

University of Groningen

Breuksterkte van verschillende types directe en indirecte restauraties bij het functioneel herstel van endodontisch behandelde molaren

de Kuijper, M C F M; Gresnigt, M M M; van den Houten, M; Haumahu, D; Schepke, U; Cune, M S

Published in:
 Nederlands tijdschrift voor tandheelkunde

DOI:
[10.5177/ntvt.2020.04.19093](https://doi.org/10.5177/ntvt.2020.04.19093)

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version
 Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
 2020

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

de Kuijper, M. C. F. M., Gresnigt, M. M. M., van den Houten, M., Haumahu, D., Schepke, U., & Cune, M. S. (2020). Breuksterkte van verschillende types directe en indirecte restauraties bij het functioneel herstel van endodontisch behandelde molaren. *Nederlands tijdschrift voor tandheelkunde*, 127(4), 245-253. <https://doi.org/10.5177/ntvt.2020.04.19093>

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Breuksterkte van verschillende types directe en indirecte restauraties bij het functioneel herstel van endodontisch behandelde molaren



Samenvatting. De breuksterkte van endodontisch behandelde molaren die met verschillende directe en indirecte materialen waren gerestaureerd, werd *in vitro* onderzocht. Er werden 105 ongerestaureerde, geëxtraheerde molaren endodontisch behandeld en gerandomiseerd in een controlegroep (alleen endodontische opening) en 6 experimentele groepen (n = 15) met restauraties van de volgende materialen: glasvezelversterkt composiet (GVC), microhybride composiet (C), microhybride composiet met glasvezelstift (G-C), volledige lithiumdisilicaatkroon (LDS), volledige lithiumdisilicaatkroon met glasvezelstift (G-LDS) en een endokroon (E). Proefstukken werden thermomechanisch verouderd en axiaal belast totdat breuk optrad. Gegevens werden geanalyseerd via variantieanalyse en de Tukey post hoc-test ($\alpha = 0,05$). De breuksterkte werd significant beïnvloed door het type restauratie ($p = 0,000$). LDS had een significant hogere breuksterkte dan de controlegroep en GVC-, C en G-C. Groepen E, LDS en G-LDS verschilden niet statistisch van elkaar in breuksterkte. Dit gold ook E, G-LDS en alle composietgroepen. De glasvezelversterkte composietrestauratie resulteerde in aanzienlijk minder fatale breuken.

Kuijper MCFM de, Gresnigt MMM, Houten M van den, Haumahu D, Schepke U, Cune MS. Breuksterkte van verschillende types directe en indirecte restauraties bij het functioneel herstel van endodontisch behandelde molaren Ned Tijdschr Tandheelkd 2020; 127: 245-253
doi: <https://doi.org/10.5177/ntvt.2020.04.19093>

LEERDOELEN

Na het lezen van dit artikel kent u de vergelijkende breuksterkten en modus van falen van:

- directe restauraties van glasvezelversterkt composiet, microhybride composiet of microhybride composiet met glasvezelstift
- en de indirecte restauraties: volledige lithiumdisilicaatkroon, volledige lithiumdisilicaatkroon met glasvezelstift of een endokroon.

INLEIDING

Aan de extractie van een endodontisch behandeld gebits-

element ligt vaak (11,2-28,5%) een knobbelfractuur of een verticale wortelfractuur ten grondslag (Zadik et al, 2008; Touré et al, 2011). Het is daarom belangrijk dat de restauratie bijdraagt aan het herstel van de intrinsieke sterkte van een dergelijk endodontisch behandeld gebitselement en beschermt tegen breuk (Dammascchke et al, 2013). De duurzaamheid van die restauratie hangt voornamelijk af van de hoeveelheid resterend tandmateriaal (Fokkinga et al, 2007). De restauratie kan op een directe of indirecte wijze worden vervaardigd. Voor een indirecte procedure met een conventionele kroon wordt een ferrule van ten minste 2 mm geadviseerd. Of een wortelkanaalstift geïndiceerd is, hangt af van de verticale hoeveelheid resterend tandmateriaal (Peroz et al, 2005). Bij molaren zou een en-

WAT WETEN WE?

Endodontisch behandelde gebitselementen zijn gevoelig voor breuk. Restauratie zou moeten leiden tot een breukbestendig tand-restauratiecomplex.

WAT IS NIEUW?

Het gebruik van glasvezelversterkt composiet vergroot in vitro de kans op een reparabele breuk ten opzichte van een conventioneel composiet of een indirecte restauratie.

PRAKTIJKTOEPASSING

Het gebruik van glasvezelversterkt composiet vergroot wellicht de kans op een reparabele breuk bij een endodontisch behandelde molaar.

NTVT ONDERZOEKSBEURS

Het onderzoek van Maurits de Kuijper is mede mogelijk gemaakt dankzij de NTVT onderzoeksbeurs vanuit de Stichting Bevordering Tandheeskundige Kennis.

dokroon hiervoor een adhesief alternatief kunnen zijn (Bindl et al, 2005; Belleflamme et al, 2017). Een endokroon is een monolithische restauratie met retentie in de pulpakamer. Molaren lenen zich daar het beste voor vanwege het grote, potentieel beschikbare hechtoppervlak in de pulpakamer.

In molaren waar geen of slechts 1 coronale wand resteert, moeten tandartsen en patiënten de behandelalternatieven wegen in relatie tot de kosten en de te verwachten duurzaamheid. Indirecte restauraties overstijgen soms de financiële reikwijdte van patiënten, vooral als recentelijk een wortelkanaalbehandeling werd uitgevoerd. Een mogelijk alternatief kan een direct vervaardigde, volledige composietopbouw zijn. Naast de manuele vaardigheid van een tandarts, hebben de polymerisatiekrimp en de mate van

conversie tijdens het polymerisatieproces een invloed op het eindresultaat (Mantri en Mantri 2013). Door glasvezels aan de composiet toe te voegen, kan in theorie de krimp tijdens de polymerisatie worden beperkt, ontstaat een hogere weerstand tegen breuk en treedt er afbuiging van de breuk op. De kans dat een gebitselement na breuk te herstellen is, zou dan groter zijn (Ozsevik et al, 2016).

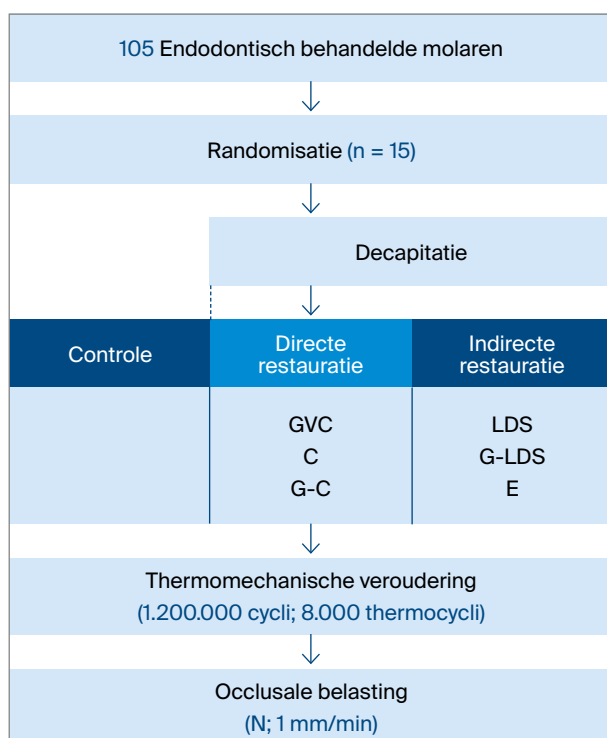
In een systematisch literatuuronderzoek van de Cochrane-groep en een recent systematisch literatuuronderzoek werd geconcludeerd dat meer (klinisch) onderzoek nodig is om directe en indirecte restauraties van endodontisch behandelde gebitselementen te vergelijken (Fedorowicz et al, 2012; Shu et al, 2018). Voor een beter begrip van het mechanisch faalgedrag van endodontisch behandelde gebitselementen moeten verschillende soorten restauraties met elkaar worden vergeleken. In het in dit artikel beschreven *in vitro*-onderzoek werden endodontisch behandelde molaren gerestaureerd met verschillende directe en indirecte methoden met of zonder een wortelkanaalstift. De nulhypothese was dat er geen verschil bestond in gemiddelde breuksterkte en de wijze van falen tussen de verschillende onderzoeksgroepen.

MATERIAAL EN METHODE

Er werden 105 gawe geëxtraheerde derde molaren geïncludeerd (n = 15 per groep). Ze werden 1 mm onder de glazuur-cementgrens ingebed en gedurende het experiment in gedestilleerd water bewaard. Alle gebruikte materialen staan vermeld in tabel 1.

Wortelkanaalbehandeling en randomisatie

Na endodontische opening werden alle wortelkanalen geprepareerd tot werklengte. Guttaperchastiffen werden gecementeerd, afgebrand tot 1 mm onder de kanaalingang en bedekt. De caviteit werd gerestaureerd met behulp van een driestaps ets-en-spoeladhesiefsysteem en een microhybride composiet volgens de instructies van de fabrikant.



Afb. 1. Overzicht van de verschillende studiegroepen.

BEGRIPPENLIJST

- GVC Glasvezelversterkt composietrestauratie
- C Microhybride composietrestauratie
- G-C Microhybride composietrestauratie met glasvezelstift
- LDS Lithiumdisilicaatkronen
- G-LDS Volledige lithiumdisilicaatkroon met glasvezelstift
- E Endokroon

De composiet werd in laagjes aangebracht en telkens 20 seconden gepolymeriseerd.

Na de wortelkanaalbehandeling werden de gebitselementen willekeurig toegewezen aan een controlegroep (geen verdere behandeling) of aan 1 van de 6 onderzoeksgroepen (n = 15) (zie afb. 1 en 2). Een 3D-scan en een putty-afdruk werden vervaardigd voor het digitaal ontwerp van de restauratie. Vervolgens werden de gebitselementen gedecapiteerd tot 1 mm boven de glazuur-cementgrens om een klinisch *worst case scenario* na te bootsen en om de conventionele preparatievorm (2 mm ferrule, waarbij geen dentine aanwezig is na preparatie) te vergelijken met de adhesieve rehabilitatie (waarbij het glazuur intact blijft). Hierna werden de gebitselementen onmiddellijk gerestaureerd.

Directe restauraties

Na het decapiteren werd de pulpkamer geprepareerd tot een diepte van 4 mm. In de groep glasvezelversterkt composiet (GVC) werd met behulp van de putty-mal een 1 mm dikke wand geconstrueerd met een microhybride composiet. Het centrale deel (coronaal van de pulpkamer) en de pulpkamer werden laagsgewijs gerestaureerd in lagen van 2 mm met behulp van een glasvezelversterkt composiet en 20 seconden gepolymeriseerd. De glasvezelversterkte composiet werd volledig bedekt met een microhybride composiet. Glycerinegel werd aangebracht om de zuurstofinhibitie laag uit te blokken en de opbouw werd 40 seconden aanvullend uitgehard.

In de groep microhybride composiet (C) werd hetzelfde proces gevolgd, maar werd alleen een microhybride composiet gebruikt.

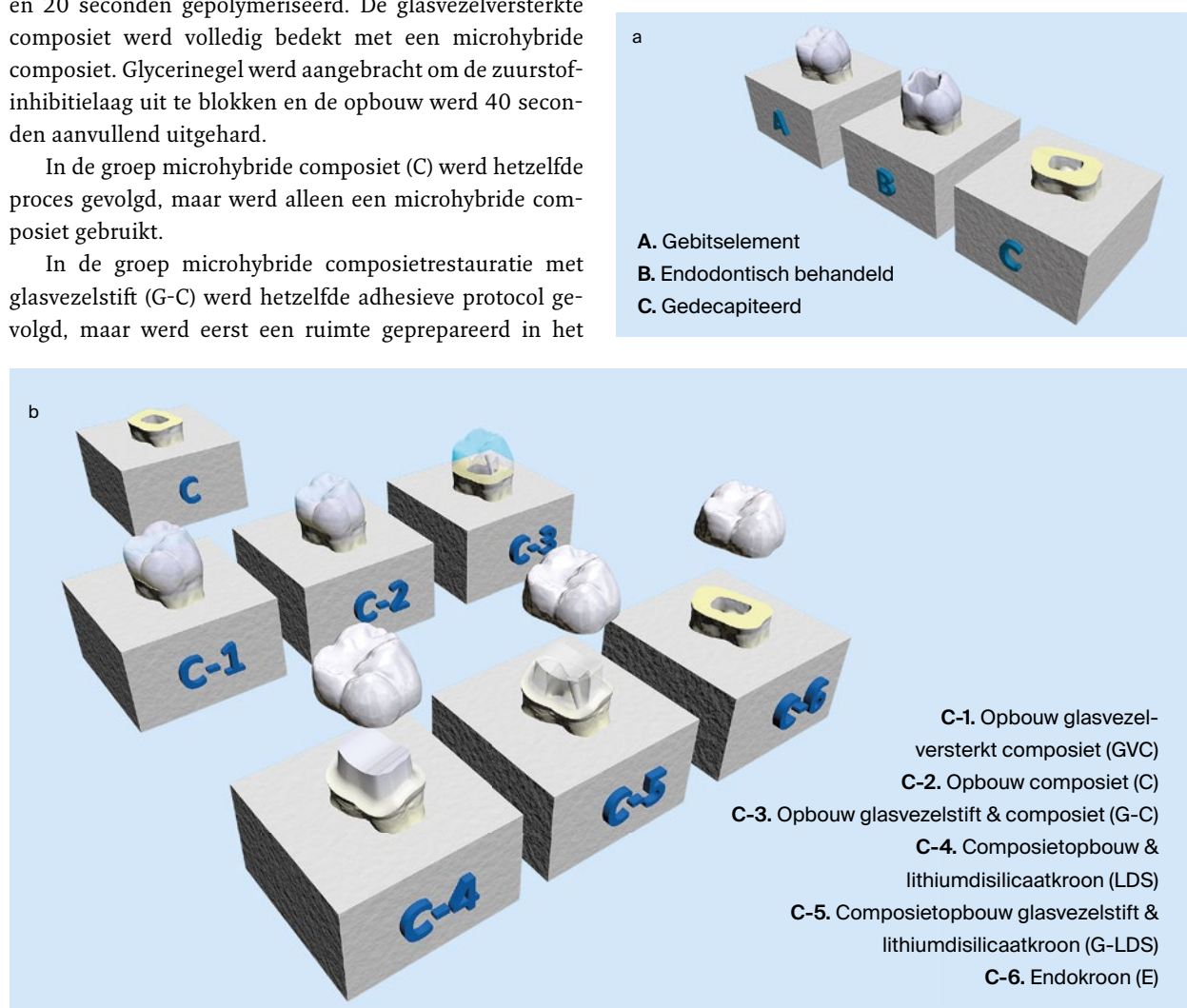
In de groep microhybride composietrestauratie met glasvezelstift (G-C) werd hetzelfde adhesieve protocol gevolgd, maar werd eerst een ruimte geprepareerd in het

grootste kanaal ten behoeve van een glasvezelstift. Er werd 4 mm guttapercha apicaal als afdichting *in situ* gelaten. De stift werd gesiliciseerd en gesilaniseerd gedurende 60 seconden. De stift werd geplaatst met een duaalhardend composietcement en 1 mm onder het occlusievlak ingekort. De gebitselementen werden vervolgens met hetzelfde materiaal hersteld als in de C-groep.

Indirecte restauraties

Decapitatie en preparatie werd uitgevoerd zoals beschreven in paragraaf 'Directe restauraties'. Voor de groep lithiumdisilicaatkronen (LDS) werd een composietopbouw gemaakt zoals beschreven voor groep C. Voor de groep G-LDS werd een wortelkanaalstift geplaatst en een opbouw gemaakt zoals beschreven voor groep G-C. Nu werden de gebitselementen in de groepen LDS en G-LDS voorbereid voor een volledige lithiumdisilicaat kroon met een chamferpreparatie en een ferrule van 2 mm in gezond tandweefsel. De occlusale afname was 1,5 mm.

De restauraties voor de LDS- en G-LDS-groep werden door middel van een digitale werkwijze ontworpen en gefreesd. Een tijdelijke restauratie werd bevestigd. Na 2 weken werd de tijdelijke voorziening verwijderd en de composietopbouw gesiliciseerd, gevolgd door 15 seconden



Afb. 2. Alle stappen van restaureren en de verschillende onderzochte restauratietypes in dit onderzoek (a-b).

den etsen van het totale oppervlak met fosforzuur. Primer werd gedurende 20 seconden aangebracht op het dentine en de opbouw werd 60 seconden gesilaniseerd. Een gevulde bonding werd aangebracht maar nog niet uitgehard.

Het interne oppervlak van de kroon werd 20 seconden geëts met 4,9% waterstoffluoridezuur, gevolgd door grondig spoelen en 5 minuten ultrasoon reinigen. Hierna werd het geëtsde oppervlak 60 seconden gesilaniseerd. Dezelfde bonding werd aangebracht op het interne oppervlak van de kroon. Vervolgens werd de kroon geplaatst met een verwarmd microhybride composiet. Er werd glycerinegel aangebracht voorafgaand aan polymerisatie, 90 seconden per kant (occlusaal, buccaal en linguaal).

Voor groep met de lithiumdisilicaat endokroon (E) werd de pulpakamer geprepareerd zoals beschreven in de paragraaf 'directe restauraties'. *Immediate dentin sealing* (IDS, intermezzo 1) werd aangebracht door het dentine 15 seconden te etsen, schoon te spoelen en 20 seconden een primer in te wrijven. Een gevulde bonding werd alleen op het dentine geapplied en gedurende 20 seconden gepolymeriseerd, waarna dun-vloeidend composietmateriaal werd aangebracht. Ten slotte werd alles gedurende 40 seconden belicht onder glycerinegel. De tijdelijke voorziening, het frezen en bevestigen van de endokronen werd uitgevoerd conform de LDS- en G-LDS-groepen.

Veroudering, breuktest en modus van falen

Alle proefstukken werden thermomechanisch verouderd in de kauwsimulator SD Mechatronik CS-4.8), overeenkomstig 5 jaar klinisch functioneren. De molaren werden daarvoor axiaal belast met 50 N door een keramische bol die de antagonist simuleerde (1,2 x 106 cycli; 1,7 Hz). Tegelijkertijd doorliepen de gebitselementen 8.000 thermische cycli (5-55° C; 30 seconden). Na veroudering werden de gebitselementen gecontroleerd op slijtage en breuken met behulp van een vergroting van 10 keer onder een operatiemicroscop. Daarna werden ze belast met een 8 mm kogel loodrecht op het occlusievlak, totdat breuk optrad (1 mm/min). Alle breuken werden microscopisch geanalyseerd bij een vergroting van 40 keer en onderverdeeld in restaureerbare en niet-restaureerbare breuken. Restaureerbare breuken werden gedefinieerd als breuken die niet zouden resulteren in het verlies van het gebitselement en verder gespecificeerd als:

INTERMEZZO 1. IMMEDIATE DENTIN SEALING (IDS)

Bij *immediate dentin sealing* (IDS) wordt direct na het prepareren van het dentine de adhesieflaag aangebracht. Dit resulteert in een betere hechting dan wanneer het dentine op de dag van cementatie wordt voorbehandeld. Na het aanbrengen van IDS wordt de preparatie afgedrukt voor de indirecte restauratie.

Binnen dit onderzoek werd ervoor gekozen alle glas-keramische restauraties te cementeren met lichthardend composiet. Lichthardend composiet heeft betere mechanische eigenschappen dan een duaalhardend composietcement. Daarnaast is de overmaat eenvoudig te verwijderen door de dikkere consistentie.

- breuk in de restauratie;
- breuk van de restauratie en falen van de hechting;
- gecombineerde breuk van de restauratie en het gebitselement tot maximaal 1 mm onder de oorspronkelijke outline.

Niet-restaureerbare breuken zouden leiden tot extractie van het gebitselement werden geclassificeerd als:

- breuk verder dan 1 mm onder de oorspronkelijke outline;
- wortelfractuur.

Representatieve breuken van elke categorie werden gesputter-coat met een 3-nm dikke laag van 80% goud en 20% palladium (90 s, 45 mA) en geanalyseerd met behulp van elektronenmicroscopie.

Statistische analyse

Na verificatie van normaalverdeling en homogeniteit van variantie werd een *oneway* ANOVA verricht met de breuksterkte als de afhankelijke en het type restauratie als de onafhankelijke variabele. Een post-hoc-analyse werd uitgevoerd met behulp van de Tukey-test. Om de faalmodus tussen de groepen te vergelijken, werd een Fisher-Freeman-Halton Exact-test uitgevoerd. Een p-waarde < 0,05 werd als statistisch significant beschouwd in alle genoemde testen. De resultaten werden geanalyseerd met behulp van het statistisch software pakket IBM SPSS 24.

Groep	n	Gemiddelde	± sd	Minimum	Maximum	95% betrouwbaarheidsinterval
Controle	15	1.890	± 774 ^a	599	3.223	1.461-2.318
GFRC	15	1.823	± 911 ^a	808	4.384	1.318-2.327
C	15	2.192	± 752 ^a	852	3.715	1.775-2.609
CP	15	1.830	± 590 ^a	993	2.896	1.504-2.157
LDS	15	3.217	± 1.052 ^b	1.644	4.976	2.635-3.800
P-LDS	15	2.697	± 665 ^{ab}	867	3.621	2.323-3.065
E	15	2.425	± 993 ^{ab}	1.092	4.997	1.875-2.976

^a, ^bImpliceert dat er geen statistisch significant verschil tussen de groepen bestaat.

Tabel 2. Gemiddelde breuksterkte (Newton)^a.

	Restaureerbaar falen			Niet-restaureerbaar falen	
	Cohesieve breuk kroon	Cohesieve breuk kroon + adhesieve falen	Cohesive breuk kroon en breuk gebitselement	Breuk > 1 mm onder CEJ	Wortelfractuur
Controle	4			1	10
GVC	3	3	4	4	1
C	1				14
G-C	1			3	11
LDS	1	3	1	1	9
G-LDS	2	2	1		10
E		1	2	1	11

Tabel 3. Modus van falen.

RESULTATEN

Alle exemplaren overleefden het thermomechanische verouderingsproces. Een overzicht van de resultaten van de breuksterkte is weergegeven in tabel 2. De breuksterkte werd significant beïnvloed door het type restauratie ($F [6, 98] = 5,89, p = 0,000, \omega = 0,47$). Post-hoc-analyse liet zien dat er een significant verschil was tussen groep LDS (3.217 ± 1.052 N) enerzijds en de controlegroep (1.890 ± 774 N; $p = 0,001, d = 1,44$), GVC (1.823 ± 911 N; $p = 0,000, d = 1,42$), C (2.192 ± 752 N; $p = 0,018, d = 1,12$) en G-C (1.830 ± 590 N; $p = 0,000, d = 1,63$) anderzijds. Er werden geen significante verschillen gevonden tussen de groepen LDS, G-LDS (2.697 ± 665 N) en E (2.425 ± 993 N).

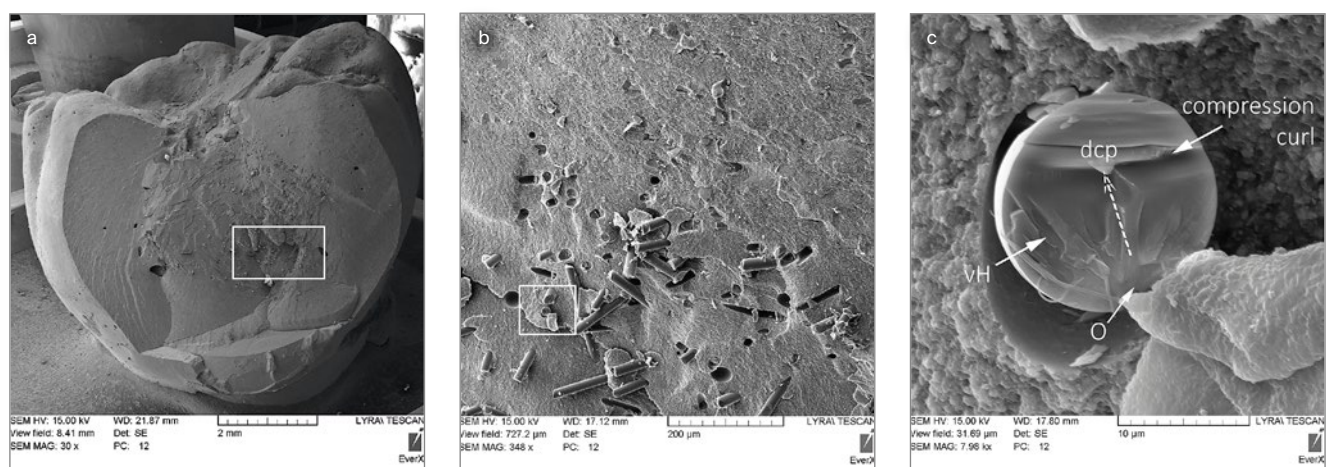
Tabel 3 toont de verschillende breuktypen per groep. Er was een statistisch significant verband tussen de manier van falen en het type restauratie ($p = 0,005$; tweezijdig). De kansen op een reparabele breuk bij gebruik van GVC was respectievelijk 4, 5, 4, 8 en 28 keer hoger dan voor de volledige kronen, de controlegroep, de endokroon en de andere composietgroepen. Afbeeldingen 3 en 4a t/m c tonen elektronenmicroscopbeelden van representatieve molaren uit dit onderzoek. In GVC-groep is een afbuiging van de breuk

vanuit het centrum zichtbaar (afb. 3a). Afbeelding 4d toont aan dat er verlies van hechting optrad tussen het dentineoppervlak en de IDS-laag, terwijl de IDS-laag, composiet en de keramiek nog steeds aan elkaar gehecht zijn.

DISCUSSIE

Het doel van dit onderzoek was de invloed van het type restauratie op de breuksterkte en de wijze van falen van ernstig verzwakte endodontisch behandelde molaren te onderzoeken. De hypothese dat het type restauratie geen invloed zou hebben op de breuksterkte moet worden verworpen. De LDS-groep vertoonde een significant hogere gemiddelde breuksterkte dan de controlegroep en de directe restauraties. Maar zelfs na thermomechanische veroudering waren alle soorten restauraties bestand tegen de gemiddelde kauwkracht bij de mens, variërend van 600 tot 900 N (Cosme et al, 2005; Varga et al, 2011). Dit komt overeen met andere onderzoeken (Plotino et al, 2008; Magne et al, 2014; Gresnigt et al, 2016).

Slechts in enkele onderzoeken werd de breuksterkte onderzocht van endodontisch behandelde molaren die werden geresatureerd met knobbelvervangende directe com-



Afb. 3. Elektronenmicroscopbeelden van een volledige GVC restauratie (a) (30 x vergroting): deflectie van de breuk vanuit het centrale deel van het gebitselement is evident. Detailopname (b) van de glasvezelversterkte microhybride composiet-interface (348 x vergroting). Korte glasvezels zijn in verschillende richtingen georiënteerd, waardoor ze functioneren als spanningsonderbreker en de kracht afleiden. Detail (c) van een gebroken glasvezel laat zien waar de breuk begon (bok O), de richting van scheurpropagatie (dcp) en diverse *velocity hackles* (vH) (980 x vergroting). Het fractureren van een keramiek ontstaat door een inwerkende kracht bij een punt wat 'de oorsprong' wordt genoemd. Deze kracht wordt in het materiaal doorgegeven en leidt verderop tot kleine lijnen, zogenoemde *velocity hackles*.

Gebruikt in groep	Merk	Type	Chemische samenstelling	Leverancier	Batch nummer
GVC, C, G-C, LDS, G-LDS, E	Ultra-etch	Etsgel	35% fosforzuur	Ultradent, St Louis, MO, USA	D080, L090, K021, F080, T031
GVC, C, G-C, LDS, G-LDS, E	Optibond FL	Bonding-systeem	- Primer: 2-hydroxyethylmethacrylaat, glycerofosfaat dimethacrylaat, phthalic#zuur monomethacrylaat, ethanol, water, foto-initiator - Adhesief: triethyleenglycol dimethacrylaat, urethaan dimethacrylaat, glycerofosfaat dimethacrylaat, 2-hydroxyethylmethacrylaat, bisphenol-A glycidyl dimethacrylaat, vuldeeltjes, foto-initiator	Kerr, Orange, CA, USA	6286025 6113545
C, G-C, LDS, G-LDS	Clearfill APX Posterior A3	Microhybride composiet	Bisphenol-A glycidyl dimethacrylaat, tri-ethyleenglycol dimethacrylaat, gesilaniseerde bariumglas deeltjes, gesilaniseerde silica deeltjes, gesilaniseerd colloïdaal silica, dl-camphorquinone	Kuraray, Okayama, Japan	2E0706
G-C, G-LDS	RelyX vezelstift	Glasvezelstift	Glasvezels (80% tot 90%), kunststof matrix (10% tot 20%)	3M ESPE, St Paul, MN, USA	56860
GVC	GC EverX Posterior	Glasvezelversterkt composiet	Glasvezels, barium boro#silicaat glasdeeltjes, bisphenol-A glycidyl dimethacrylaat, triethyleenglycol dimethacrylaat, PMMA, mix camphorquinone	GC EUROPE, Leuven, Belgium	1609082
GVC	GC Essentia Universal	Microhybride composiet	Strontium glasdeeltjes, ianthanoid fluoride, FALSi glas, fumed silica, geëthoxylerd bisphenol-A dimethacrylate	GC EUROPE, Leuven, Belgium	160727A
E	Tetric EvoFlow A3	Flowable composiet	Dimethacrylaat, barium glasdeeltjes, ytterbium trifluoride, silicodioxide, gemengde zurrstof en copolymeren, toevoegingen, catalysatoren, stabilisatoren, pigmenten	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	W05639
G-C, LDS, G-LDS, E	Cojet sand	Blasting particles#	Aluminiumtrioxide deeltjes gecoat met silica, deeltjesgrootte: 30 µm	3M ESPE, St Paul, MN, USA	442859
LDS, G-LDS, E	IPS Ceramic Etching Gel	Etsgel voor composiet	< 5% hydrofluoridezuur	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	V23918
LDS, G-LDS, E	Monobond Plus	Silane coupling agent	Ethanol, 3-trimethoxysilylpropylmethacrylaat, gemethacrylateerd fosforzuur ester	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	T45804
G-C, G-LDS	Clearfill DC Core Plus Dentin	Duaalhardend composiet	- A Pasta: bisphenol-A glycidyl dimethacrylaat, hydrofoob aliphatic# dimethacrylaat, hydrofiel aliphatic# dimethacrylaat, hydrofoob aromatisch dimethacrylaat, gesilaniseerde barium glasdeeltjes, gesilaniseerd colloïdaal silica, colloïdaal silica, dl-camphorquinone, initiatoren, pigmenten - B Pasta: tri-ethyleenglycol dimethacrylaat, hydrofiel aliphatisch dimethacrylaat, hydrofoob aromatisch dimethacrylaat, gesilaniseerd barium glasdeeltjes, gesilaniseerd colloïdaal silica, aluminiumoxide vuldeeltjes, versnellers	Kuraray, Okayama, Japan	000029
LDS, G-LDS, E	IPS e.max CAD HT A3	Lithiumdisilicaat glaskeramiek	97% silicium#dioxide, aluminiumoxide, fosforpentoxide, kaliumoxide, natriumoxide, calciumoxide, fluoride, 3% titaniumdioxide en pigmenten, water, alcohol, chloride	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	V31667, U51707, S04180

Tabel 1. Merk, type, chemische samenstelling, leverancier en batch nummers van de gebruikte materialen.

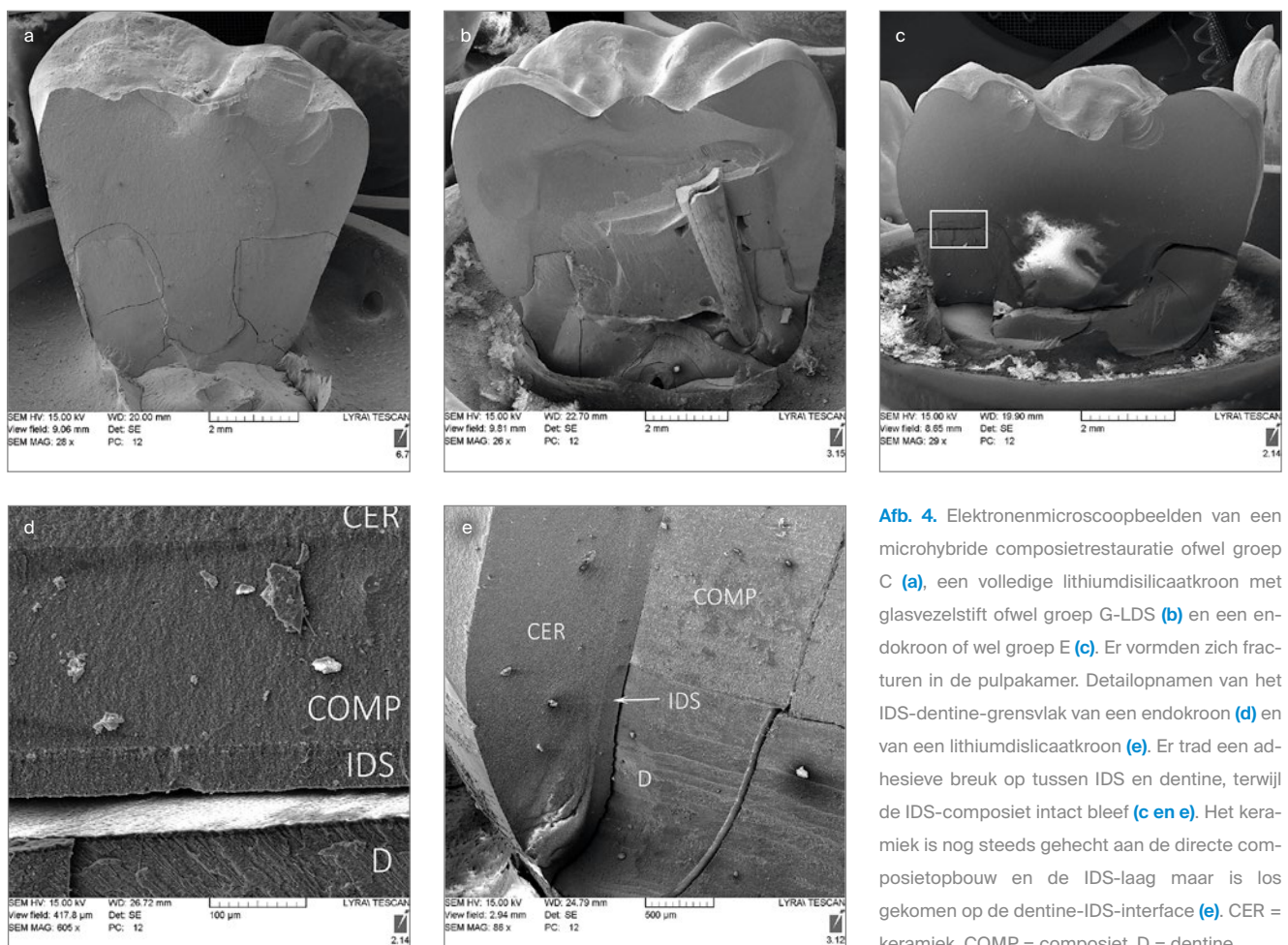
posietrestauraties, maar hier werden de gebitselementen niet onderworpen aan enige vorm van veroudering (Salameh et al, 2006; Plotino et al, 2008). Salameh et al (2006) rapporteerden breuksterktes van respectievelijk 677 ± 21 en 833 ± 180 N voor directe composietrestauraties met en zonder toepassing van een glasvezelstift. In het onderzoek van Plotino et al (2008), waarbij de breuksterkte van uitgebreide directe composietrestauraties zonder wortelkanaalstift werd onderzocht, was de breuksterkte 1.421 ± 320 N. De breuksterktes gevonden in het hier beschreven onderzoek waren vergelijkbaar of hoger, hoewel de molaren thermomechanisch verouderd werden om 5 jaar klinisch functioneren te simuleren. Een mogelijke verklaring zou het gebruik van een hooggevuld microhybride composietmateriaal (70% volume, 86% gewicht vulbelasting) kunnen zijn. Slechts in 1 ander onderzoek werd de breuksterkte onderzocht van endodontisch behandelde molaren die waren hersteld met vezelversterkt composiet (2.251 ± 586 N) (Ozsevik et al, 2016).

De gemiddelde breuksterkte van de endokronen in het hier beschreven onderzoek was vergelijkbaar met die van endokronen zoals gerapporteerd door Gresnigt et al (2016) onder axiale belasting (2.428 ± 566 N). In het *in vitro*-onderzoek van Hamdy (2015) werd geen significant verschil in gemiddelde breuksterkte aangetoond bij volledige kronen met glasvezelstift en endokronen van lithiumdisilicaat op endodontisch behandelde molaren (respectievelijk

1.076 ± 132 en 989 ± 109 N).

Zowel voor de directe composiet (C/G-C) als voor de lithiumdisilicaatgroep (LDS/G-LDS) heeft het gebruik van een wortelkanaalstift niet geleid tot een hogere breuksterkte. Dit is in overeenstemming met verschillende andere onderzoeken (Fokkinga et al, 2005; Salameh et al, 2006; Biacchi en Basting, 2012). Lithiumdisilicaat endokronen presteerden statistisch significant beter dan een volledige lithiumdisilicaatkroon met een composietopbouw en glasvezelstift (675 ± 159 versus 470 ± 130 N) (Biacchi en Basting, 2012).

Voor de hypothese dat het type restauratie geen effect zou hebben op de faalmodus, tonen de resultaten aan dat de GVC-groep aanzienlijk meer restaureerbare breuken vertoonde, dus de hypothese moet worden verworpen. Een reden hiervoor zou de afbuiging van de breuk kunnen zijn, waaraan de glasvezels in het composiet bijdragen door hun verschillende oriëntatie (zie afb. 3b) (Ozsevik et al, 2016). Bovendien lijken glasvezels veel stress te absorberen, zoals in dit onderzoek bleek uit de *velocity hackles* in afbeelding 3c (Scherrer et al, 2006). Een breuk in de GVC-restauratie kan worden hersteld door het composietoppervlak te zandstralen, te silaniseren (60 seconden) en vervolgens te restaureren. Daarentegen vertoonden de groepen C, G-LDS en E breuken in de pulpakamer, resulterend in niet-restaureerbare breuken (afb. 4a-c). Spanning in de directe composiet herleidt stress tot het worteldentine, wat ook



Afb. 4. Elektronenmicroscopbeelden van een microhybride composietrestauratie ofwel groep C (a), een volledige lithiumdisilicaatkroon met glasvezelstift ofwel groep G-LDS (b) en een endokroon ofwel groep E (c). Er vormden zich fracturen in de pulpakamer. Detailopnamen van het IDS-dentine-grensvlak van een endokroon (d) en van een lithiumdisilicaatkroon (e). Er trad een adhesieve breuk op tussen IDS en dentine, terwijl de IDS-composiet intact bleef (c en e). Het keramiek is nog steeds gehecht aan de directe composietopbouw en de IDS-laag maar is los gekomen op de dentine-IDS-interface (e). CER = keramiek, COMP = composiet, D = dentine.

in computermodellen is bevestigd (Barcelos et al, 2017). Zelfs in vergelijking met de controlegroep, die slechts een kleine klasse I-restauratie had, was de kans op restaureerbare breuken van gebitselementen uit de GVC-groep 5,4 keer hoger. Hieruit kan worden afgeleid dat glasvezelversterkt composiet wellicht een interessant materiaal kan zijn om de kans op overleving van het gebitselement na een breuk te vergroten.

Het gebruik van een glasvezel wortelkanaalstift resulteerde niet in gunstigere fracturen voor G-C (slechts 1 restaureerbare breuk). Dit is strijdig met de bevindingen van Salameh et al (2006), die 100% restaureerbare breuken constateerden wanneer een glasvezelstift aanwezig was. Een verklaring voor dit verschil kan zijn dat in het hier beschreven onderzoek de gebitselementen bij veel zwaardere belasting fractureerden. Voor de volledige lithiumsilicaatkronen resulteerde het gebruik van een glasvezelstift niet tot meer restaureerbare breuken. Dit was ook het geval in het onderzoek van Magne et al (2014).

Zoals wordt geïllustreerd in afbeelding 4d blijkt de hechting aan het dentine, die na fractuur van de restauratie aan grote trekkrachten bloot staat, nog steeds de zwakste schakel.

Verskillende factoren beïnvloeden de breuksterkte, zoals de richting van de kracht, de snelheid waarmee wordt belast en de manier waarop het substraat is verankerd in de proefsopstelling (Plotino et al, 2008). Sommige onderzoekers adviseren het parodontale ligament te simuleren (Soares et al, 2005). Omdat echter het risico bestaat dat het materiaal dat daarvoor wordt gebruikt, mee zou verouderen tijdens het proces van thermisch-mechanisch belasten, werd daarvan in dit experiment afgezien. De belasting was gericht langs de as van het gebitselement, wat lijkt op de richting van de krachten in de mond. Tijdens de normale functie staan restauraties echter bloot aan vermoeidheidsbelasting. Dit werd gesimuleerd met behulp van een kauwsimulator. Geschat wordt dat tijdens de normale functie de maximale totale belasting van gebitselementen varieert tussen 71 en 146 N (Anderson, 1956). In dit onderzoek werd een belasting van 50 N gehanteerd tijdens het verouderen, wat dus mogelijk aan de lage kant was. Rosentritt et al (2009) stelden daarentegen dat 1,2 x 10⁶ keer 50 N voldoende kan zijn om de overlevingskans *in vivo* te ramen. In toekomstig onderzoek zou een cyclische belasting een meer realistische simulatie van de klinische werkelijkheid kunnen zijn.

Vanuit klinisch oogpunt is het belangrijk om na te denken over de gevolgen van het aanbrengen van een ferrule op sterk mechanisch gecompromitteerde gebitselementen: glazuur om aan te hechten gaat daarmee mogelijk verloren en chirurgische kroonverlenging is vaak noodzakelijk. Adhesieve bevestiging van restauratiematerialen wordt daarmee dus bemoeilijkt, wat de breuksterkte van de glaskeramik vermindert. Meer klinisch onderzoek zal nodig zijn om de bevindingen uit het hier beschreven onderzoek te toetsen aan de klinische werkelijkheid.

CONCLUSIE

Binnen de beperkingen van dit *in vitro*-onderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- Onder axiale belasting vertoont een directe composietrestauratie in een molaar een vergelijkbare breuksterkte als een composiet stiftopbouw met een lithiumdisilicaatkroon en een endokroon.
- Een endokroon, adhesief gecementeerd op een preparatie met IDS, is hier even sterk als een volledige lithiumdisilicaatkroon die gecementeerd wordt over een composietopbouw, al dan niet ondersteund met een glasvezelstift.
- Het gebruik van een glasvezel wortelkanaalstift heeft geen invloed op de breuksterkte van gerestaureerde endodontisch behandelde molaren.
- Het gebruik van glasvezelversterkt composiet - in molaren - leidt onder deze experimentele omstandigheden tot minder fatale breuken.

LITERATUUR

- * Anderson D. Measurement of stress in mastication. I. J Dent Res 1956; 35: 664-670.
- * Barcelos L, Bicalho A, Verissimo C, Rodrigues MP, Soares CJ. Stress distribution, tooth remaining Strain, and fracture resistance of endodontically treated molars restored without or with one or two fiberglass posts And direct composite resin. Oper Dent 2017; 42: 646-657.
- * Belleflamme MM, Geerts SO, Louwette MM, et al. No post-no core approach to restore severely damaged posterior teeth: An up to 10-year retrospective study of documented endocrown cases. J Dent 2017; 63: 1-7.
- * Biacchi G, Basting R. Comparison of fracture strength of endocrowns and glass fiber post-retained conventional crowns. Oper Dent 2012; 37: 130-136.
- * Bindl A, Richter B, Mörmann WH. Survival of ceramic computer-aided design/manufacturing crowns bonded to preparations with reduced macrorotation geometry. Int J Prosthodont 2005; 18: 219-224.
- * Cosme DC, Baldisserotto SM, Canabarro S de A, Shinkai RSI. Bruxism and voluntary maximal bite force in young dentate adults. Int J Prosthodont 2005; 18: 328-332.
- * Dammaschke T, Nykiel K, Sagheri D, Schäfer EI. Influence of coronal restorations on the fracture resistance of root canal-treated premolar and molar teeth: A retrospective study. Aust Endod J 2013; 39: 48-56.
- * Fedorowicz Z, Carter B, de Souza RF, Chaves CA, Nasser M, Sequeira-Byron P. Single crowns versus conventional fillings for the restoration of root filled teeth. Cochrane Database Systc Rev 2012; 5: CD009109.
- * Fokkinga WA, Le Bell AM, Kreulen CM, Lassila LV, Vallittu PK, Creugers NH. Ex vivo fracture resistance of direct resin composite complete crowns with and without posts on maxillary premolars. Int Endod J 2005; 38: 230-237.
- * Fokkinga WA, Kreulen CM, Bronkhorst EM, Creugers NHJ. Up to 17-year controlled clinical study on post-and-cores and covering crowns. J Dent 2007; 35: 778-786.
- * Gresnigt MMM, Özcan M, van den Houten MLA, Schipper L, Cune MSI. Fracture strength, failure type and Weibull characteristics of lithium disilicate and multiphase resin composite endocrowns under axial and lateral forces. Dent Mater 2016; 32: 607-614.

- * Hamdy A. Effect of full coverage, endocrowns, onlays, inlays restorations on fracture resistance of endodontically treated molars. *J Dent Oral Health* 2015; 1: 1-5.
- * Magne P, Carvalho A, Bruzi G, Anderson RE, Maia HP, Giannini MI. Influence of no-ferrule and no-post buildup design on the fatigue resistance of endodontically treated molars restored with resin nanoceramic CAD/CAM crowns. *Oper Dent* 2014; 39: 595-602.
- * Mantri SP, Mantri SS. Management of shrinkage stresses in direct restorative light-cured composites: a review. *J Esthet Restor Dent* 2013; 25: 305-313.
- * Ozsevik AS, Yildirim C, Aydin U, Culha E, Surmelioglu D. Effect of fibre-reinforced composite on the fracture resistance of endodontically treated teeth. *Aust Endod J* 2016; 42: 82-87.
- * Peroz I, Blankenstein F, Lange K-P, Naumann MI. Restoring endodontically treated teeth with posts and cores - a review. *Quintessence Int* 2005; 36: 737-746.
- * Plotino G, Buono L, Grande NM, Lamorgese V, Somma FI. Fracture resistance of endodontically treated molars restored with extensive composite resin restorations. *J Prosthet Dent* 2008; 99: 225-232.
- * Rosentritt M, Behr M, van der Zel JM, Feilzer AJI. Approach for valuating the influence of laboratory simulation. *Dent Mater* 2009; 25: 348-352.
- * Salameh Z, Sorrentino R, Papacchini F, et al. Fracture resistance and failure patterns of endodontically treated mandibular molars restored using resin composite with or without translucent glass fiber posts. *J Endod* 2006; 32: 752-755.
- * Scherrer SS, Quinn JB, Quinn GD, Kelly JRI. Failure analysis of ceramic clinical cases using qualitative fractography. *Int J Prosthodont* 2006; 19: 185-192.
- * Shu X, Mai Q-Q, Blatz M, Price R, Wang XD, Zhao K. Direct and indirect restorations for endodontically treated teeth: a systematic review and meta-analysis, iaad 2017 consensus conference paper. *J Adhes Dent* 2018; 20: 183-194.
- * Soares CJ, Pizi EC, Fonseca RB, Martins LR. Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. *Braz Oral Res* 2005; 19: 11-16.
- * Touré B, Faye B, Kane AW, Lo CM, Niang B, Boucher Y. Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: a prospective study. *J Endod* 2011; 37: 1512-1515.
- * Varga S, Spalj S, Lapter Varga M, Anic Milosevic S, Mestrovic S, Slaj M. Maximum voluntary molar bite force in subjects with normal occlusion. *Eur J Orthod* 2011; 33: 427-433.
- * Zadik Y, Sandler V, Bechor R, Salehrabi R. Analysis of factors related to extraction of endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 106: e31-e35.

SUMMARY

Fracture strength of various types of direct and indirect restorations in the functional repair of endodontically treated molars

The fracture strength of endodontically treated molars restored by means of various types of direct and indirect materials was studied *in vitro*. 105 sound molars were endodontically treated and randomly assigned to 1 control group (endodontic access cavity only) and 6 experimental groups ($n = 15$) with restorations of the following materials: glass fibre reinforced composite (GFRC); microhybrid composite (C); microhybrid composite restoration with glass fiber post (CP); full-contour lithium disilicate crown

(LDS); full-contour lithium disilicate crown with glass fiber post (P-LDS); and an endocrown (EC). Specimens were thermo-mechanically aged and axially loaded until failure. Data were analysed using ANOVA and Tukey's post hoc test ($\alpha = 0.05$). Fracture strength was significantly affected by the type of restoration ($p = 0.000$). LDS had significantly higher fracture strength than the control group and GFRC, C and CP groups. Groups EC, LDS and P-LDS were not statistically different from each other in fracture strength. This was also the case with EC, P-LDS and all composite groups. The glass fibre strength of composite restoration resulted in significantly fewer fatal fractures.

AUTEURSINFORMATIE

M.C.F.M. de Kuijper¹, M.M.M. Gresnigt^{1,2}, M. van den Houten¹, D. Haumahu¹, U. Schepke¹, M.S. Cune^{1,3,4}

Uit 'de Expertisegroep Restauratieve Tandheelkunde en Biomaterialen van de Universiteit Groningen/UMC Groningen/ Centrum voor Tandheelkunde en Mondzorgkunde (CTM) in Groningen, ²het Centrum voor Bijzondere Tandheelkunde van het Martini Ziekenhuis in Groningen, ³de afdeling Mondziekten, Kaak- en Aangezichtschirurgie en Bijzondere Tandheelkunde van het Universitair Medisch Centrum Utrecht en ⁴de afdeling Mondziekten, Kaak- en Aangezichtschirurgie en Bijzondere Tandheelkunde van het St. Antonius ziekenhuis in Nieuwegein

Datum van acceptatie: 11 februari 2020

Adres: M.C.F.M. de Kuijper, CTM, Antonius Deusinglaan 1, 9713 AV Groningen

m.c.f.m.de.kuijper@umcg.nl

DANKWOORD

Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein), GC (Leuven, België) en Sirona (Bensheim, Duitsland) worden bedankt voor het kosteloos beschikbaar stellen van een deel van de materialen die in dit onderzoek zijn gebruikt. Tandtechnisch laboratorium Kwalident wordt bedankt voor het sinteren van de indirecte restauraties.

VERANTWOORDING

Dit artikel is een bewerking van het artikel: de Kuijper M, Gresnigt M, van den Houten M, Haumahu D, Schepke U, Cune MS. Fracture strength of various types of large direct composite and indirect glass ceramic restorations. *Oper Dent* 2019; 44: 433-442.