde hadden op de retentie van gecementeerde partiële kronen, maar wel statistisch significante meerwaarde op de resistentie (Potts et al, 2004).

Grote funderingsrestauraties van composiet zonder macromechanische retentie en resistentie hebben een verhoogd risico op mislukking vanwege de matige afschuifweerstand van de adhesieve verbinding. De afschuifweerstand kan onder andere worden verbeterd door het aanbrengen van retentiegroeven en/of -boxen die tijdens het vervaardigen van de funderingsrestauratie worden gevuld met het restauratiemateriaal (Fokkinga et al, 2013).

Samenvattend kan worden gesteld dat de matige retentieve en resistentieve kwaliteit van een configuratie voor een metaal- of metaal-porseleinkroon slechts in geringe mate kan worden verbeterd door het aanbrengen van additionele preparaties. Het grootste effect kan worden verwacht van zo lang mogelijke retentiegroeven in tegenover elkaar liggende opstaande vlakken, met een convergentiehoek ten opzichte van elkaar van ongeveer 6 graden en een diepte van 0,5 tot 1,5 mm, afhankelijk van het type gebits-element, en een breedte van ongeveer 1-2 mm. Met 1 of meer groeven kan dus de convergentiehoek kleiner worden gemaakt dan de convergentiehoek van de vlakken waarin de groef/groeven is/zijn aangebracht (afb. 1).

Kwaliteit van een (funderings)restauratie

Een kroon op een configuratie die een meervlaksrestauratie van composiet bevat of die bestaat uit een funderingsrestauratie van composiet heeft een groter risico op loskomen dan een kroon op een configuratie die alleen uit dentine bestaat. Dit is voornamelijk te wijten aan tekortschietende retentie en resistentie door de relatief beperkte afschuifweerstand van composiet tegen dentine. Daarom mag over de (adhesieve) kwaliteit van een dergelijke restauratie als (onderdeel van de) configuratie geen twijfel bestaan. Bij twijfel moet deze tijdens de voorbereidende behandeling worden vervangen, waarbij de afschuifweerstand kan worden vergroot door additionele preparaties of een wortelstift (Fokkinga et al, 2013). Het risico op losko-



Afb. 5. Schematische weergave van configuraties voor een kroon met (a) en zonder (b) een chamfer of schouder. Vanaf occlusaal is bij een subgingivaal geprepareerd gebitselement de resterende (funderings)restauratie, de ferrule en de cervicale preparatierand bij configuratie a beter te beoordelen dan bij configuratie b.

men van een kroon of op het ontstaan van een wortelfractuur wordt kleiner geacht als de configuratie cervicaal een omvatting of ferrule heeft die rondom ten minste 2 mm hoog is en uit gezond dentine bestaat (Stankiewicz en Wilson, 2002; Jotkowitz en Samet, 2010; Juloski et al, 2012). Van approximaal diep cervicaal geprepareerde gebitselementen zijn de ferrule en de kwaliteit van de resterende (funderings)restauratie alsmede de preparatierand beter te beoordelen bij een configuratie met een schouder of een chamfer dan bij een schouder- of chamferloze configuratie (afb. 5).

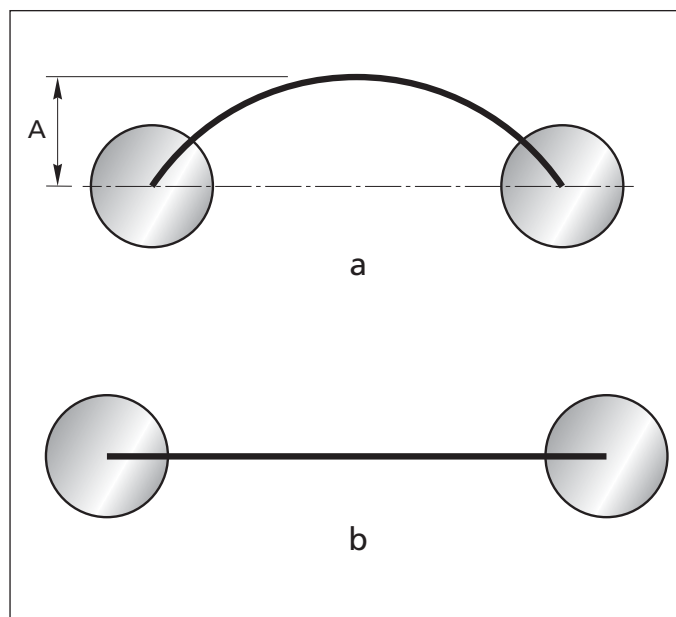
Keramiëkkronen

Keramiëkkronen zijn te onderscheiden in silicaatkeramiëkkronen en oxidekeramiëkkronen.

Silicaatkeramiëkkronen

Partiële en volledige silicaatkeramiëkkronen worden adhesief bevestigd met composietcementen. Belangrijke eigenschappen van composietcementen zijn hun grote druk- en trekweerstand en hun adequate adhesie aan glazuur, dentine en keramiek, op voorwaarde dat de weefsels en materialen correct zijn voorbereid (Kreulen et al, 2013).

De configuratie van een voor een silicaatkeramiëkkroon geprepareerd gebitselement is op enkele punten kenmerkend anders dan die voor een metaal- en metaal-porseleinkroon, namelijk defectgeoriënteerd en niet gericht op macromechanische retentie en resistentie. Ondersnijdingen van de opstaande wanden kunnen worden gehandhaafd en worden opgevuld met compositie. Alle overgangen en hoeken moeten worden afgerond. Voor de dikte van de keramiek is, met uitzondering van de (cervicale) begrenzing, het advies 1,5-2 mm ruimte te creëren.



Afb. 6. Schematische weergave van een brug in een gebogen (a) en een recht (b) deel van het occlusiesysteem. De torsie bij occlusale belasting is mede afhankelijk van de afstand van het brugtussendeel tot de verbindinglijn tussen de pijlerelementen van de brug (A).

Oxidekeramiëkkronen

Van de oxidekeramiëken is het meest voor kronen toegepaste materiaal zirkoniumdioxide met aluminiumoxide op de tweede plaats. Oxidekeramiëkkronen zijn vrijwel niet adhesief te bevestigen omdat zowel zirkoniumdioxide als aluminiumoxide niet goed kan worden geëtsd. Zij zijn dus voor hun retentie en resistentie afhankelijk van een zorgvuldig geprepareerde configuratie. Deze configuratie is op enkele punten kenmerkend afwijkend van de configuratie voor een metaal- en metaal-porseleinkroon. Op basis van ervaring is de minimale interocclusale afstand bij voorkeur 1,5-2 mm en de vormgeving van het cervicale deel van de configuratie een chamfer of schouder met een afgeronde binnenhoek met een breedte van ten minste 0,8 mm. Daarnaast moeten alle interne hoeken en overgangen zijn afgerond.

Op gebitsmodellen gecementeerde zirkoniumdioxidekronen kwamen op configuraties met een hoogte van 4 mm eerder los dan op configuraties met een hoogte van 7 mm. Op configuraties met een convergentiehoek van 20 graden kwamen ze eerder los dan op configuraties met een convergentiehoek van 6 graden (Ersu et al, 2012).

Metaal- en metaal-porseleinbruggen

Voor metaal- en metaal-porseleinbruggen zijn met betrekking tot retentie en resistentie in principe dezelfde factoren van belang als genoemd bij de metaal- en metaal-porseleinkronen: convergentiehoek, hoogte, volume, interocclusale ruimte, vormgeving van het cervicale deel van de configuratie, additionele preparaties, kwaliteit van een (funderings)restauratie en ruwheid van de (geprepareerde) oppervlakken. Voor bruggen zijn er echter extra factoren:

- locatie in het occlusiesysteem;
- aantal pijlerelementen en de configuraties daarvan ten opzichte van elkaar;

- lengte van brugtussendelen;
- lengte van vrij-eindigende brugdelen.

Locatie in het occlusiesysteem

Volgens de wetten van de mechanica heeft een brug in een recht deel van het occlusiesysteem een gunstigere weerstand tegen belasting dan een vergelijkbare brug in een gebogen deel van het occlusiesysteem. Dit komt door torsie bij occlusale belasting die mede afhankelijk is van de afstand van het brugtussendeel tot de verbindingslijn tussen de pijlerelementen van de brug (afb. 6). Daarmee worden aan een brug in een gebogen deel van het occlusiesysteem dus hogere eisen gesteld aan de retentieve en resistentieve kwaliteit van de pijlerelementen. Onderzoek naar de mogelijke verschillen in retentie en resistentie van metaal- en metaal-porseleinbruggen in een recht en een gebogen deel van het occlusiesysteem is voor zover bekend nog niet uitgevoerd.

Aantal pijlerelementen en hun configuraties

De configuraties van de pijlerelementen voor een brug moeten een gezamenlijke inzetting van de brug mogelijk maken. Dat betekent dat soms per pijlerelement concessies moeten worden gedaan met betrekking tot de convergentiehoek. Hoe beter aan de eisen voor de configuratie per pijlerelement kan worden voldaan, des te beter zullen de retentie en de resistentie van een brug zijn.

Als door de lengte van een brugtussendeel wordt verwacht dat de fysiologische belastbaarheid van de pijlerelementen wordt overschreden, is het verstandig meer pijlerelementen te selecteren. Hierdoor wordt de belasting over meer pijlerelementen verdeeld en neemt de stabiliteit van een brug toe. Als wordt verwacht dat de configuraties van de pijlerelementen onvoldoende retentie en resistentie aan de brug zullen bieden, moet de oplossing juist niet worden gezocht in het selecteren van meer pijlerelementen. De zwakste schakel van de brug, het pijlerelement dat de minste retentie en resistentie biedt, is mede bepalend voor de duurzaamheid van de brug. In een dergelijk geval valt relatieve verlenging van de klinische kroon van de pijlerelementen te overwegen. Zelfs moet wellicht de indicatie brug worden heroverwogen en kan het nodig zijn een uitneembare prothetische constructie of misschien een implantaatgedragen brug te indiceren.

Lengte van brugtussendelen

Zoals in de vorige paragraaf aangegeven, is de lengte van een brugtussendeel mede bepalend voor de belasting van de pijlerelementen. Dit impliceert dat een langer brugtussendeel een grotere aanspraak doet op de retentieve en resistentieve kwaliteit van de pijlerelementen. Voor zover bekend is dit nog nooit een onderwerp van wetenschappelijk onderzoek geweest. Wel zijn van een verzekeringsmaatschappij in Zweden de bevindingen met klachtenprocedures over lange brugconstructies bestaande uit minimaal 8 brugdelen gerapporteerd. In een half jaar was de maatschappij betrokken bij 36 klachtenprocedures. Een kwart van de klachtenprocedures ging over het loskomen van de lange

bruggen binnen 2 jaar na plaatsen. De auteurs van de rapportage concludeerden dat dergelijke lange bruggen risico's met zich meebrengen van fractuur van de brug (60%), loskomen van de brug (25%) en fractuur van pijlerelementen (10%) (Öwall en Cronström, 2000).

Vrij-eindigende brugdelen

De lengte van een vrij-eindigend brugdeel is van belang voor de retentie en resistentie van een brug. In het algemeen geldt: hoe langer een vrij-eindigend brugdeel is, des te meer wordt gevraagd van de retentie en resistentie van de brug.

Gedurende een periode van 5 tot 16 jaar werden bij 92 patiënten 115 vrij-eindigende metaal-porseleinbruggen op 239 pijlerelementen gevolgd. Van 8% van de 239 pijlerelementen kwamen de bruggen los en in 63% van de gevallen kwam de brug los van het pijlerelement grenzend aan een vrij-eindigend brugdeel (Hämmerle et al, 2000).

Een systematisch literatuuronderzoek bracht aan het licht dat door pijlerelementen gedragen vrij-eindigende bruggen over een periode van 5 jaar een geschat risico van loskomen hadden van 8,4% (Pjetursson et al, 2007). Hoewel de meeste implantaatgedragen bruggen met schroeven worden bevestigd, zijn er toch ook die met een cement worden bevestigd. Een systematisch literatuuronderzoek naar implantaatgedragen bruggen met een kort vrij-eindigend brugdeel meldde dat over een periode van 5 jaar het geschat risico van loskomen van de met een cement bevestigde bruggen 5,7% was (Aglietta et al, 2009). Nagenoeg hetzelfde resultaat werd gevonden in een recenter uitgevoerd vergelijkbaar systematisch literatuuronderzoek: een geschat risico van loskomen van 5,9% over een periode van 5 jaar (Romeo en Storelli, 2012).

Samenvattend zou men kunnen stellen dat vrij-eindigende brugdelen hoge eisen stellen aan de retentie en resistentie van bruggen. De invloed van de lengte van een vrij-eindigend brugdeel kan tot op zekere hoogte worden gecompenseerd door optimaal retentieve configuraties en door het bevestigingscement.

Keramiekruggen

Voor de retentie en de resistentie van silicaatkeramiek- en oxidekeramiekruggen bestaan dezelfde preparatierichtlijnen als voor silicaatkeramiek- en oxidekeramiekkronen. De bij metaal- en metaal-porseleinbruggen genoemde (extra) factoren die de retentie en resistentie beïnvloeden, zijn eveneens bij keramiekruggen van toepassing, namelijk de locatie in het occlusiesysteem, het aantal pijlerelementen en de configuraties daarvan ten opzichte van elkaar en de lengte van brugtussendelen en van vrij-eindigende brugdelen.

Uit een systematisch literatuuronderzoek bleek dat keramiekruggen op pijlerelementen op een termijn van 5 jaar - afgezien van andere problemen - een geschatte prevalentie van loskomen hebben van slechts 2,3% (Sailer et al, 2007). Een vergelijkbaar onderzoek naar niet-vrij-eindigende metaal-porseleinbruggen op pijlerelementen en

op implantaten kwam voor loskomen uit op respectievelijk 3,3% en 5,7% (Pjetursson et al, 2007).

Adhesiebruggen

Voldoende retentie en voldoende resistentie voor adhesiebruggen worden gerealiseerd door maximale bedekking van het glazuuroppervlak en door het aanbrengen van additionele preparaties gericht op het vergroten van de retentie en de resistentie. Bij frontelementen wordt verticaal afschuiven tegengegaan door een cingulumsteun. Eventueel kunnen meer naar incisaal ook 1 of 2 steunpunten worden geprepareerd, maar de vorm van het palatinale vlak laat een goede preparatie vaak niet toe. Voor pijlerelementen in de zijdelingse delen worden occlusale steunpunten aangebracht in het midden van de randlijsten die grenzen aan het diasteem (Kreulen en Creugers, 2013).

Slotbeschouwing

Retentie en resistentie van kronen en bruggen dienen hetzelfde doel: preventie van loskomen en van (ernstige) schade aan het/de pijlerelement(en). Goede retentie en resistentie kunnen worden bereikt door mechanische en/of adhesieve methoden, waarbij elk type kroon en brug specifieke richtlijnen heeft. Daarbij is het logisch dat elk type kroon en brug een zodanige retentie en resistentie moet hebben dat deze bij de mechanische belasting die optreedt tijdens het uitvoeren van de orale functies en bij eventuele parafuncties niet loskomt. Onder fysiologische condities vindt tijdens kauwen en bijten de grootste mechanische belasting plaats en worden dus de grootste eisen gesteld aan de retentie en resistentie. Deze krachten worden opgevangen door een samenspel van prothetische constructie en pijlerelement en bijbehorende structuren als parodontium en alveolair bot. Of een kroon of een brug door middel van de configuratie(s) en het bevestigingscement in staat is deze krachten op te vangen, is dus mede afhankelijk van de kwaliteit van deze structuren. Van de retentie en resistentie van een kroon of een brug wordt meer gevergd als er een occlusie- en/of articulatiestoornis is. Daarnaast hebben mannen gemiddeld een grotere bijtcracht dan vrouwen, neemt de bijtcracht bij het ouder worden af en is de mechanische belasting groter bij orale bewegingsstoornissen, zoals bruxisme, met navenante consequenties voor het beroep dat op de retentie en resistentie van kronen en bruggen wordt gedaan (De Baat et al, 2013a). Duidelijk is ook dat van de retentie en de resistentie van een vaste prothetische constructie meer wordt gevraagd wanneer deze zich bevindt in een gereduceerd dan in een compleet occlusiesysteem.

Literatuur

- * Aglietta M, Siciliano VI, Zwahlen M, Brägger U, Pjetursson BE, Lang NP, Salvi GE. A systematic review of the survival and complication rates of implant supported fixed dental prostheses with cantilever extensions after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20: 441-451.
- * Aleisa K, Al-Dwairi ZN, Alwazzan K, Al-Moither M, Al-Shammari M, Lynch E. Convergence angles of clinical tooth preparations achieved by dental students at King Saud University, Saudi Arabia. *J Dent Educ* 2013; 77: 1154-1158.
- * Ayad MF, Maghrabi AA, Rosenstiel SF. Assessment of convergence angles of tooth preparations for complete crowns among dental students. *J Dent* 2005; 33: 633-638.
- * Baat C de, Witter DJ, Maarel-Wierink CD van der, Creugers NHJ. Het krachtenspel van kronen en bruggen in het occlusiesysteem, mede in relatie tot het orofaciale systeem. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2013a; 120: 94-101.
- * Baat C de, Loveren C van, Maarel-Wierink CD van der, Witter DJ, Creugers NHJ. Nazorg voor duurzaamheid en profijtelijkheid van kronen en bruggen. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2013b; 120: 411-420.
- * Baat C de, Witter DJ, Meijers CCAJ, Vergoossen ELM, Creugers NHJ. Op kronen en bruggen uitgeoefende krachten en het weerstaan daarvan 2. *Belastbaarheid*. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2014; 121: in druk.
- * Bowley JF, Kieser J. Axial-wall inclination angle and vertical height interactions in molar full crown preparations. *J Dent* 2007; 35: 117-123.
- * Bowley JF, Ichim IP, Kieser JA, Swain MV. FEA evaluation of the resistance form of a premolar crown. *J Prosthodont* 2013; 22: 304-312.
- * Chan DC, Wilson AH jr, Barbe P, Cronin RJ jr, Chung C, Chung K. Effect of preparation convergence on retention and seating discrepancy of complete veneer crowns. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 1007-1013.
- * Ersu B, Narin D, Aktas G, Yuzugullu B, Canay S. Effect of preparation taper and height on strength and retention of zirconia crowns. *Int J Prosthodont* 2012; 25: 582-584.
- * Fokkinga WA, Fennis WMM, Witter DJ, Kreulen CM, Creugers NHJ. Funderingsrestauraties bij uitgebreid weefselverlies van gebitselementen. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2013; 120: 81-90.
- * Ganji KK, Patil VA, John J. A comparative evaluation for biological width following surgical crown lengthening using gingivectomy and osteotomy procedure. *Int J Dent* 2012; 479241.
- * Hämmerle CHF, Ungerer MC, Brägger U, Bürgin W, Lang NP. Long-term analysis of biologic and technical aspects of fixed partial dentures with cantilevers. *Int J Prosthodont* 2000; 13: 409-415.
- * Hempton TJ, Dominici JT. Contemporary crown-lengthening therapy. A review. *J Am Dent Assoc* 2010; 141: 647-655.
- * Jotkowitz A, Samet N. Rethinking ferrule - a new approach to an old dilemma. *Br Dent J* 2010; 209: 25-33.
- * Juloski J, Radovic I, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Ferrule effect: a literature review. *J Endod* 2012; 38: 11-19.
- * Kreulen CM, Creugers NHJ. Adhesiebruggen. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2013; 120: 103-111.
- * Kreulen CM, Wolke JGC, Baat C de, Creugers NHJ. Bevestiging van kronen en bruggen. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2013; 120: 633-640.
- * Leong EWJ, Choon Tan KB, Nicholls JJ, Chua EK, Wong KM, Neo JCL. The effect of preparation height and luting agent on the resistance form of cemented cast crowns under load fatigue. *J Prosthet Dent* 2009; 102: 155-164.
- * Lu PC, Wilson P. Effect of auxiliary grooves on molar crown preparations lacking resistance form: a laboratory study. *J Prosthodont* 2008; 17: 85-91.
- * Öwall B, Cronström R. First two-year complications of fixed partial dentures, eight units or more. Swedish Guarantee Insurance claims. *Acta Odontol Scand* 2000; 58: 72-76.
- * Parker MH, Ivanhoe JR, Blalock JS, Frazier KB, Plummer KD. A tech-

- nique to determine a desired preparation axial inclination. *J Prosthet Dent* 2003; 90: 401-405.
- * Patel PB, Wildgoose DG, Winstanley RB. Comparison of convergence angles achieved in posterior teeth prepared for full veneer crowns. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2005; 13: 100-104.
 - * Piemjai M. Effect of seating force, margin design, and cement on marginal seal and retention of complete crowns. *Int J Prosthodont* 2001; 14: 412-416.
 - * Pjetursson BE, Brägger U, Lang NP, Zwahlen M. Comparison of survival and complications rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported fixed dental prostheses and single crowns (sCs). *Clin Oral Implants Res* 2007; 18 (Suppl. 3): 97-113.
 - * Potts RG, Shillingburg HT jr, Duncanson MG jr. Retention and resistance of preparations for cast restorations. *J Prosthet Dent* 2004; 92: 207-212.
 - * Proussaefs P, Campagni W, Bernal G, Goodacre C, Kim J. The effectiveness of auxiliary features on a tooth preparation with inadequate resistance form. *J Prosthet Dent* 2004; 91: 33-41.
 - * Romeo E, Storelli S. Systematic review of the survival rate and the biological, technical, and aesthetic complications of fixed dental prostheses with cantilevers on implants reported in longitudinal studies with a mean of 5 years follow-up. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23 (Suppl. 6): 39-49.
 - * Roudsari RV, Satterthwaite JD. The influence of auxiliary features on the resistance form of short molars prepared for complete cast crowns. *J Prosthet Dent* 2011; 106: 305-309.
 - * Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hämmerle CHF. A systematic review of the survival and complications rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18 (Suppl. 3): 86-96.
 - * Stankiewicz NR, Wilson PR. The ferrule effect: a literature review. *Int Endod J* 2002; 35: 575-581.
 - * *The glossary of prosthodontic terms*. *J Prosthet Dent* 2005; 94: 10-92.
 - * Wiersema EJ, Kreulen CM, Creugers NHJ. De conventionele en de digitale afdrukmethode voor kronen en bruggen. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2013; 120: 401-410.

Summary

Loading and strength of single- and multi-unit fixed dental prostheses. 1. Retention and resistance

The degree to which single- and multi-unit fixed dental prostheses are able to withstand loading forces is dependent, among other things, on the quality of their retention and resistance. The quality of the retention and resistance of the configuration of an abutment tooth prepared for a metal and metal-ceramic single-unit fixed dental prosthesis is determined by the configuration's convergence angle, the height, the volume, the interocclusal space, the cervical outline design, the additional preparations, the quality of the (build-up) restoration, and the surface roughness. A silicate ceramic single-unit fixed dental prosthesis is attached through adhesion using a composite cement, but the retention and resistance of an oxide ceramic single-unit fixed dental prosthesis is dependent on the abutment tooth configuration. Most types of multi-unit fixed dental prostheses have the following additional retention and resistance determining factors: the position in the occlusal system, the number of abutment teeth and their mutual configurations, and the length of (cantilever) pontics. A resin-bonded fixed partial denture's retention and resistance are determined by its bonding as well as its enamel surface coverage and its resistance preparations.

Bron

C. de Baat, D.J. Witter, C.C.A.J. Meijers, E.L.M. Vergoossen, N.H.J. Creugers
Uit de vakgroep Orale Functieer van het Radboud universitair medisch centrum in Nijmegen

Datum van acceptatie: 20 januari 2014

Adres: prof. dr. C. de Baat, Radboud umc, postbus 9101, 6500 HB Nijmegen
cees.debaat@radboudumc.nl