



Het effect van een glasvezelversterkte composietopbouw op de fractuurweerstand en het faalgedrag van endodontisch behandelde premolaren

Een in vitro studie

Tandheelkunde - Radboudumc

Auteur

E.A.C. van Mossevelde

Adres: Berg en Dalseweg 26, 6521JG Nijmegen

Telefoonnummer: 06-28293980

Email: elinevanmossevelde@hotmail.com

Geboortedatum: 13-07-1994

Begeleider

Mw. Dr. W.A. Fokkinga

Wietske.fokkinga@radboudumc.nl

Inhoud

1	Dankwoord.....	4
2	Samenvatting.....	5
3	Summary	6
4	Inleiding	7
4.1	Achtergrond	7
4.1.1	Kwetsbaarheid van avitale gebitselementen	7
4.1.2	De toepassing van wortelstiften	7
4.1.2.1	Vezelstiften	8
4.1.3.	Vezelversterking in de kroon	9
4.1.3.1	Vezels verwerkt in composiet	10
4.1.3.2	De horizontale vezelstift	10
4.1.3.3	Vezelversterking op de preparatiebodem.....	10
4.1.3.4	Vezelversterking in het occlusale vlak.....	11
4.1.3.5	Gebruik van een vezelstift met extra coronale vezelversterking.....	12
4.1.4	In vitro studies met vezelversterking in de kroon	13
4.2	Vraagstelling	13
4.3	Doel en hypothesen.....	13
5	Materiaal en methoden.....	15
5.1	Poweranalyse	15
5.2	Vorbereiding van de samples	15
5.3	Endodontische behandeling	17
5.4	Restauratie.....	17
5.5	Mechanische belasting	21
5.6	Statistiek.....	21
6	Resultaten.....	22
6.1	Fractuurweerstand.....	22
6.2	Faalgedrag	24
7	Discussie	27
7.1	Reflectie op de methode.....	27
7.2	Resultaten fractuurweerstand.....	29
7.3	Resultaten faalgedrag	31
7.4	Klinische relevantie	33
7.5	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	33
8	Conclusie.....	34
9	Referentie lijst.....	35

10	Bijlage 1 In vitro studies met vezelversterking in de kroon.....	38
11	Bijlage 2 Tukey's post-hoc test.....	41
12	Bijlage 3 Alternatieve definities faalgedrag.....	43

1 Dankwoord

Graag wil ik mij door middel van dit dankwoord richten tot iedereen die geholpen heeft met de totstandkoming van mijn masterscriptie. Bijzondere dank gaat uit naar mijn begeleidster, mw. Dr. Fokkinga, voor de uitstekende begeleiding tijdens het gehele proces. Ik waardeerde uw kritische blik, inzicht en adviezen die mij altijd vooruit hebben geholpen. Ik had mij geen betere begeleiding kunnen wensen. Daarnaast wil ik dhr. Ruben en dhr. Martens bedanken voor de prettige begeleiding in het onderzoekslab. De vele uren die ik heb doorgebracht op de prekliniek waren niet mogelijk geweest zonder alle baliemedewerksters van de prekliniek. Bedankt voor uw toegankelijkheid en het beschikbaar stellen van de materialen. Tenslotte wil ik mijn dank betuigen naar Franciska Breukel, die eerder vergelijkbaar onderzoek deed en bij wie ik altijd terecht kon voor nuttig advies.

2 Samenvatting

Probleemstelling. De fractuurweerstand van elementen neemt na weefselverlies en endodontische behandeling af.

Doel en hypothesen. Onderzoeken van het vitro effect van glasvezelversterking op de fractuurweerstand en het faalgedrag van endodontisch behandelde bovenpremolaren. Hypothese: vezelversterkte elementen hebben geen hogere fractuurweerstand, maar tonen meer frequent ‘gunstige’ fracturen.

Materiaal en methoden. 96 humane bovenpremolaren werden geselecteerd waarvan de klinische kronen tot 1,5 mm occlusaal van de glazuurcementgrens werden verwijderd. Alle elementen werden endodontisch behandeld en gerandomiseerd verdeeld over acht groepen (n=12). Groep 1: volledige composietopbouw. Groep 2: vezelmat in het occlusale deel van de composietopbouw. Groep 3: vezelmat op de preparatiebodem onder de composietopbouw. Groep 4: vezelstift 10 mm (0 mm in composietopbouw). Groep 5: vezelstift 12 mm (2 mm in composietopbouw). Groep 6: vezelstift 12 mm, occlusale vezelmat. Groep 7: vezelstift 10 mm, vezelmat op de preparatiebodem. Groep 8: vezelstift 10 mm, occlusale vezelmat. Alle elementen werden onderworpen aan thermocycling (5-55°C, 1.000x) en werden statisch belast totdat fractuur optrad. De resultaten van de gemiddelde fractuurweerstand werden vergeleken aan de hand van one-way ANOVA en de Tukey's post-hoc test. Het faalgedrag werd geanalyseerd door middel van een Logistische Regressie.

Resultaten. Binnen de groepen zonder een vezelstift is de fractuurweerstand van elementen met een occlusale vezelmat significant lager dan die van de groep zonder vezelmat (p-waarde 0,004) of een vezelmat op de preparatiebodem (p-waarde 0,046). Groep 1 (niet vezelversterkt) had een significant hogere fractuurweerstand dan de groepen 4 en 8 met een vezelstift van 10 mm. De aanwezigheid van een vezelmat in het occlusale deel van de composietopbouw leidde tot het significant vaker optreden van een gunstige fractuur ten opzichte van de elementen zonder vezelmat.

Conclusie. De toepassing van glasvezelversterking in de vorm van een glasvezelstift leidt niet tot een significant hogere fractuurweerstand. De toepassing van een glasvezelmat in het occlusale deel zorgt voor een significant lagere fractuurweerstand, maar resulteert significant vaker in een gunstige fractuur.

3 Summary

Statement of problem: The fracture resistance of teeth decreases after tooth structure loss and endodontic treatment.

Aim and hypotheses: Evaluate the in vitro effect of fiber reinforcement on the fracture resistance and failure mode of endodontically treated maxillary premolars. Hypothesis: the fracture resistance of fiber reinforced teeth is not higher; however, the fracture mode is more favorable.

Material and methods: 96 human maxillary premolars were selected, and the clinical crowns were removed up to 1,5 mm from the CEJ. All teeth were endodontically treated and were randomized divided in eight groups (n=12). Group 1: composite resin. Group 2: fiber layer in the occlusal surface of the composite resin. Group 3: fiber layer under the composite resin. Group 4: fiber post 10 mm (0 mm in composite resin). Group 5: fiber post 12 mm (2 mm in composite resin). Group 6: fiber post 12 mm, occlusal fiber layer. Group 7: fiber post 10 mm, fiber layer under the composite resin. Group 8: fiber post 10 mm, occlusal fiber layer. After thermocycling (5-55°C, 1.000x), a compressive force was applied until fracture. Data of the mean fracture resistance was analyzed using one-way ANOVA and Tukey's post-hoc test. The failure modes were analyzed with logistic regression.

Results: In between the groups without fiber posts, the fracture resistance of teeth with an occlusal fiber layer is significant lower relative to the group without fiber layer (p 0,004) or a fiber layer under the restoration (p 0,046). The fracture resistance of group 1 (no fiber reinforcement) was significant higher than groups 4 and 8 with a fiber post of 10 mm. The use of a fiber layer in the occlusal surface resulted in significant more favorable fractures than in teeth without a fiber layer.

Conclusion: The presence of a fiber post does not result in a significant higher fracture resistance. The use of a fiber layer in the occlusal surface leads significant more frequently in a favorable fracture. However, it results in a significant lower fracture resistance.

4 Inleiding

4.1 Achtergrond

4.1.1 Kwetsbaarheid van avitale gebitselementen

Gebitselementen met een pulpa infectie ten gevolge van een gevorderd cariësproces worden frequent behandeld door middel van een endodontische behandeling om de infectie te elimineren. De prognose van het element na de endodontische behandeling hangt af van de afwezigheid van infectie in het kanaal en de coronale en apicale afsluiting. Daarnaast speelt de manier waarop de funderingsrestauratie het element beschermt tegen het optreden van ongunstige fracturen een grote rol. Lange tijd dacht men dat de biomechanische eigenschappen van dentine veranderen door verwijdering van de pulpa. Er werd beweerd dat het dentine brosser zou worden en dat de trek- en buigsterkte verloren zouden gaan door uitdroging van het element. De oorzaak van het optreden van een fractuur werd daarom veelal toegeschreven aan het verlies van de pulpa. Uit onderzoek is echter gebleken dat de opoffering van tandweefsel van grotere invloed is op het verhoogde fractuurrisico van endodontisch behandelde elementen (28). Door het prepareren van de coronale opening ten behoeve van de endodontische behandeling gaat tandweefsel verloren waardoor de structurele integriteit wordt aangetast. Doordat de horizontale verbinding in de kroon ontbreekt door het verwijderen van het pulpadak is het fractuurrisico van deze elementen hoger dat van vitale elementen (12, 16, 22). Daarnaast is uit klinisch onderzoek gebleken dat de fracturen bij endodontisch behandelde elementen vaker een ongunstig verloop hebben. In bijna 40% van de gevallen eindigt de fractuur subgingivaal onder de glazuur-cementgrens en in sommige gevallen zijn de elementen niet meer te repareren (10). De kans op het ontstaan van een fractuur wordt bepaald door verschillende factoren, onder andere door de hoeveelheid verloren harde weefsels, de aanwezige ferrule en het gebruikte materiaal voor het vullen van een wortelkanaal en de opbouw (22). Het achterwege blijven van een adequate restauratie is dan ook één van de oorzaken van het verloren gaan van gebitselementen na endodontische behandeling (28). Echter blijft dit na uitgebreid weefselverlies een uitdaging. Er resteert vaak weinig tandweefsel wat een nadelige invloed heeft op de retentie van de toekomstige funderingsrestauratie (12).

4.1.2 De toepassing van wortelstiften

In gevallen waar te weinig retentie voor een funderingsrestauratie aanwezig is, kan een wortelstift een uitkomst bieden. Bij het indiceren van een wortelstift moet echter rekening gehouden worden met intern weefselverlies dat gepaard gaat met het prepareren van de ruimte voor het plaatsen van een wortelstift. De consequentie hiervan is dat het kanaal verwijdt wordt, waardoor de resterende wortelwanden dunner worden en daardoor het fractuurrisico toeneemt (28). Uit sommige studies is dan ook gebleken dat wortelstiften het risico op ontstaan van wortelfracturen en perforaties kan doen toenemen indien de stiftpreparatie ten opzichte van de worteldiameter te groot is (6). Het is daarom raadzaam de wortelstift

louter te indiceren wanneer het werkelijk vereist is voor de retentie en resistentie van de opbouw en niet ter versterking van de tandwortel. Molaren bieden vaak al voldoende retentie aan een funderingsrestauratie door het resterende weefsel, waardoor een stiftindicatie vaak niet gegrond is. Daarentegen kan dit onvoldoende zijn bij eenwortelige gebitselementen en kan een wortelstift meer houvast creëren voor de opbouw (12).

Wortelstiften zijn in verschillende soorten verkrijgbaar, waaronder de metalen stiften en vezelstiften. Uit klinisch onderzoek blijkt dat de levensduur van prefab metalen stiften en vezelstiften geen verschil laat zien in de vijfjaars- (6) en zevenjaarsoverleving (26) bij bekroonde elementen. Metalen en keramische wortelstiften hebben echter een meer ongunstige elasticiteitsmodulus dan koolstof- en glasvezelstiften. Hierdoor zijn ze minder goed bestand tegen vermoeiingsbelasting, wat een ongunstige spanningsverdeling in het worteldentine en daarmee een grotere kans op een onherstelbaar wortelfractuur tot gevolg kan hebben. Metalen stiften kunnen daarnaast, in tegenstelling tot de glasvezelstift, een ongunstig effect hebben op de esthetiek wanneer ze doorschemeren (9, 28). Samen met het risico op corroderen van (niet-edele) metalen stiften gaat daarom de voorkeur uit naar het gebruik van een glasvezelstift (28). Dit is één van de vele soorten bestaande vezelstiften en wordt tegenwoordig het meest gebruikt (9).

4.1.2.1 Vezelstiften

Naast dat vezelstiften de krachtenabsorptie bevorderen doordat ze een vergelijkbare elasticiteitsmodulus als dat van worteldentine hebben, kunnen ze de geabsorbeerde krachten gelijkmatiger verdelen over de wortel, wat van essentieel belang is bij verzwakte wortels (22). Bovendien is gebleken dat de toepassing van een vezelstift de marginale lekkage via een randspleet vermindert, doordat bij krachtenbelasting wordt voorkomen dat delen van het tandweefsel te veel ongunstig bewegen ten opzichte van elkaar (1).

Bij het indiceren van een vezelstift zijn meerdere factoren bekend die van invloed kunnen zijn op het functioneren van de stift. Eén daarvan is de hoeveelheid restdentine. Uit een meta-analyse van klinische studies is gebleken dat endodontisch behandelde elementen met een vezelstift frequenter falen indien er géén opstaande dentinewanden meer aanwezig zijn. In die gevallen treden meer fracturen van de stiftopbouw en funderingsrestauratie op en gaat de hechting aan tandweefsel sneller verloren (29). Een systematische review van klinische studies heeft ook onderzoek gedaan naar het effect van het resterende dentine op het functioneren van een vezelstift. Hieruit is gebleken dat volledig bekroonde avitale elementen zonder stiftopbouw een hoger fractuurrisico hebben dan elementen met vezelstift bij de aanwezigheid van minder dan drie resterende dentinewanden. Het risico op zowel een supra- als subgingivaal fractuur is dan groter. Een vezelstift blijkt geen significant effect te hebben op de

fractuurweerstand van bekroonde elementen wanneer er drie of vier resterende wanden aanwezig zijn (30).

Naast het resterende dentine blijkt de lengte van de vezelstift ook van invloed te zijn op de fractuurweerstand van avitale elementen. Uit in vitro onderzoek is gebleken dat een glasvezelstift met een lengte van 10 mm voor een significant hogere fractuurweerstand zorgt dan een 5 mm lange glasvezelstift. In deze studie werden centrale bovenincisieven gebruikt waarbij de klinische kroon tot 2 mm boven de glazuurcementgrens werd verwijderd. De afname van fractuurweerstand bij een kortere stiftlengte wordt toegewijd aan het feit dat een langere stift, door de vergelijkbare elasticiteitsmodulus met dat van dentine, een meer gelijkwaardige krachtenverdeling heeft. Een ander nadeel van een kortere stift is een groter risico op het ontstaan van ongunstige fracturen. Doordat de krachtenabsorptie afneemt door het verlies van stiftvolume, worden de krachten naar de dunne kwetsbare delen van het tandweefsel geleid en treden meer cervicale wortelfracturen op (15). Daarentegen heeft een korte stift het voordeel dat een groter deel van de wortelkanaalvulling resteert, waardoor een goede apicale afsluiting wordt gehandhaafd.

4.1.3. Vezelversterking in de kroon

Het gebruik van vezelversterking heeft naast de toepassing voor wortelstiften een breder indicatiegebied gekregen binnen de tandheelkunde. Om gebitselementen na endodontische behandeling te beschermen kan gebruik gemaakt worden van vezelversterking in de klinische kroon. Om de sterkte van deze vezelversterkte materialen te bevorderen wordt, net als bij composieten, gestreefd naar een hoog vulstofvolume. Dit bedraagt maximaal 45% vezels, omdat bij een hoger percentage de vezels niet meer individueel worden omgeven door matrix. Een ander belangrijke component voor de sterkte van de constructie is de hechting van de vezels aan composiet. Om deze hechting te bevorderen kunnen bij gebruik van glasvezels, de vezels worden gesilaniseerd (9).

Eén van de redenen dat gekozen wordt voor vezelversterking is dat een funderingsrestauratie van composiet met het bijbehorende bondingssysteem mogelijk niet in alle situaties voldoende is om de mechanische weerstand van een element te herstellen. De adhesieve opbouw heeft een hogere elasticiteitsmodulus vergeleken met dat van dentine en glazuur, waardoor het spanningsniveau in het cervicale deel van een element hoog is. Door middel van 3D analyse is recentelijk ontdekt dat dit verlaagd kan worden door het resterende tandmateriaal mechanisch te verbinden met een glasvezelversterkte composietband. Deze band werd in dit onderzoek om de klinische kroon van een endodontisch behandelde molaar met MOD (mesiaal-occlusaal-distaal) restauratie gewikkeld (8). Daarnaast kan door middel van vezelversterking de buigweerstand van composiet worden verhoogd. Deze is namelijk laag in vergelijking tot metaal, wat een beperking vormt voor constructies met grote

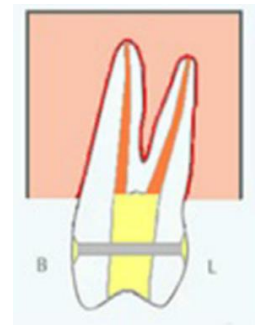
buigkrachten. Om die reden wordt steeds vaker gekozen voor versterking met vezels, waardoor vergelijkbare fysische eigenschappen worden verkregen als dat van dentine en de krachtenverdeling wordt verbeterd (17, 22).

4.1.3.1 Vezels verwerkt in composiet

Een voorbeeld van vezelversterking in de klinische kroon is de verwerking van vezels in het composietmateriaal. Uit in vitro onderzoek is gebleken dat de verwerking van kleine vezelsplinters in composiet een gunstiger effect heeft op de fractuurweerstand in vergelijking met horizontale vezelschijven of langgerekte vezelstroken. De vezeloriëntatie bij gebruik van vezelsplinters heeft een isotroop karakter en een meer homogene verdeling van vezels, waardoor de hechting aan de matrix gunstiger is. Echter treden bij gebruik van horizontale vezelschijven meer gunstige fracturen op doordat het mogelijk voor een betere schokabsorptie zorgt (27). Een voorbeeld van een nieuw soort vezelversterkt composiet is everX posterior (GC Corporation, Tokyo, Japan), bestaande uit korte vezels met een willekeurig oriëntatie. Recentelijk is gebleken dat de fractuurweerstand van avitale ondermolaren met MOD caviteiten gerestaureerd met dit materiaal, niet significant verschilt met dat van intacte molaren (24).

4.1.3.2 De horizontale vezelstift

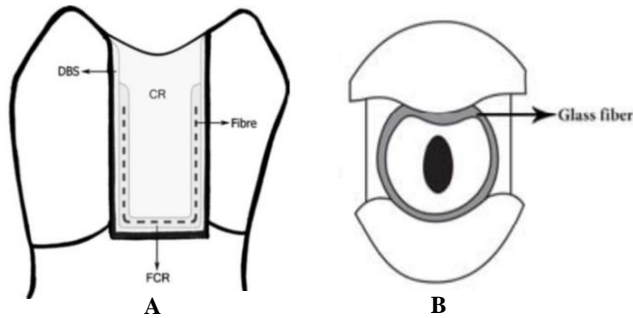
Een andere variant van vezelversterking is een horizontale glasvezelstift in de klinische kroon. Door een horizontaal vervaardigde perforatie door de buccale en palatinale opstaande wand te vervaardigen, kan deze stift geplaatst worden (zie Figuur 1). Een studie heeft deze methode onderzocht en bevestigde hiermee het gunstige effect op de fractuurweerstand bij avitale bovenpremolenen met een MOD preparatie (16).



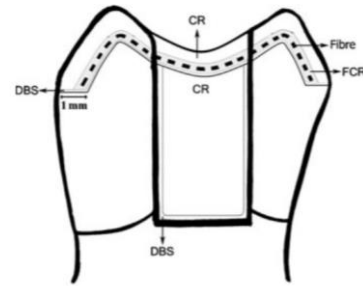
Figuur 1. De toepassing van een horizontale glasvezelstift in de studie van Karzoun et al (16).

4.1.3.3 Vezelversterking op de preparatiebodem

Een andere toepassing is het plaatsen van een glasvezelbundel (14, 22) of een polyethyleen vezelmat (5, 24) op de preparatiebodem van een MOD caviteit bij avitale elementen (zie Figuur 2). De glasvezelbundel kan in een rechte lijn (22) van buccaal naar linguaal worden geplaatst of circulair (14) op de preparatiebodem worden aangebracht. Wanneer een polyethyleen vezelmat op basis van deze methode wordt gebruikt is nog niet eenduidig te stellen of er een gunstig effect is. Eén in vitro studie (5) kon een gunstig effect aantonen, maar uit een ander in vitro onderzoek blijkt dat avitale ondermolaren met polyethyleen vezelversterking geen significant hogere fractuurweerstand hebben dan elementen zonder deze vorm van vezelversterking (24).



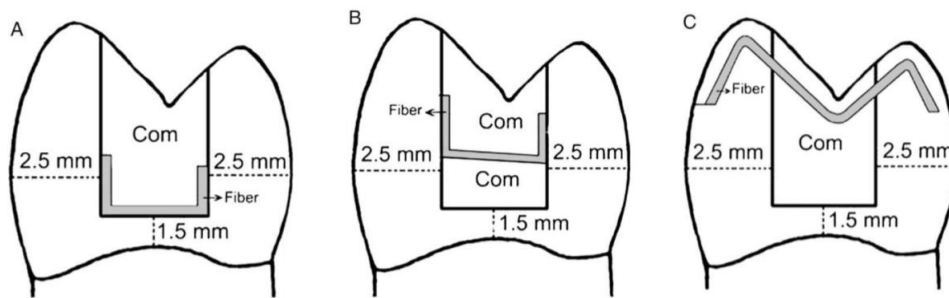
Figuur 2. Vezelversterking op de MOD-preparatiebodem. **A.** Polyethyleen vezelmat in bucco-linguale richting bij een avitale ondermolaar (5); **B.** Circulair geplaatste glasvezelbundel bij een avitale bovenpremolaar (14).



Figuur 3. Vezelversterking in het occlusale vlak. Een polyethyleen vezelmat ingebed in een bucco-linguale groef (5).

4.1.3.4 Vezelversterking in het occlusale vlak

Naast het aanbrengen van vezelversterking op de preparatiebodem hebben meerdere studies de toepassing van een horizontale vezelmat of vezelbundel in het occlusale deel van de composietopbouw bij avitale elementen met MOD caviteiten onderzocht (zie Figuur 3) (5, 14, 19, 25). Het blijkt dat deze methode tot een significant hogere fractuurweerstand leidt ten opzichte van elementen met vezelversterking op de preparatiebodem. Het gunstige effect van vezels in het occlusale vlak van de composietrestauratie kan onder andere verklaard worden door het hefboomprincipe, waarbij een kortere werk arm wordt verkregen wanneer een vezel dichtbij het occlusale vlak wordt geplaatst (14, 23). Uit ander in vitro onderzoek (23) dat het effect van een glasvezelmat in drie verschillende niveaus in de klinische kroon op de fractuurweerstand en het faalgedrag bij avitale bovenpremolaren onderzocht, werd eenzelfde effect aangetoond (zie Figuur 4). De fractuurweerstand van de groep met een vezelmat in het occlusale vlak was significant hoger dan van de groepen met een vezelmat op de preparatiebodem of in het middelste deel van de composietopbouw. Voor de toepassing van een vezelmat in het occlusale vlak kan zowel een polyethyleen vezelmat (5) als een met composiet geïmpregneerde glasvezelbundel (14, 19) een gunstig effect hebben op de fractuurweerstand. De vezelmat of vezelbundel kan in een bucco-linguale groef op het occlusale vlak van de vervaardigde composietrestauratie worden geplaatst. Echter blijkt uit een van deze in vitro studies dat de toepassing van glasvezel een significant hogere fractuurweerstand oplevert in vergelijking met gebruik van een polyethyleen vezelmat. Volgens de auteurs kan dit verschil verklaard worden doordat polyethyleen vezels handmatig bevocht moeten worden en ze daardoor lastiger in gebruik zijn. De polyethyleen vezel heeft daarnaast een lagere treksterkte, dichtheid en rekbaarheid dan de glasvezel. De glasvezel kan hogere krachten weerstaan zonder het optreden van fractuur (19).

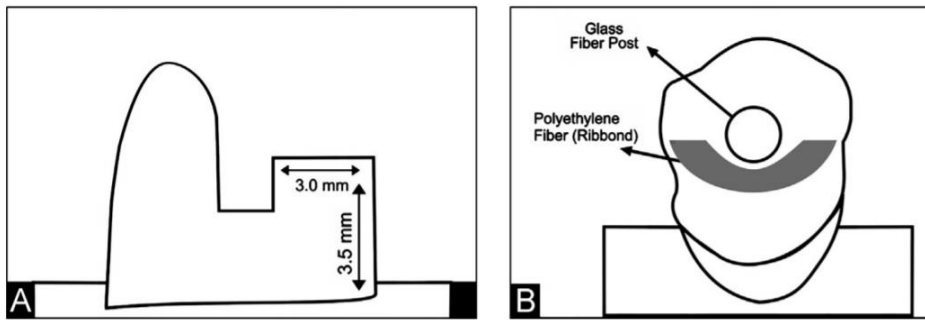


Figuur 4. Vezelversterking in de vorm van een glasvezelmat in drie locaties in de klinische kroon (23). **A.** Vezelmat op de preparatiebodem; **B.** Vezelmat in het middelste derde deel van de opbouw; **C.** Vezelmat in het occlusale deel.

4.1.3.5 Gebruik van een vezelstift met extra coronale vezelversterking

Een aantal in vitro studies hebben vezelstiften gecombineerd met een vezelversterking in de kroon om het effect hiervan op de fractuurweerstand van avitale bovenpremolenen te onderzoeken. In een studie, waarin deze methode werd onderzocht, werden de klinische kronen van de premolenen verwijderd tot 1,5 mm boven de glazuurcementgrens. Twee groepen elementen werden voorzien van een glasvezelstift, waarbij een glasvezelmat bij de elementen van één groep in de composietrestauratie werd aangebracht. Er traden, bij het uitvoeren van een druktest, significant meer gunstige fracturen op bij de elementen met een vezelmat in combinatie met een vezelstift ten opzichte van de niet vezelversterkte elementen of de elementen met alleen een vezelstift. Echter blijkt uit deze studie dat elementen met vezelversterking geen significant hogere fractuurweerstand hebben ten opzichte van niet vezelversterkte elementen (13).

Een andere variant van deze methode is het gebruik van een polyethyleen vezelmat die rondom de vezelstift in het coronale deel wordt geplaatst (zie Figuur 5). Het effect hiervan op de fractuurweerstand van avitale premolenen is onderzocht, waarbij uitgebreide preparaties werden vervaardigd door enkel de palatinale wand te laten staan. De fractuurweerstand van vezelversterkte elementen door middel van deze vezelmat in combinatie met een vezelstift blijkt niet significant te verschillen met dat van intacte elementen. Dit zou dus betekenen dat, met behulp van deze vorm van vezelversterking, de fractuurweerstand kan worden hersteld. Daarnaast traden meer gunstige, boven het gesimuleerde botniveau eindigende, fracturen op bij de toepassing van een vezelstift. Onherstelbare fracturen werden enkel gevonden in de groep met composietopbouw en de groep met composietopbouw in combinatie met een polyethyleen vezelmat (7).



Figuur 5. Het preparatie- en restauratieontwerp voor de studie van Costa et al (7).
A. Preparatieontwerp; **B.** Restauratieontwerp met glasvezelstift en een polyethyleen vezel.

4.1.4 In vitro studies met vezelversterking in de kroon

In meerdere van boven beschreven studies is in vitro onderzocht wat het effect van vezelversterking is op de fractuurweerstand van avitale bovenpremolaren (7, 13, 14, 16, 19, 25) en ondermolaren (3, 5). Hiervoor worden verschillen in de testopzetten gevonden (zie Bijlage 1). Per studie zijn verschillende onderzoeksgroepen gebruikt met verschillende groepsgroottes. Van de studies zijn meerdere testvariabelen bekend, waaronder het soort vermoeingsbelasting. In enkele studies (7, 14, 19) is voor de uitvoering hiervan thermocycling gebruikt. De snelheid van belasting door middel van een universele testmachine varieert van 0,5 mm/min (3, 5, 14, 19) tot 5 mm/min (13). Daarnaast wordt beschreven wat de plaats van belasting is en onder welke hoek de kracht wordt toegediend ten opzichte van de lengteas van het element, variërend van 0° (3, 5, 14, 16, 19) tot 45° (7).

4.2 Vraagstelling

Tot nu toe is er al veel onderzoek gedaan naar vezelversterking in de tandheelkunde. Echter zijn er nog maar weinig studies uitgevoerd waarin het effect van zowel een vezelmat, een vezelstift, en de combinatie hiervan zijn geëvalueerd. Daarnaast is de hoeveelheid aan studies die uitgaan van de meest ongunstige situatie waarbij weinig tandweefsel van de klinische kroon resteert, beperkt. Hieruit volgt de vraagstelling:

Wat is het in vitro effect van een glasvezelmat en glasvezelstift op de fractuurweerstand en het faalgedrag van endodontisch behandelde bovenpremolaren met een directe composietkroon?

4.3 Doel en hypothesen

Het doel van deze studie is te onderzoeken wat de effecten zijn van een glasvezelmat (en locatie) en glasvezelstift (met verschillende lengtes ingebed in de opbouw) op de fractuurweerstand en het faalgedrag van met composiet gerestaureerde avitale bovenpremolaren zonder opstaande dentinewanden.

In deze studie worden de volgende hoofdhypothesen gesteld:

1. Er is geen significant verschil in de fractuurweerstand van avitale premolaren met en zonder vezelversterking
2. Er treden meer frequent 'gunstige' fracturen op bij avitale premolaren met een vezelversterkte composietkroon

Deelhypothesen:

1. De toepassing van een glasvezelmat heeft geen effect op de fractuurweerstand van avitale premolaren
 - De locatie van de aangebrachte glasvezelmat heeft geen invloed op de fractuurweerstand van avitale premolaren
2. De toepassing van een glasvezelmat zorgt voor het meer frequent optreden van een 'gunstige' fractuur
 - De locatie van de aangebrachte glasvezelmat heeft geen invloed op het fractuurpatroon van avitale premolaren
3. De toepassing van een glasvezelstift heeft geen effect op de fractuurweerstand van avitale elementen
 - De stiftlengte die ingebed is in de funderingsrestauratie is niet van invloed op de fractuurweerstand van avitale premolaren
4. De toepassing van een glasvezelstift zorgt voor het meer frequent optreden van een 'gunstige' fractuur
 - Avitale premolaren met een kortere stiftlengte ingebed in de funderingsrestauratie hebben meer frequent 'ongunstige' fracturen ten opzichte van de premolaren met een langere stiftlengte ingebed in de funderingsrestauratie

5 Materiaal en methoden

5.1 Poweranalyse

Om de grootte van de steekproef te bepalen, is de volgende formule (32) toegepast:

$$N = \frac{(2 \cdot (Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 \cdot sd^2)}{d^2}$$

Om de verschillende variabelen in bovenstaande formule in te voeren kan een eerder uitgevoerde studie gebruikt worden als dit vergelijkbaar is met het uit te voeren onderzoek. In dit onderzoek is daarom de studie van Costa et al (7) gebruikt, waarbij twee groepen zijn geselecteerd die overeenkomen met twee groepen in dit onderzoek, namelijk: groep 3 (vezelstift met composietopbouw) en groep 5 (vezelstift, Ribbond glasvezel en composietopbouw).

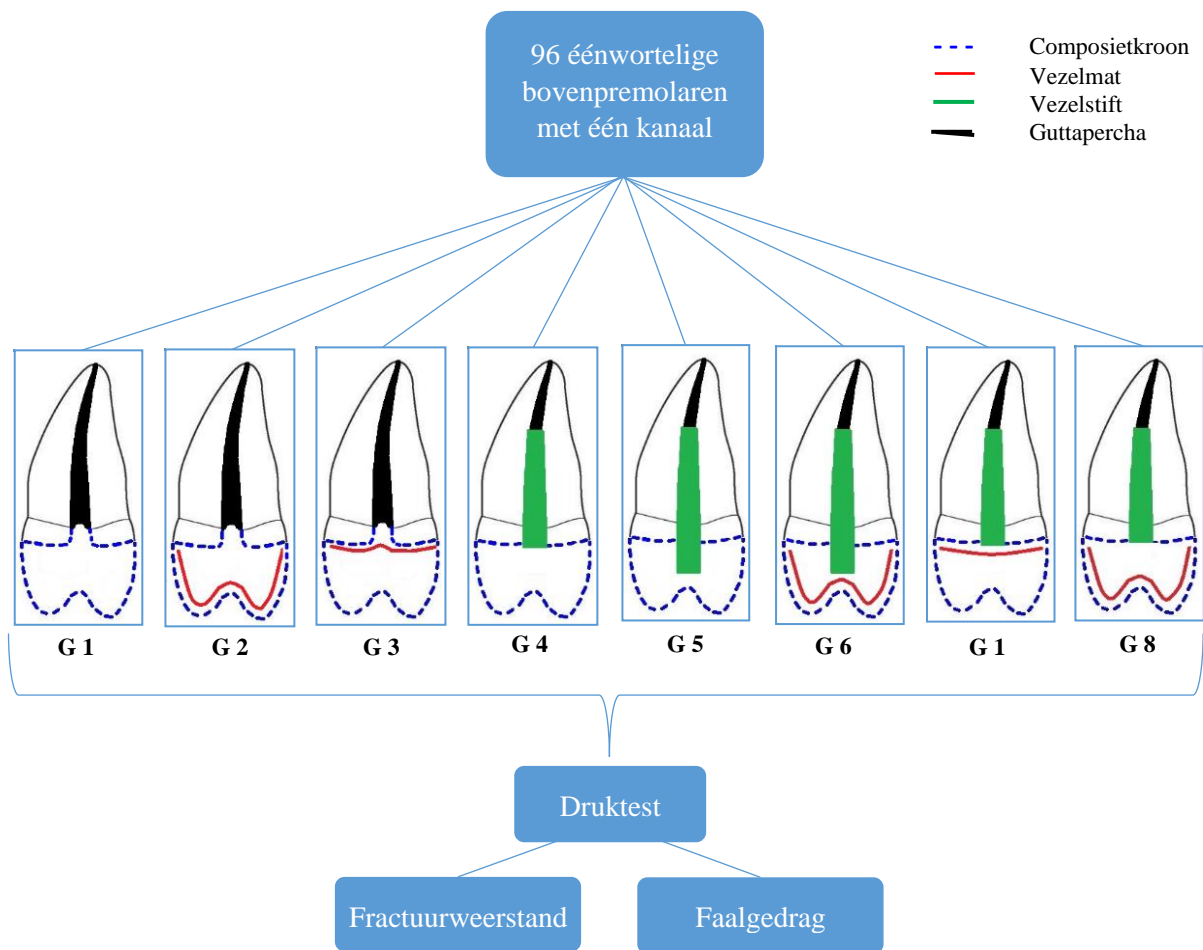
De gegeven waarden voor de formule zijn: $\alpha = 0.05$, power = 0.8, SD = 98.1 $((88.5+107.7)/2)$ en het verschil = 112.9 (377.5-264.6). De weergegeven Z-waarden zijn in deze formule afhankelijk van de ingegeven α , power, SD en het verschil. Door middel van de in te voeren variabelen werd een N-waarde van 12 elementen per groep verkregen. In deze studie werden acht onderzoeksgroepen gebruikt, met dus een totaal van 96 bovenpremolars (zie ook Figuur 6).

5.2 Voorbereiding van de samples

Bij de selectie van de 96 bovenpremolars werden de volgende criteria gehandhaafd: 1) compleet afgevormde apices, 2) bijna rechte of rechte wortels, 3) vergelijkbare wortelafmetingen, 4) afwezigheid van wortel- of krooncariës tot 2 mm boven de glazuur-cementgrens, 5) afwezigheid van zichtbare fractuurlijnen in de wortels. De eventueel aanwezige resten weke delen, tandsteen of andere resten op de samples werden verwijderd met een handscaler. De grootste mesio-distale en bucco-palatinale afmetingen en de wortellengte van de 96 bovenpremolars werden gemeten met behulp van een digitale meetlat. De samples werden vervolgens gerandomiseerd en verdeeld over de volgende onderzoeksgroepen (zie ook Figuur 6):

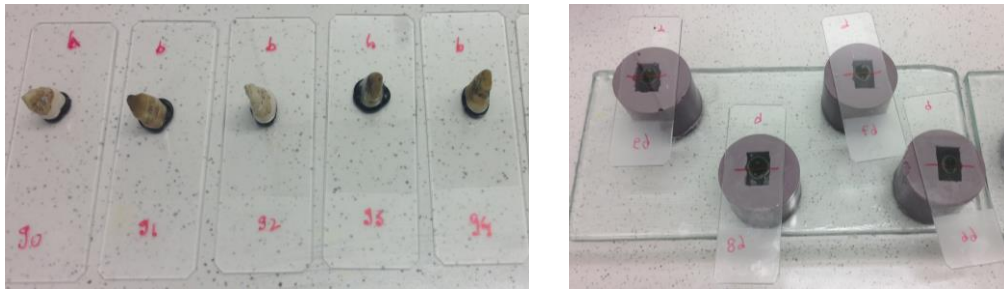
- Groep 1: Endo, directe composietkroon
- Groep 2: Endo, directe composietkroon, vezelmat occlusaal van de composietopbouw
- Groep 3: Endo, vezelmat op de preparatiebodem, directe composietkroon
- Groep 4: Endo, vezelstift 10 mm (0 mm in composietopbouw), directe composietkroon
- Groep 5: Endo, vezelstift 12 mm (2 mm in composietopbouw), directe composietkroon
- Groep 6: Endo, vezelstift 12 mm (2 mm in composietopbouw), directe composietkroon, vezelmat occlusaal van de composietopbouw
- Groep 7: Endo, vezelstift 10 mm (0 mm in composietopbouw), vezelmat, directe composietkroon

- Groep 8: Endo, vezelstift 10 mm (0 mm in composietopbouw), directe composietkroon, vezelmat occlusaal van de composietopbouw



Figuur 6. Studieontwerp met verdeling van de samples over de acht onderzoeksgroepen met een verschillend preparatie- en restauratieontwerp.

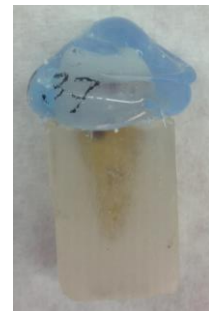
Alle elementen werden met behulp van een siliconenmal tot 1 mm onder de glazuurcementgrens ingeharst in kunsthars mallen om het alveolaire bot te simuleren. Het inharsen werd gedaan door de premolaren met groene was vast te hechten aan een glasplaatje. Vervolgens werden rubberen malletjes op met vaseline ingesmeerde grotere glasplaten geplaatst en werden gevuld met polymethylmetacrylaat (Palapress, Kulzer). De premolaren werden met de radices richting de grote glasplaat in de mal geplaatst en werden verwijderd wanneer het PMMA uitgehard was. De uit de rubberen mallen verkregen blokjes hadden op deze manier eenzelfde afmeting en werden allen genummerd.



Figuur 7. Voorbereidingen voor het inharsen van de premolaren.

Ten behoeve van de uiteindelijke opbouw werd per element een transparante kunststof mal (Memosil 2, Heraeus Kulzer) vervaardigd (hierna genoemd als mal1). Door middel van deze mal kon de anatomie van de klinische kronen met lichtuithardende composietmaterialen worden hersteld.

Om de vezelmatjes in de groepen 2, 6 en 8 op een gelijke afstand van de uiteindelijke outline van de composietopbouw te kunnen plaatsen, werden ‘volledige kroonpreparaties’ vervaardigd met een afname van 1,5 mm waarbij de outline 2 mm boven de glazuur-cementgrens lag. Vervolgens werden hierop nieuwe kunststof mallen (hierna genoemd als mal2) gemaakt om dit vast te leggen. De kronen van alle premolaren werden daarna tot 2 mm boven de glazuur-cementgrens verwijderd door de elementen tegen een gipstrimmer (S-U-SUPER-CUT, Schuler Dental) onder waterkoeling te houden. Tijdens de gehele procedure werden de elementen tot aan de druktest op kamertemperatuur bewaard in water.



Figuur 8. Genummerde memosil mal van een klinische kroon.

5.3 Endodontische behandeling

Alle premolaren werden endodontisch behandeld, waarbij de werk lengte van tevoren kon worden ingeschat door middel van de afmetingen per element. In het geval van tweekanalige premolaren werden beide kanalen endodontisch behandeld. De endodontische opening werd vervaardigd met een diamantboor in een rood hoekstuk (40.000 toeren/ minuut) onder waterkoeling. De werk lengte werd bepaald tot 1 millimeter voor apex. Er werd tot op werk lengte gevijld met K-vijlen 8, 10, 15 en 20 waarna met de WaveOne (WaveOne single-file reciprocating system) 25.07 en K-vijlen 30 en 35 werd geprepareerd. Na iedere vijl werd het kanaal gespoeld met 0,5% natriumhypochloriet. Na het prepareren werd het kanaal gedroogd met papierstiften en gevuld door middel van de laterale condensatie techniek van gutta-percha (Dentsply maillefer) en topseal (Dentsply maillefer). De overmaat aan gutta-percha werd tot de kanaalingang verwijderd met een verwarmd instrument.

5.4 Restauratie

Groep 1 (G1) - Endo, directe composietkroon

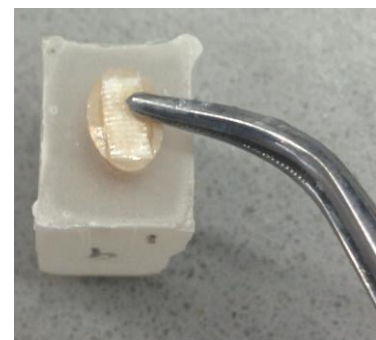
De dentine oppervlaktes werden geëts (DeTrey Conditioner 36, Dentsply) gedurende 15 seconden, gespoeld met een water voor 15 seconden en dan voorzichtig droog geblazen gedurende 5 seconden. De primer (Clearfil SA primer, Kuraray Noritake) werd met een microbrush aangebracht en uitgeblazen gedurende 5 seconden. De bonding (Clearfil Photobond, Kuraray) werd aangebracht met een microbrush en uitgehard met een uithardingslamp gedurende 10 seconden. Het composiet (Core•X flow, DENTSPLY) werd in de pulpakamer aangebracht en uitgehard gedurende 20 seconden. Het occlusale vlak werd met hetzelfde composiet in twee lagen van 2 mm opgebouwd en gedurende 20 seconden uitgehard. De laatste laag composiet werd als een bulk door middel van mal1 aangebracht en werd uitgehard gedurende 40 seconden met de uithardingslamp. Om de uithardingsafstand te standaardiseren werd de tip van de uithardingslamp steeds op het occlusale vlak geplaatst. Na restauratie werd de cervicale outline van de composietkronen afgewerkt met fijne diamant stenen.

Groep 2 (G2) – Endo, directe composietkroon, vezelmat occlusaal van de composietopbouw

De composietopbouw werd op dezelfde methode met dezelfde materialen vervaardigd als in G1. De eerste laag composiet werd aangebracht in 1-2 mm. Met behulp van mal2 werden de samples vervolgens tot een afstand van 1.5 mm vanaf de uiteindelijke outline opgebouwd. Dit werd vervolgens uitgehard gedurende 40 seconden. Een glasvezelmat (GC everStick NET) werd gepast op het oppervlak en op de juist passende lengte en breedte per element afgeknipt met een schaar. Een dun laagje composiet werd aangebracht op de buccale zijde van de ‘kroonpreparatie’ en werd uitgesmeerd over het buccale oppervlak. Het deel van de glasvezelmat dat aan de buccale zijde werd geplaatst werd voorbereid volgens de instructies van de fabrikant en werd tegen het nog niet uitgeharde composiet buccaal geplaatst en aangedrukt met de achterkant van een microbrush. De vezelmat eindigde op deze manier op de preparatiebodem en minstens 1 mm vanaf de uiteindelijke buccale outline van de composietopbouw. De combinatie werd vervolgens uitgehard gedurende 20 seconden en de rest van de glasvezelmat werd op dezelfde wijze aangebracht en uitgehard op het occlusale en palatinale deel. Alle elementen werden opgebouwd met mal1 en de restauraties werden afgewerkt zoals de elementen van G1.

Groep 3 (G3) – Endo, vezelmat op de preparatiebodem, directe composietkroon

Na de ets-, primer- en bondingsprocedure werd de pulpakamer afgedekt met een laag composiet (Core•X flow, DENTSPLY) en werd uitgehard gedurende 20 seconden met de uithardingslamp. Vervolgens werd het gehele occlusale vlak van de elementen in deze groep afgedekt met een dun laagje van hetzelfde composiet. Voordat dit werd uitgehard werd een glasvezelmat voorbereid op dezelfde manier als beschreven bij G2 en ingebed in het nog niet uitgeharde composiet.



Figuur 9. Het aanbrengen van een geïmpregneerde vezelmat in een premolaar van G3.

Na het uitharden van deze combinatie gedurende 20 seconden, werden de elementen zoals G1 opgebouwd met composiet door middel van mall en afgewerkt.

Groep 4 (G4) – Endo, vezelstift 10 mm (0 mm in composietopbouw), directe composietkroon

De gutta-percha werd verwijderd (Largo Peeso Reamer no. 1, Dentsply) en de stiftruimte werd geprepareerd met een taps toelopende boor (Easy Post Precision Drill no. 1 en 2, Dentsply) om een intraradiculaire stiftlengte van 8 mm te krijgen. Indien een tweekanalig element in deze groep was geplaatst, werd enkel het palatinale kanaal geprepareerd. De kanalen werden gereinigd met 0.5% natriumhypo-chloriet, gespoeld met water (10 seconden), droog geblazen (5 seconden) en gedroogd met absorberende papierstiftjes. De prefab vezelstift (X-Post™ no. 2, Dentsply), met een diameter van 1,47 mm op het breedste punt, werd gepast en werd op een lengte van 10 mm met een diamantboor in een rood hoekstuk (40.000 toeren/minuut) afgeslepen en schoongemaakt met alcohol. Vervolgens werd het dentineoppervlak geëetst (DeTrey® Conditioner 36, Dentsply) gedurende 15 seconden. Dit werd dan gedurende 15 seconden gespoeld en gedurende 5 seconden voorzichtig droog geblazen. Het kanaal werd met papierstiftjes gedroogd. In het kanaal werd een adhesief (XP Bond® met Self Cure Activator, Dentsply) aangebracht gedurende 20 seconden. Dit werd voorzichtig uitgeblazen gedurende 5 seconden en de stift werd bevochtigd met hetzelfde adhesief en ook voorzichtig uitgeblazen. Composietcement (Core-X™ flow, Dentsply) werd in het kanaal aangebracht en de stift werd direct in het kanaal geplaatst en onder vingerdruk gehouden gedurende 10 seconden. De overmaat cement werd verwijderd met een microbrush en het cement werd gedurende 20 seconden met een uithardingslamp belicht vanuit occlusale richting. De elementen werden vervolgens gerestaureerd en op dezelfde wijze afgewerkt als in G1.

Groep 5 (G5) – Endo, vezelstift 12 mm (2 mm in composietopbouw), directe composietkroon

De kanalen werden op gelijke wijze geprepareerd en gerestaureerd als G4. Echter werd in deze groep een stiftlengte van 12 mm gebruikt, waarbij de stiftdiameter en intraradiculaire lengte gelijk was als in G4, maar de stift zich 2 mm boven het tandweefsel occlusaal bevond. Indien een tweekanalig element in deze groep was geplaatst, werd enkel het palatinale kanaal geprepareerd. De stift werd op eenzelfde wijze behandeld en de composietrestauratie werd op dezelfde wijze met dezelfde materialen vervaardigd en afgewerkt als G1.

Groep 6 (G6) – Endo, vezelstift 12 mm (2 mm in composietopbouw), directe composietkroon, vezelmat occlusaal van de composietopbouw

De kanalen werden op gelijke wijze geprepareerd en gevuld als G5. De vezelstift, met eenzelfde lengte en diameter als G5, werd op gelijke wijze behandeld en geplaatst als G5. Indien een tweekanaalig element in deze groep was geplaatst, werd enkel het palatinale kanaal geprepareerd waarin de vezelstift werd geplaatst. Rondom de vezelstift werd de composietrestauratie opgebouwd door middel van mal2 tot 1.5 mm afstand van de uiteindelijke outline en werd het geheel uitgehard met de uithardingslamp gedurende 40 seconden. Een glasvezelmat werd op de juiste lengte geknipt met een schaar. Vervolgens werd deze glasvezelmat op dezelfde wijze als G2 voorbereid, aangebracht in hetzelfde composiet als hiervoor beschreven en werd de combinatie van composiet en geïmpregneerde vezelmat uitgehard. Alle elementen werden daarna opgebouwd met mal1 en de restauraties werden afgewerkt zoals de elementen van G1.



Figuur 10. Een gedeeltelijk opgebouwde premolaar met een vezelmat.

Groep 7 (G7) – Endo, vezelstift 10 mm (0 mm in composietopbouw), vezelmat, directe composietkroon
De kanalen werden op gelijke wijze geprepareerd en gevuld als G4. De vezelstift, van dezelfde afmetingen als G4, werd behandeld en geplaatst op dezelfde manier als in G4. Indien een tweekanaalig element aanwezig was, werd enkel het palatinale kanaal geprepareerd waarin de stift werd geplaatst. Vervolgens werd het ets-, primer- en bondingssysteem gebruikt zoals beschreven in G1. Een glasvezelmat werd gepast op het oppervlak en op de juist passende lengte afgeknipt met een schaar. Een dun laagje van hetzelfde composiet werd op het oppervlak aangebracht en uitgesmeerd waarin de glasvezelmat werd gebed. De combinatie werd uitgehard gedurende 20 seconden en de elementen werden op dezelfde wijze gerestaureerd en afgewerkt als G1.

Groep 8 (G8) – Endo, vezelstift 10 mm (0 mm in composietopbouw), directe composietkroon, vezelmat occlusaal van de composietopbouw

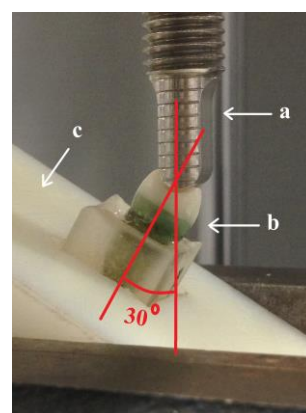
De kanalen werden op gelijke wijze geprepareerd en gevuld als G4, met een vezelstift van dezelfde afmetingen. Indien een tweekanaalig element aanwezig was, werd enkel het palatinale kanaal geprepareerd waarin de stift werd geplaatst. De composietopbouw werd op dezelfde methode en met dezelfde materialen vervaardigd als in G2 en werd opgebouwd door middel van mal2 tot een afstand van 1.5 mm vanaf de uiteindelijke outline. Een glasvezelmat werd gepast op het oppervlak en op dezelfde wijze aangebracht als G2 en G6. De elementen werden vervolgens gerestaureerd en de restauraties worden op dezelfde wijze afgewerkt als bij G1.

5.5 Mechanische belasting

De gebitselementen werden onderworpen aan thermocycling (1.000 x 5-55 °C). Hierbij werden de elementen gedurende 30 seconden in het koude bad gehouden en werden vervolgens in het warme bad geplaatst na een uitlektijd van 5 seconden. Na dit proces werden de elementen in een drukbank (Lloyd LRX; Lloyd Instruments, Fareham, Engeland) geplaatst met de lengteas van de elementen onder een hoek van 30 graden met de belastingsrichting. De plunjer bestaat uit een roestvrijstalen cilindrische staaf met een diameter van 4,1 mm die op de centrale fissuur in de richting van de buccale knobbel aangreep. De elementen werden statisch belast met een snelheid van 0.5 mm/min totdat er fractuur optrad. De benodigde kracht tot fractuur van ieder element werd gemeten in Newton (N). Na fractuur werden de elementen visueel beoordeeld op het faalgedrag. Het fractuurpatroon dat hierbij optrad, werd onderverdeeld in ongunstig (fractuur 2 mm onder de glazuurcementgrens of lager) en gunstig (fractuur 1,9 mm onder de glazuurcementgrens of hoger).



Figuur 11. Machine t.b.v. de thermocycling met links het bad van 55 °C en rechts het bad van 5 °C.



Figuur 12. Opstelling in de drukbank. **a.** cilindrische staaf; **b.** sample; **c.** houder sample.

5.6 Statistiek

De statistische analyse werd uitgevoerd door middel van beschrijvende statistische methodes (gemiddelde \pm standaard deviatie, frequentie (%)). Met de variantieanalyse (one-way ANOVA) werd de gemiddelde fractuurweerstand van de 8 groepen vergeleken.

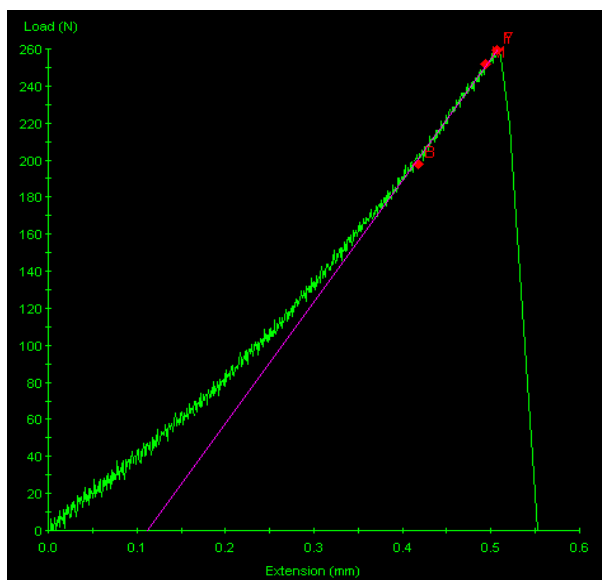
Indien er sprake was van een significant verschil werd de Tukey's post-hoc test gebruikt om te beoordelen welke groepen van elkaar verschillen. Om de frequentie van de ongunstige en gunstige fracturen te vergelijken, werd een Logistische Regressie gebruikt. De analyses werden uitgevoerd met het programma IBM SPSS Statistics, versie 25.0 (Armonk, NY: IBM Corp, Verenigde Staten). Het statistische significantieniveau werd op 5% gezet ($p < 0.05$).

6 Resultaten

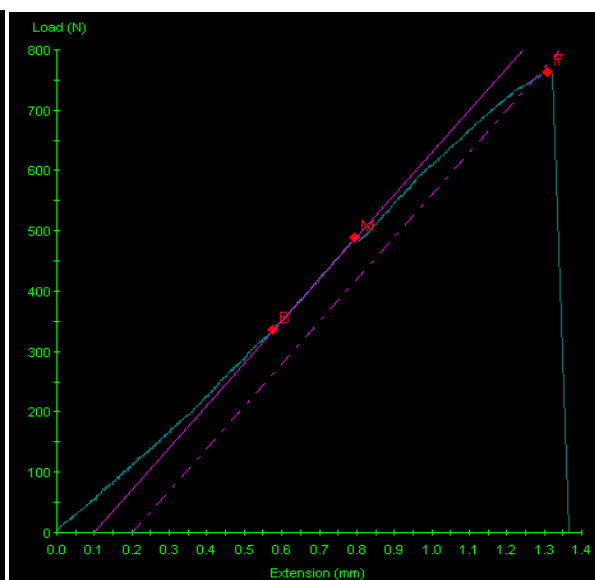
6.1 Fractuurweerstand

De uitkomsten van de belastingstest werden op een computer weergegeven in grafieken. Deze grafieken gaven het verloop van de krachten aan die nodig waren om een fractuur te veroorzaken in de samples. In deze grafieken werd de extensie (millimeters) uitgezet tegen de kracht (Newton). In Figuur 13 wordt door de groene lijn het krachtenverloop weergegeven van een premolaar uit groep 8. Uit de grafiek is af te lezen dat de kracht oploopt tot ongeveer 260 N en daarna sterk daalt tot 0 N. Dit geeft aan dat de grootst uitgeoefende kracht, en dus de fractuurweerstand van het element, ongeveer 260 N was.

Uit de grafiek in Figuur 14 is de fractuurweerstand van een premolaar uit groep 3 af te lezen. De piek geeft een kracht van ongeveer 750 N aan. Daarnaast is in deze grafiek sprake van een grotere extensie t.o.v. de grafiek van het hierboven genoemde element uit groep 8.



Figuur 13. Grafiek die het krachtenverloop weergeeft van een premolaar uit groep 8, met als piek een fractuurweerstand van 259,22 N.



Figuur 14. Grafiek die het krachtenverloop weergeeft van een premolaar uit groep 3, met als piek een fractuurweerstand van 763,93 N.

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de verschillende waarden van de fractuurweerstand van de groepen 1 t/m 8. Hieruit kan worden afgeleid wat de gemiddelde fractuurweerstand zijn per groep en welke minimale en maximale waarden hierbij horen. De samples uit groep 1, die niet behandeld zijn met een vezelmat noch een vezelstift, hebben de hoogst gemiddelde fractuurweerstand. Daarnaast is ook de hoogste fractuurweerstand van alle onderzochte premolaren in deze groep gemeten, namelijk een fractuurweerstand van 1089,28 N. Groep 2, waarbij de premolaren zijn gerestaureerd met een volledige composietkroon en een oclusale vezelmat, heeft de laagste gemiddelde fractuurweerstand. De laagste kracht dat een element nodig had voor het optreden van een fractuur werd in dezelfde groep gevonden. Deze kracht had een waarde van 123,22 N.

Tabel 1. Overzicht van de fractuurweerstand van de acht onderzoeksgroepen.

	N	Gemiddelde fractuurweerstand (N)	Standaard-deviatie	95% betrouwbaarheidsinterval		Minimum	Maximum
				Ondergrens	Bovengrens		
Groep 1	12	582,20	246,31	425,70	738,70	302,25	1089,28
Groep 2	12	303,61	133,17	219,00	388,23	123,22	550,16
Groep 3	12	526,99	195,45	402,81	651,17	149,94	819,37
Groep 4	12	350,56	146,33	257,59	443,54	169,78	606,23
Groep 5	12	476,45	202,14	348,02	604,88	153,81	814,66
Groep 6	12	434,37	146,85	341,06	527,68	188,19	685,50
Groep 7	12	418,09	189,12	297,93	538,26	202,19	848,37
Groep 8	12	334,91	86,26	280,10	389,72	249,87	518,45
Totaal	96	428,40	191,24	389,65	467,15	123,22	1089,28

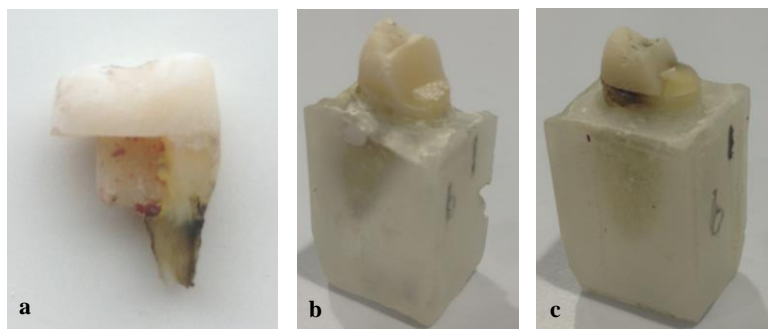
Met behulp van de One-Way ANOVA test werd gekeken of er sprake was van een significant verschil tussen de verschillende onderzochte groepen. Uit de resultaten van de test is een p-waarde van 0,001 gekomen, waardoor er sprake is van een statistisch significant verschil. Met behulp van een Tukey's post-hoc test is aangegeven tussen welke groepen dit verschil werd gevonden. De resultaten van deze test staan als homogene subsets weergegeven in Tabel 2. Uit de weergave van multi-pele vergelijkingen tussen de verschillende groepen (zie Tabel 7, Bijlage 2) is op te maken dat groep 2 (vezelmat occlusaal van de composietopbouw) een significant lagere fractuurweerstand heeft dan de groepen 1 (composietkroon zonder vezelmat of vezelstift, p-waarde 0,004) en 3 (vezelmat op de preparatiebodem, p-waarde 0,046). Daarnaast is de fractuurweerstand van groep 1 (geen vezelmat of vezelstift) significant groter dan de fractuurweerstand van de groepen 4 (10 mm vezelstift, p-waarde 0,033) en 8 (vezelmat occlusaal van de composietopbouw en een vezelstift van 10 mm, p-waarde 0,018). Er werden verder geen andere statistisch significante verschillen tussen de groepen gevonden.

Tabel 2. Resultaten Tukey's post-hoc test. De gemiddelde fractuurweerstand van de groepen zijn in homogene subgroepen weergegeven.

Groep	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2	12	303,61		
8	12	334,91	334,91	
4	12	350,56	350,56	
7	12	418,09	418,09	418,09
6	12	434,37	434,37	434,37
5	12	476,45	476,45	476,45
3	12		526,99	526,99
1	12			582,20
Sig.		,242	,138	,304

6.2 Faalgedrag

Nadat de premolaren werden onderworpen aan de druktest en een fractuur was opgetreden, werden de fractuurpatronen beoordeeld en genoteerd. Een fractuur die doorliep tot maximaal 1,9 mm onder de glazuurcement werd gedefinieerd als een gunstige fractuur. Indien een fractuur zich 2 mm of lager bevond ten opzichte van de glazuur-cementgrens, werd deze gedefinieerd als een ongunstige fractuur. In Tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de groepen en de verdeling van de fracturen in de categorieën gunstig en ongunstig. Hieruit is af te lezen dat de groepen 6 (vezelstift 12 mm (2 mm in de composietopbouw), vezelmat occlusaal van de composietopbouw) en 8 (vezelstift 10 mm (0 mm in de composietopbouw), vezelmat occlusaal van de composietopbouw) geen ongunstige fracturen vertoonden. Het hoogste aantal ongunstige fracturen werd gevonden in groep 5 (vezelstift 12 mm (2 mm in de composietopbouw), geen vezelmat). Een meer specifieke weergave hiervan is weergegeven in Tabel 4. Hieruit kan worden afgelezen wat de verdeling is van de soort fracturen afhankelijk van de variabelen. In de aanwezigheid van een vezelmat occlusaal van de composietopbouw werden in combinatie met een vezelstift geen ongunstige fracturen gevonden. Wanneer enkel de vezelmat occlusaal aanwezig is zonder vezelstift in het kanaal wordt in een kwart van de gevallen een ongunstig fractuurpatroon gezien. Bij de vergelijking van de variabele vezelstift (aan- of afwezigheid) en de lengte van de vezelstift (10 mm of 12 mm), zijn er in verhouding meer gunstige fracturen opgetreden bij een vezelstift van 10 mm (0 mm in de composietopbouw) in vergelijking tot een vezelstift van 12 mm (2 mm in de composietopbouw) of bij de afwezigheid van een vezelstift. Daarnaast is uit de tabel te halen dat er in 33 van de 36 gevallen bij de toepassing van een occlusale vezelmat een gunstige fractuur optrad. Dit is in verhouding meer dan bij de toepassing van een vezelmat op de preparatiebodem of zonder gebruik van een vezelmat.



Figuur 14. Fractuurpatroon van drie samples. **a.** Volledig losgekomen composietopbouw en fractuur 3 mm onder glazuurcementgrens; **b.** Composietfractuur op vezelmat; **c.** Composietfractuur tot op preparatiebodem.

Tabel 3. Overzicht verdeling soort faalgedrag per groep.

Groep	Faalgedrag		Totaal
	Ongunstig	Gunstig	
1	3	9	12
2	3	9	12
3	2	10	12
4	2	10	12
5	5	7	12
6	0	12	12
7	3	9	12
8	0	12	12
Totaal	18	78	96

Tabel 4. Kruistabel met de verdeling van de fracturen in gunstig en ongunstig, afhankelijk van de variabelen.

Vezelmat			Faalgedrag		Totaal
			Ongunstige fractuur	Gunstige fractuur	
Geen	Stiftlengte	Geen stift	3	9	12
		2 mm in opbouw	5	7	12
		0 mm in opbouw	2	10	12
	Totaal		10	26	36
Locatie bodem	Stiftlengte	Geen stift	2	10	12
		0 mm in opbouw	3	9	12
	Totaal		5	19	24
Locatie occlusaal	Stiftlengte	Geen stift	3	9	12
		2 mm in opbouw	0	12	12
		0 mm in opbouw	0	12	12
	Totaal		3	33	36
Totaal	Stiftlengte	Geen stift	8	28	36
		2 mm in opbouw	5	19	24
		0 mm in opbouw	5	31	36
	Totaal		18	78	96

Door middel van een Logistische Regressie kan in geval van meerdere variabelen worden geanalyseerd of er significante verschillen tussen de groepen zijn. In Tabel 5 zijn de resultaten van de Logistische Regressie weergegeven waarbij de vezelmat met locatie occlusaal en de stiftlengte 10 mm als referentiewaarden in de test zijn gebruikt. Hierbij is als uitkomst het faalgedrag gebruikt en de onafhankelijke variabelen zijn de aan- of afwezigheid van een vezelmat en de locatie hiervan en de aan- of afwezigheid van een vezelstift en de stiftlengte. Uit de tabel is af te lezen dat er sprake is van een significant verschil tussen de premolaren zonder vezelmat en de premolaren met een vezelmat occlusaal

van de composietopbouw. Hierbij wordt een odd's ratio gevonden van 0,23. Dit houdt in dat het effect van geen vezelmat op het faalgedrag 0,23 keer gunstiger is ten opzichte van een vezelmat occlusaal van de composietopbouw. Deze waarde geeft daarmee aan dat het gebruik van een occlusale vezelmat significant gunstiger is dan het niet gebruiken van een vezelmat.

Tabel 5. Resultaten van de Logistische Regressie.

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I.for EXP(B)	
								Lower	Upper
Step	Vezelmat occlusaal			4,216	2	,121			
1 ^a	Geen vezelmat	-1,456	,712	4,185	1	,041	,233	,058	,941
	Vezelmat bodem	-1,176	,829	2,012	1	,156	,308	,061	1,567
	Stift 10 mm			1,032	2	,597			
	Geen stift	-,596	,640	,867	1	,352	,551	,157	1,931
	Stift 12 mm	-,618	,759	,663	1	,416	,539	,122	2,385
	Constant	2,835	,764	13,778	1	,000	17,025		

7 Discussie

Om de kwetsbaarheid van uitgebreid gerestaureerde endodontisch behandelde elementen aan te pakken, worden sinds lange tijd verschillende methodes van glasvezelversterking onderzocht. Echter zijn er nog maar weinig studies die het effect van een glasvezelmat in combinatie met een glasvezelstift op de fractuurweerstand en het faalgedrag hebben onderzocht. De studies die het effect van vezelversterking hebben onderzocht, hebben op de te onderzoeken elementen merendeels MOD-caviteiten geprepareerd (5, 14, 16, 19, 23, 25). In deze studie is uitgegaan van een meer ongunstige situatie door de klinische kroon voor het grootste deel te verwijderen waardoor geen opstaande dentinewanden resteerden. Naast het effect van de vezelmat en vezelstift is gekeken wat de invloed is van de locatie van de vezelmat en het verschil in stiftlengte in de klinische kroon op de fractuurweerstand en het faalgedrag bij avitale premolaren.

7.1 Reflectie op de methode

In de Materiaal en Methoden is een aantal keuzes gemaakt. Hieronder worden deze keuzes beargumenteerd en besproken in hoeverre bepaalde factoren invloed kunnen hebben op de resultaten.

Aangezien bovenpremolaren bij belasting het meest verdacht zijn op fracturen na endodontische behandeling, is gekozen om dit type element te gebruiken in het onderzoek. De hogere kans op fractuur wordt bij premolaren toegewijd aan de ongunstige morfologie (7, 14, 23, 25, 31). Door tijdens de endodontische behandeling het pulpapak te verwijderen, zijn de buccale en palatinale knobbel niet meer verbonden en wordt het element verzwakt (12, 16, 22). Om de klinische situatie zoveel mogelijk na te bootsen, werden de premolaren ingeharst in kunsthars blokjes om het alveolaire bot te simuleren. Enkele studies simuleren het parodontaal ligament door een laag polyvinyl siloxaan of groene was aan te brengen rond het element (2, 16, 18, 19). In deze studie werd niet gekozen om het parodontale ligament te simuleren, omdat het is gebleken dat de resultaten van een statische druktest hier niet door worden beïnvloed (13).

Op de premolaren die gerestaureerd zouden worden met een occlusale vezelmat, werden de zogenoemde ‘volledige kroonpreparaties’ van buccaal naar palatinaal volledig bedekt met een op maat geknipte vezelmat die in zijn geheel nog bedekt kon worden met composiet (5, 13, 23). Door middel van deze methode werd de afstand tot het uiteindelijke occlusale vlak van de composietopbouw geminimaliseerd en gestandaardiseerd voor ieder sample. Daarnaast had op deze manier de belastingsplunjer tijdens de druktest volledig contact met de door composiet bedekte vezelmat. Het is te verwachten dat hierdoor het effect van de glasvezelmat in deze groepen beter geëvalueerd kan worden ten opzichte van studies waarin het contactvlak maar voor een deel bestond uit door een glasvezelmat ondersteund composiet. Meerdere studies naar het effect van glasvezelversterking hebben namelijk een methode toegepast waarbij een minimale groeve van 2 à 3 mm breed werd geprepareerd, waarin de

glasvezelmat werd geplaatst (5, 19, 23, 25). Een enkele studie (13) heeft het volledige oppervlak bedekt waarbij geen ‘volledige kroonpreparatie’ werd vervaardigd, maar waarbij allereerst de elementen tot 5 mm uit de hand met composiet werden opgebouwd en vervolgens de glasvezelmatjes op een opbouw zonder scherpe hoeken kon worden aangebracht. Deze methode is mogelijk eenvoudiger dan de methode met de ‘volledige kroonpreparatie’. Een consequentie van de laatstgenoemde methode was dan ook de complexe methode van het aanbrengen waarbij de glasvezelmat steeds maar op een paar punten tijdens het uitharden kon worden aangedrukt. Hierdoor is de hechting van de glasvezelmat aan het composiet mogelijk minder consistent waarbij het risico op het insluiten van lucht een rol speelt. Een alternatief hiervoor zou kunnen zijn om de glasvezelmat met een siliconen mal op zijn plaats te drukken en de combinatie hier doorheen uit te harden (11, 13). Hierdoor kan ook het mesiale en distale oppervlak bedekt worden door een vezelmat. Echter kan deze methode klinisch moeilijker toepasbaar zijn bij de aanwezigheid van buurelementen.

Voor alle groepen waarbij vezelstiften werden geplaatst, is gekozen voor een intraradiculaire stiftlengte van 8 mm. Deze lengte is gebaseerd op het feit dat dit niet korter moet zijn dan de klinische kroonlengte en daarnaast wordt met deze lengte een goede apicale afsluiting van guttapercha gehandhaafd (13). Bij het verder inkorten van de intraradiculaire stiftlengte worden endodontisch behandelde elementen niet versterkt door de toepassing van een vezelstift (15). Daarnaast is gebleken dat het verlengen van de stiftlengte, waarbij de stift langer is dan de klinische kroonhoogte, geen toegevoegde waarde heeft voor de fractuurweerstand (2). Daarnaast gaat verlenging van de stift gepaard met een verhoogd risico op wortelperforatie en -fractuur.

Om het effect van een vezelmat op de preparatiebodem te onderzoeken werd hierbij de vezelstift vanaf occlusaal ingekort tot 10 mm zodat de vezelstift niet boven het tandoppervlak uitkwam en de vezelmat in een rechte horizontale lijn geplaatst kon worden. De vezelmatjes werden geplaatst in nog niet uitgehard flowable composiet om de fractuurweerstand van de elementen te bevorderen (4).

Het composietmateriaal dat voor de gehele opbouw in alle groepen is gebruikt, is een laag viskeus dualcure flowable composiet. Normaliter wordt dit niet als een volledige uiteindelijke opbouw gebruikt in de klinische situatie. Echter is voor dit in vitro onderzoek de keuze gemaakt om de volledige opbouw van dit materiaal te maken, zodat de invloed van een eventueel percentageverschil tussen verschillende soorten composieten niet van toepassing zou zijn en daarmee het verschil in het restaureren tussen de groepen minimaal is. Daarnaast was het primaire doel van de studie het evalueren van de verschillende glasvezelmethodes en niet het onderzoeken van het soort composiet.

Na het restaureren werden de groepen onderworpen aan thermocycling met als doel de klinische situatie na te bootsen en de prognose op langer termijn in te schatten. Om de methode zo min mogelijk te laten afwijken van de methodes in vergelijkbare studies en toch zoveel mogelijk cycli te laten uitvoeren, is gekozen voor 1.000 cycli (7). De keuze voor dit type vermoeiingsbelasting kan een beperking zijn voor

de vertaling naar de klinische situatie. Aangezien in de mond sprake is van kleine krachten die zich voor een langere tijd herhalen tijdens functie kan, om dit te simuleren en de prognose op langer termijn in te schatten, gekozen worden voor een combinatie van thermische en cyclische belasting (24). Mogelijk leidt de toepassing hiervan tot andere fractuurpatronen (13). Echter zal een in vitro studie blijven afwijken van de klinische situatie door de verschillen in fysiologische en chemische condities, zoals de afwezigheid van speeksel. Voor de statische belasting werd gekozen om gebruik te maken van een eenpuntbelastingstest. De krachtsnelheid lag hierbij binnen de range van vergelijkbare in vitro studies, waarin de waardes uiteenlopen van 0,5 (3, 5, 14, 19, 23) tot 5 mm/min (13). Om zo min mogelijk af te wijken van de klinische situatie en daarmee het effect van laterale krachten te evalueren, werd gekozen voor een belasting onder een hoek van 30 graden in de richting van de buccale knobbel.

7.2 Resultaten fractuurweerstand

De gemiddelde waardes van fractuurweerstand in deze studie lopen uiteen van 303,61 tot 582,20 N (Tabel 1). In de klinische situatie is de gemiddelde bijtkracht voor een bovenpremolaar 322,5 N en tijdens fors klemgedrag 660 N (14). Dit houdt in dat veel van de gestaureerde premolaren in deze studie de functionele krachten in de mond zouden kunnen weerstaan bij de afwezigheid van parafunctioneel gedrag. Echter zijn deze waarden laag wanneer ze worden vergeleken met de studie van Fokkinga et al (13), waarbij ook geen opstaande dentinewanden meer aanwezig waren. Mogelijk is dit te verklaren door het verschil in opbouw materiaal. In tegenstelling tot de studie van Fokkinga et al (13), zijn de premolaren in deze studie volledig opgebouwd met een flowable composiet dat normaliter niet bestemd is om op deze manier als definitieve opbouw in de mond te fungeren. De verwachting is dan ook dat de gemiddelde fractuurweerstand hoger zouden zijn wanneer met dezelfde methode gebruik werd gemaakt van een posterior composiet.

Bij de evaluatie van het effect van een vezelmat suggereren de resultaten dat de toepassing van een vezelmat niet leidt tot een verhoogde fractuurweerstand. Sterker nog, de fractuurweerstand van avitale premolaren met een occlusale vezelmat is significant lager in vergelijking tot premolaren zonder vezelmat. Daarnaast is gebleken dat de fractuurweerstand bij toepassing van een occlusale vezelmat significant lager is dan bij een vezelmat op de preparatiebodem. De verwachting was dat het aanbrengen van een vezelmat geen effect zou hebben op de fractuurweerstand, zoals geconcludeerd werd in de studie van Fokkinga et al (13). Daarnaast werd verwacht dat de locatie van de vezelmat geen invloed zou hebben op de fractuurweerstand. Een verklaring die mogelijk aan deze resultaten ten grondslag ligt, is de eerdergenoemde minder consistente hechting en ondersteuning van de composietopbouw door de ingewikkelde methode van het aanbrengen van de vezelmat en het insluiten van lucht tussen de vezelmat en het composiet. Daarnaast kan het verschil in bulk van composiet een rol hebben gespeeld in de uiteindelijke fractuurweerstand. Bij het plaatsen van een vezelmat in het occlusale deel van de

composietopbouw kan namelijk een minder grote bulk van composiet worden aangebracht in vergelijking tot de twee andere methodes. Echter hebben meerdere andere studies in tegenstelling tot dit resultaat juist aangetoond dat de fractuurweerstand toeneemt wanneer de vezels dichterbij het punt van belasting worden geplaatst (5, 14, 23). In een van deze studies werd beweerd dat door gebruik te maken van een occlusale vezelmat de buccale en palatinale knobbels bij elkaar gehouden worden, waardoor de fractuurweerstand positief beïnvloed wordt (23). Echter werden in deze studies MOD-preparaties gemaakt waarbij de vezelmat in een geprepareerde groeve in het occlusale vlak werd geplaatst en werd bedekt met een dunne laag composiet. Er waren in deze studies dus nog opstaande dentinewanden resterend in tegenstelling tot de methode van het huidige onderzoek. Het verschil in resultaten kan mogelijk verklaard worden door een verschil in ontwerp van het occlusale deel van de composietopbouw. De verwachting is dat de fractuurweerstand van de premolaren met een occlusale vezelmat hoger zouden zijn bij de aanwezigheid van natuurlijke buccale en palatinale opstaande wanden en knobbels.

Tussen de groep zonder vezelversterking en de groep met een vezelmat op de preparatiebodem is geen significant verschil in fractuurweerstand aangetoond. Dit is mogelijk te wijten aan het feit dat de vezelmat te ver van het punt van belasting tijdens de druktest was verwijderd, waarbij het hefboomprincipe niet van toepassing is (14, 23). De afstand tussen het punt van belasting en de vezelmat is daardoor mogelijk te groot om een effect te hebben op de fractuurweerstand.

Interessant zou zijn om de twee toegepaste methodes van de glasvezelmat van dit onderzoek in een vervolgonderzoek te combineren. Dit kan op verschillende manieren en met verschillende aantallen glasvezelmatjes verspreid in de composietopbouw worden getest. Door een hoger percentage aan glasvezel in de klinische kroon te verwerken, wordt mogelijk een hogere fractuurweerstand behaald.

Met betrekking tot de invloed van een vezelstift op de fractuurweerstand van avitale premolaren konden er in dit onderzoek geen significante verschillen worden vastgesteld tussen de groepen met verschillende stiftlengtes in de klinische kroon. Wel is ten opzichte van de groep zonder vezelversterking een significant lagere fractuurweerstand aangetoond bij het gebruik van een vezelstift waarbij geen deel van de stift zich in de klinische kroon bevindt. Echter was de verwachting dat een verschil in stiftlengte dat ingebed is in de funderingsrestauratie geen invloed zou hebben op de fractuurweerstand. Een verklaring voor deze bevinding kan zijn dat de stift geen retentie biedt aan de composietopbouw en daarmee de fractuurweerstand niet gunstig beïnvloedt. Er lijkt dan ook een trend te zitten naar een hogere fractuurweerstand bij de groepen met 2 mm in de composietopbouw ten opzichte van de groepen zonder een stiftgedeelte in de opbouw. Echter is het verschil tussen deze twee methodes niet significant. Op basis van de literatuur kan hier geen uitspraak over worden gedaan, omdat naar beste weten van de auteur geen studies zijn gedaan naar de invloed van de stiftlengte in de

funderingsrestauratie. Een suggestie voor vervolgonderzoek is dan ook het verder evalueren van dit effect.

Naast de invloed van de vezelmat en de vezelstift, is ook het effect van de combinatie van beide methodes onderzocht. Uit de resultaten is daarbij gebleken dat de groep met een occlusale vezelmat en een vezelstift zonder stiftlengte in de opbouw een significant lagere fractuurweerstand had dan de groep zonder vezelversterking. Deze bevinding kan verklaard worden door de hiervoor genoemde aspecten, namelijk de kleinere bulk composiet en het niet bieden van retentie aan de opbouw door de afwezigheid van stiftlengte hierin.

7.3 Resultaten faalgedrag

Het faalgedrag dat verdeeld werd in gunstig en ongunstig falen, zou op verschillende manieren gedefinieerd kunnen worden. In dit onderzoek is gekozen voor de grens van 2 mm vanaf de glazuur-cementgrens, met de achterliggende gedachte dat fracturen die onder dit niveau liggen klinisch nauwelijks tot niet te restaureren zijn. Om een eventueel bijkomend significant verschil tussen variabelen uit te sluiten wanneer het faalgedrag anders wordt gedefinieerd, werden nog twee andere definities gebruikt waarbij de Logistische Regressie analyse is uitgevoerd. Bij ‘faalgedrag 2’ (zie Tabel 8, bijlage 3) werd een gunstige fractuur gedefinieerd als een fractuur die eindigt op 0,5 mm boven het gesimuleerde botniveau of hoger. Indien een fractuur zich 0,4 mm boven botniveau of lager bevindt, is er sprake van een ongunstige fractuur. Hierbij is de achterliggende gedachte dat een fractuur van 0,5 mm boven het botniveau nog te restaureren is. Bij ‘faalgedrag 3’ (zie Tabel 9, bijlage 3) werd een gunstige fractuur gedefinieerd als een fractuur die op het gesimuleerde botniveau of hoger eindigt en de fracturen die onder het gesimuleerde botniveau eindigen zijn ongunstig. Deze definitie is in meerdere vergelijkbare in vitro studies toegepast (13, 22, 31). Zowel de analyse van ‘faalgedrag’, ‘faalgedrag 2’ en ‘faalgedrag 3’ geven dezelfde significante uitkomsten (significant meer ongunstige fracturen bij de premolaren zonder vezelmat ten opzichte van de groep premolaren met een occlusale vezelmat). Dus een andere definitie van ongunstig en gunstig falen leidt niet tot een andere uitkomst van de resultaten wat betreft faalgedrag.

Uit de resultaten van de Logistische Regressie is gebleken dat de aanwezigheid van een vezelmat in het occlusale vlak van de restauratie significant vaker resulteert in een gunstige fractuur dan zonder vezelmat. Hierbij is gecorrigeerd voor een effect van de variabele stiftlengte. Dit resultaat suggereert dat de toepassing van een vezelmat in het occlusale vlak endodontisch behandelde bovenpremolaren kan beschermen tegen een niet reparabele fractuur. Deze bevinding is in overeenstemming met de resultaten uit meerdere andere studies waarbij endodontisch behandelde elementen zijn onderzocht. De studie van Fokkinga et al (13), waarbij hetzelfde effect werd onderzocht met de vezelmat die over een 5 mm hoge stomp was gelegd en waarbij de samples daarna werden opgebouwd volgens de anatomie

van de premolaren, vond significant meer gunstige fracturen bij de toepassing van een glasvezelmat. De studie van Fennis et al (11) vond eveneens een positieve invloed van een glasvezelmat. Echter werden de premolaren in deze studie niet endodontisch behandeld en was er meer tandweefsel resterend, wat de vergelijking lastig maakt. Daarentegen vond de in vitro studie van Scotti et al (22) geen significante invloed; alle endodontisch behandelde molaren vertoonden ongunstige fracturen (onder het gesimuleerde botniveau). Wel bleek door middel van een microscopische analyse van de fractuurpatronen dat fracturen in de groep met een vezelmat in de composietopbouw werden afgebogen bij aankomst op de vezelmat. De aanname dat een fractuur afbuigt kan een reële verklaring zijn voor het feit dat in het huidige onderzoek het fractuurpatroon van elementen met een vezelmat in het occlusale vlak gunstig is. In de studie van Monaco et al (21), waaruit bleek dat een vezelmat dichtbij het occlusale vlak een gunstige invloed had op het faalgedrag, werd eenzelfde verklaring voor dit effect gegeven. Doordat bij een vezelmat in het occlusale vlak de afstand van de vezelmat tot het punt van belasting klein is, kunnen de vezels weerstand bieden tegen treksterkte en het verloop van een fractuur beïnvloeden. Het niet significant vaker optreden van een gunstige fractuur bij toepassing van een vezelmat op de preparatiebodem zou daarom mogelijk verklaard kunnen worden door een te grote afstand tussen het punt van belasting en de vezelmat in combinatie met de hoeveelheid composietmateriaal daartussen, waardoor de vezels een ongunstig fractuurpatroon niet kunnen voorkomen.

Wat betreft de invloed van een vezelstift was de verwachting dat de toepassing hiervan zou leiden tot het significant vaker voorkomen van een gunstig fractuurpatroon door de positieve eigenschappen van een vezelstift. Doordat de eigenschappen van een vezelstift vergelijkbaar zijn met die van dentine, kan het krachten absorberen en afleiden zodat ongunstige fracturen kunnen worden voorkomen (20). In de in vitro studie van Costa et al (7) is een significant verschil aangetoond, waaruit is gebleken dat de toepassing van een vezelstift tot een gunstiger fractuurpatroon leidt. De vezelstiften hadden niet het voordeel dat de fractuurweerstand van endodontisch behandelde elementen werd vergroot, maar er traden wel meer gunstige fracturen op die eindigden boven de glazuurcementgrens. De systematische review van Zhu et al (30) bevestigt dit resultaat bij klinische studies. In tegenstelling tot deze studies kon een eventueel effect van de vezelstift op het faalgedrag in de huidige studie niet worden aangetoond. Wel lijkt er, in tegenstelling tot de verwachting, bij de evaluatie van het effect van de stiftlengte in de opbouw een trend te zitten naar het optreden van meer gunstige fracturen bij een vezelstift zonder een stiftgedeelte in de opbouw ten opzichte van geen stift of een stiftlengte van 2 mm in de opbouw. Echter is deze bevinding niet significant en zou in vervolgonderzoek nader bestudeerd kunnen worden.

7.4 Klinische relevantie

Tandartsen komen regelmatig voor de vraag te staan hoe een endodontisch behandeld element met een minimaal resterend deel van de oorspronkelijke klinische kroon het beste gerestaureerd kan worden, aangezien er vaak meerdere opties mogelijk zijn. De resultaten van dit onderzoek suggereren dat de toepassing van een glasvezelmat op de preparatiebodem niet significant vaker resulteert in een gunstige fractuur. Daarentegen zorgt een vezelmat in het occlusale vlak van de opbouw ervoor dat een ongunstig fractuurpatroon wordt voorkomen. Wanneer gekozen wordt voor de toepassing van een vezelstift, kan de behandelaar op basis van de resultaten uit dit onderzoek de vezelstift niet te veel vanaf occlusaal gezien inkorten zodat het de fractuurweerstand niet negatief beïnvloedt. Daarnaast kan een afweging worden gemaakt om avitale gebitselementen te restaureren met een occlusale vezelmat. De resultaten suggereren dat de toepassing van een occlusale vezelmat een negatieve invloed heeft op de fractuurweerstand. Dit zou betekenen dat de kans groter is op het ontstaan van een fractuur, maar dat een eventuele fractuur wel reparabel is waardoor de prognose van deze elementen beter is ten opzichte van de premolaren zonder vezelversterking in het occlusale vlak. Wel moet rekening gehouden worden met een meer uitgebreide tijdrovende behandeling die ingewikkeld kan zijn.

7.5 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Zoals eerder vermeld, is het aan te raden om vervolgonderzoek te doen naar de invloed van glasvezelversterking bij avitale elementen zonder opstaande dentinewanden waarbij verschillende variaties worden onderzocht aangezien nog veel vragen onbeantwoord blijven. Hierbij kan het effect van een verhoogd aantal glasvezelmatjes in de composietopbouw, het verschil tussen meerdere locaties en verschillende afmetingen van de vezelmatjes, waarbij ook de proximale vlakken bedekt worden, verder worden onderzocht. Wat betreft de vezelstift is het van belang om meer duidelijkheid te krijgen over het effect van de stiftlengte in de opbouw aangezien dit effect naar beste weten van de auteur tot op heden nog niet is onderzocht. Een alternatief om de combinatie van een vezelstift en een vezelmat verder te onderzoeken, zou het plaatsen van een vezelstift met een stiftlengte van 2 mm in de opbouw kunnen zijn waarbij de vezelmat over de gehele bodem en met scherpe hoeken over het stiftoppervlak loopt. Echter is dit een ingewikkelde methode waardoor de klinische relevantie beperkt is. Daarnaast kan het nuttig zijn het effect van glasvezelversterking onder invloed van cyclische belasting te onderzoeken zoals in de studie van Monaco et al (21) wordt toegepast. Hiermee kan het onderzoek beter vertaald worden naar de klinische situatie doordat de kauwkrachten verschillen van sterkte, richting en snelheid.

8 Conclusie

In dit in vitro onderzoek was het primaire doel het effect van glasvezelversterking, in de vorm van een glasvezelmat en glasvezelstift, te onderzoeken bij endodontische behandelde bovenpremolaren zonder opstaande dentinewanden. Hierbij werden verschillende variabelen onderzocht die van invloed konden zijn op de fractuurweerstand en het faalgedrag. Op grond van de resultaten wordt geconcludeerd dat het toepassen van deze methodes de fractuurweerstand van deze elementen niet verhoogd. Daarnaast hadden de groepen met een glasvezelmat in het occlusale vlak, een vezelstift zonder stiftlengte in de opbouw en de groep waarbij deze methodes gecombineerd werden een significant lagere fractuurweerstand dan de groep zonder vezelversterking. Hiermee kan de eerste hoofdhypothese worden verworpen en kunnen daarnaast de deelhypotheses 1 en 3 niet worden aangenomen. Doordat enkel de vezelmat in het occlusale vlak significant vaker resulteert in gunstige fracturen, kan hoofdhypothese 2 gedeeltelijk worden aangenomen. Doordat een glasvezelstift niet van invloed is op het fractuurpatroon kan deelhypothese 4 niet worden aangenomen. De groepen gerestaureerd met een glasvezelmat in het occlusale vlak van de composietopbouw hadden significant vaker een gunstig fractuurpatroon, waardoor deelhypothese 2 gedeeltelijk kan worden aangenomen aangezien de locatie van de vezelmat wel van invloed is.

9 Referentie lijst

1. **Acquaviva PA, Madini L, Krokidis A, Gagliani M, Mangani F, Cerutti A.** Adhesive restoration of endodontically treated premolars: influence of posts on cuspal deflection. *J Adhes Dent* 13: 279–286, 2011.
2. **Adanir N, Belli S.** Evaluation of Different Post Lengths' Effect on Fracture Resistance of a Glass Fiber Post System. *Eur J Dent* 2: 23–28, 2008.
3. **Ayad MF, Maghrabi AA, García-Godoy F.** Resin composite polyethylene fiber reinforcement: effect on fracture resistance of weakened marginal ridges. *Am J Dent* 23: 133–136, 2010.
4. **Belli S, Erdemir A, Ozcopur M, Eskitascioglu G.** The effect of fibre insertion on fracture resistance of root filled molar teeth with MOD preparations restored with composite. *Int Endod J* 38: 73–80, 2005.
5. **Belli S, Erdemir A, Yildirim C.** Reinforcement effect of polyethylene fibre in root-filled teeth: comparison of two restoration techniques. *Int Endod J* 39: 136–142, 2006.
6. **Cloet E, Debels E, Naert I.** Controlled Clinical Trial on the Outcome of Glass Fiber Composite Cores Versus Wrought Posts and Cast Cores for the Restoration of Endodontically Treated Teeth: A 5-Year Follow-up Study. *Int J Prosthodont* 30: 71–79, 2017.
7. **Costa S, Silva-Sousa Y, Curylofo F, Steier L, Sousa-Neto M, Souza-Gabriel A.** Fracture resistance of mechanically compromised premolars restored with polyethylene fiber and adhesive materials. *Int J Adhes Adhes* 50: 211–215, 2014.
8. **Daher R, Feilzer AJ, Krejci I.** Novel non-invasive reinforcement of MOD cavities on endodontically treated teeth. *J Dent* 54: 77–85, 2016.
9. **Fennis WMM, Kreulen CM, Fokkinga WA.** Toepassing van vezelversterkte composieten in de tandheelkunde. In: *Het tandheelkundig jaar 2014*, edited by Aps JKM, Brand HS, Duyck J, Es RJJ van, Jacobs R, Vissink A. Bohn Stafleu van Loghum, p. 129–141.
10. **Fennis WMM, Kuijs RH, Kreulen CM, Roeters FJM, Creugers NHJ, Burgersdijk RCW.** A survey of cusp fractures in a population of general dental practices. *Int J Prosthodont* 15: 559–563, 2002.
11. **Fennis WMM, Tezvergil A, Kuijs RH, Lassila LVJ, Kreulen CM, Creugers NHJ, Vallittu PK.** In vitro fracture resistance of fiber reinforced cusp-replacing composite restorations. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater* 21: 565–572, 2005.
12. **Fokkinga WA, Fennis WMM, Witter DJ, Kreulen CM, Creugers NHJ.** Funderingsrestauraties bij uitgebreid weefselverlies van gebitselementen. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 120: 81–90, 2013.
13. **Fokkinga WA, Kreulen CM, Le Bell-Rönnlöf AM, Lassila LVJ, Vallittu PK, Creugers NHJ.** Fracture behavior of structurally compromised non-vital maxillary premolars restored using experimental fiber reinforced composite crowns. *Am J Dent* 19: 326–332, 2006.
14. **Jafari Navimipour E, Ebrahimi Chaharom ME, Alizadeh Oskoe P, Mohammadi N, Bahari M, Firouzmandi M.** Fracture Resistance of Endodontically-treated Maxillary Premolars Restored with Composite Resin along with Glass Fiber Insertion in Different Positions. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 6: 125–130, 2012.

15. **Jindal S, Jindal R, Mahajan S, Dua R, Jain N, Sharma S.** In vitro evaluation of the effect of post system and length on the fracture resistance of endodontically treated human anterior teeth. *Clin Oral Investig* 16: 1627–1633, 2012.
16. **Karzoun W, Abdulkarim A, Samran A, Kern M.** Fracture strength of endodontically treated maxillary premolars supported by a horizontal glass fiber post: an in vitro study. *J Endod* 41: 907–912, 2015.
17. **Khan AS, Azam MT, Khan M, Mian SA, Ur Rehman I.** An update on glass fiber dental restorative composites: a systematic review. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 47: 26–39, 2015.
18. **Kubo M, Komada W, Otake S, Inagaki T, Omori S, Miura H.** The effect of glass fiber posts and ribbons on the fracture strength of teeth with flared root canals restored using composite resin post and cores. *J Prosthodont Res* 62: 97–103, 2018.
19. **Luthria A, Sreekha A, Hegde J, Karale R, Tyagi S, Bhaskaran S.** The reinforcement effect of polyethylene fibre and composite impregnated glass fibre on fracture resistance of endodontically treated teeth: An in vitro study. *J Conserv Dent JCD* 15: 372–376, 2012.
20. **Makade CS, Meshram GK, Warhadpande M, Patil PG.** A comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth restored with different post core systems - an in-vitro study. *J Adv Prosthodont* 3: 90–95, 2011.
21. **Monaco C, Arena A, Scotti R, Krejci I.** Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth Restored with Composite Overlays with and without Glass-fiber Reinforcement. *J Adhes Dent* 18: 143–149, 2016.
22. **Nicola S, Alberto F, Riccardo MT, Allegra C, Massimo SC, Damiano P, Mario A, Elio B.** Effects of fiber-glass-reinforced composite restorations on fracture resistance and failure mode of endodontically treated molars. *J Dent* 53: 82–87, 2016.
23. **Oskoe PA, Ajami AA, Navimipour EJ, Oskoe SS, Sadjadi J.** The effect of three composite fiber insertion techniques on fracture resistance of root-filled teeth. *J Endod* 35: 413–416, 2009.
24. **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 J Aust Soc Endodontology Inc* 42: 82–87, 2016.
25. **Shivanna V, Gopeshetti PB.** Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite resin reinforced with polyethylene fibres. *Endodontology* 24: 73–79, 2013.
26. **Sterzenbach G, Franke A, Naumann M.** Rigid versus flexible dentine-like endodontic posts--clinical testing of a biomechanical concept: seven-year results of a randomized controlled clinical pilot trial on endodontically treated abutment teeth with severe hard tissue loss. *J Endod* 38: 1557–1563, 2012.
27. **Sungur DD, Ersu B, Tezvergil-Mutluy A, Canay S.** The Fracture Resistance of Composite Core Materials Reinforced by Varying Fiber Orientations. *Int J Prosthodont* 30: 25–26, 2017.
28. **Velzen SKT van, Wesselink PR, Cleen MJHD.** *Endodontologie*. Bohn Stafleu van Loghum, 2010.
29. **Yang A, Lamichhane A, Xu C.** Remaining coronal dentin and risk of fiber-reinforced composite post-core restoration failure: a meta-analysis. *Int J Prosthodont* 28: 258–264, 2015.

30. **Zhu Z, Dong X-Y, He S, Pan X, Tang L.** Effect of Post Placement on the Restoration of Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review. *Int J Prosthodont* 28: 475–483, 2015.
31. **Zicari F, van Meerbeek B, Scotti R, Naert I.** Effect of fibre post length and adhesive strategy on fracture resistance of endodontically treated teeth after fatigue loading. *J Dent* 40: 312–321, 2012.
32. **Zielhuis G, Heyendael P, Maltha J, Riel P.** Handleiding medisch-wetenschappelijk onderzoek. Elsevier Gezondheidszorg, 2010, p. Hoofdstuk 6.

10 Bijlage 1 In vitro studies met vezelversterking in de kroon

Tabel 6. In vitro studies over vezelversterking in de kroon.

Artikel	N per groep	Groepen	Soort vermoeiings-belasting	Belasting d.m.v. universele testmachine	Gem. kracht tot falen in Newton ± SD	Resultaten/conclusie beschreven door de auteurs
<i>Bovenpremolaren</i>						
(16)	12	G1: intacte elementen G2: endo, MOD preparatie, geen restauratie G3: endo, MOD met composietrestauratie G4: endo, MOD restauratie met horizontale glasvezelstift buccaal-palatinaal G5: endo, horizontale vezelstift zonder composietrestauratie	N.v.t.	<u>Plaats:</u> geen contact met restauratie <u>Snelheid:</u> 1 mm/min <u>Hoek t.o.v. lengteas element:</u> 0°	G1: 994.5 ± 147.3 G2: 411.8 ± 104.0 G3: 482.1 ± 72.9 G4: 961.3 ± 245.2 G5: 656.05 ± 139.4	De hoogste fractuurweerstand was waargenomen in G1, de laagste in G2. Significant hogere fractuurweerstand in G1 dan bij de andere groepen, behalve G4. Significante toename in fractuurweerstand bij het plaatsen van een horizontale vezelstift. Alle groepen behalve G4 hadden gunstige fracturen.
(23)	15	G1: endo, MOD preparatie en composietrestauratie G2: endo, MOD preparatie, glasvezelmat 2 mm breed op preparatiebodem, composietrestauratie G3: endo, MOD preparatie, 1/3 gevuld met composiet, glasvezelmat, rest van de composietrestauratie G4: endo, MOD preparatie en composietrestauratie, groef 2 mm buccolinguaal waarin de glasvezelmat werd aangebracht	Thermocycling 5°C ± 2°C tot 55°C ± 2°C 500x	<u>Plaats:</u> occlusale oppervlak en buccale en palatinale knobbels <u>Snelheid:</u> 0,5 mm/min <u>Hoek t.o.v. lengteas element:</u> 0°	G1: 701.40 ± 158.98 G2: 672.67 ± 126.76 G3: 811.67 ± 145.86 G4: 1113.67 ± 242.39	De fractuurweerstand van G4 (occlusale vezelmat) was significant hoger dan de andere groepen en deze groep had het hoogste aantal gunstige fracturen.
(7)	10	G1: intacte elementen G2: MODP preparatie, endo, composietrestauratie G3: MODP preparatie, endo, vezelstift en composietrestauratie	Thermocycling 5-55°C 1000x	<u>Plaats:</u> palatinale knobbeltop <u>Snelheid:</u> 1 mm/min <u>Hoek t.o.v. lengteas element:</u> 45°	G1: 410.7 ± 106.9 G2: 177.7 ± 52.1 G3: 264.6 ± 88.5 G4: 300.7 ± 80.2 G5: 377.5 ± 107.7	Groepen G1, G3 en G5 toonden geen wortelfracturen. Er was geen significant verschil tussen de fractuurweerstand van G1 en G4 en G5. De toevoeging van een Ribbond vezel zorgt voor een betere

		G4: MODP preparatie, endo, polyethyleen vezelmat en composietrestauratie G5: MODP preparatie, endo, vezelstift, polyethyleen vezelmat en composietrestauratie				fractuurweerstand dan enkel een directe composietrestauratie.
(14)	15	G1: endo, MOD preparatie, composietrestauratie G2: endo, MOD preparatie, composietrestauratie met glasvezelbundel in het occlusale derde deel G3: endo, MOD preparatie, composietrestauratie met circulaire glasvezelbundel in het cervicale derde deel G4: endo, MOD preparatie, composietrestauratie met occlusale en circulaire glasvezel	Thermocycling 5±2°C/55±22°C 500x	<u>Plaats:</u> occlusale vlak <u>Snelheid:</u> 0.5 mm/min <u>Hoek t.o.v. lengteas element:</u> 0°	G1: 885 ± 356 G2: 1593 ± 300 G3: 1316 ± 406 G4: 1726 ± 246	Vezelversterking zorgt voor een significant hogere fractuurweerstand. De fractuurweerstand van de groep met gecombineerde vezelversterking was significant hoger dan de groep met circulaire vezels, maar niet hoger dan de groep met occlusale vezelversterking. De meest gunstige fracturen werden in de groep met circulaire vezels gevonden.
(19)	15	G1: intacte elementen G2: endo, MOD preparatie, composietrestauratie G3: endo, MOD, glasvezelversterkte composietrestauratie G4: endo, MOD, polyethyleen vezelversterkte composietrestauratie	Thermocycling 5-55 °C 500x	<u>Plaats:</u> occlusale vlak restauratie en buccale en linguale knobbeltoppen <u>Snelheid:</u> 0,5 mm/min <u>Hoek t.o.v. lengteas element:</u> 0°	G1: 811.90 ± 238.58 G2: 516.96 ± 151.87 G3: 600.49 ± 131.69 G4: 514.64 ± 111.33	Geen significantie tussen G2, G3 en G4, maar de fractuurweerstand van G3 was veel hoger dan de andere twee. Daarnaast verlaagd een endo en MOD preparatie de fractuurweerstand van bovenpremolaren significant.
(25)	20	G1: intacte elementen G2: endo, MOD preparatie, geen restauratie G3: endo, MOD preparatie, composietrestauratie G4: endo, polyethyleen vezelmat bucco-linguale richting, composietrestauratie	N.v.t.	<u>Plaats:</u> onbekend <u>Snelheid:</u> onbekend <u>Hoek t.o.v. lengteas element:</u> onbekend	G1: 1098.3 G2: 171.2 G3: 440.9 G4: 524.8 (SD niet gegeven)	G4 had een significant hogere fractuurweerstand dan G2 en G3. Daarnaast was het faalgedrag van de elementen uit G4 significant gunstiger dan die van de andere groepen.
(13)	14	Klinische kronen tot 1,5 mm boven glazuur-cementgrens verwijderd G1: endo, glasvezelstift, directe composietkroon	N.v.t.	<u>Plaats:</u> centrale fissuur occlusale vlak in de richting van de buccale knobbeltop. <u>Snelheid:</u> 5 mm/min	G1: 1752.9 ± 509.5 G2: 1666.4 ± 355.5 G3: 1763.9 ± 467.3	Geen significant verschil in fractuurweerstand van de drie groepen. G2 had meer gunstige fracturen dan de andere twee groepen. De glasvezelmat heeft dus geen

		G2: endo, glasvezelstift, glasvezelmat, directe composietkroon G3: endo, directe composietkroon		<u>Hoek t.o.v. lengteas element:</u> 30°		effect op de fractuurweerstand, maar wel op het faalgedrag.
<i>Ondermolaren</i>						
(3)	10	G1: intacte elementen G2: klasse I preparatie, composietrestauratie G3: klasse I preparatie, polyethyleen vezelmat, composietopbouw G4: klasse II preparatie, composietopbouw G5: klasse II preparatie, polyethyleen vezelmat, composietopbouw	N.v.t.	<u>Plaats:</u> marginale rand <u>Snelheid:</u> 0,5 mm/min <u>Hoek t.o.v. lengteas element:</u> 0°	G1: 1737.4 ± 84.8 G2: 1400.1 ± 79.5 G3: 1543.8 ± 71.1 G4: 869.2 ± 91.7 G5: 1214.5 ± 78.6	Intacte elementen hadden de grootste fractuurweerstand. Van de experimentele groepen had G3 de grootste fractuurweerstand. Vezelversterking zorgt bij klasse I en II caviteiten voor een hogere fractuurweerstand.
(5)	10	G1: intacte elementen G2: endo, MOD preparatie, geen restauratie G3: endo, MOD preparatie, composietrestauratie G4: endo, MOD preparatie, composietrestauratie met occlusaal polyethyleen vezelmat G5: endo, MOD preparatie, polyethyleenvezelmat op preparatiebodem, composietrestauratie	N.v.t.	<u>Plaats:</u> occlusale vlak restauratie en buccale en linguale knobbeltoppen <u>Snelheid:</u> 0,5 mm/min <u>Hoek t.o.v. lengteas element:</u> 0°	G1: 1671.57 ± 131.54 G2: 375.21 ± 34.30 G3: 749.47 ± 124.54 G4: 1224.36 ± 132.17 G5: 926.88 ± 118.28	De vezelversterkte elementen hadden een significant hogere fractuurweerstand dan de andere elementen. Wanneer de vezel op het occlusale vlak van de restauratie werd aangebracht werd een significant hogere fractuurweerstand verkregen.
(21)	8	G1: geen funderingsrestauratie in pulpakamer, composietrestauratie G2: geen funderingsrestauratie in pulpakamer, vezelmat en composietrestauratie G3: funderingsrestauratie in pulpakamer, composietrestauratie G4: funderingsrestauratie in pulpakamer, vezelmat, composietrestauratie	Mechanische belasting (1.200.000 cycli van 50N met hardstalen 'knobbels' met de hardheid van glazuur	<u>Plaats:</u> occlusale vlak restauratie <u>Snelheid:</u> 1 mm/min <u>Hoek t.o.v. lengteas element:</u> 0°	Precieze waarden zijn niet gegeven.	Het aanbrengen van glasvezels en de aanwezigheid van een funderingsrestauratie in de pulpakamer verhoogde de fractuurweerstand en had een positief effect op het faalgedrag.

11 Bijlage 2 Tukey's post-hoc test

Tabel 7. Resultaat Post Hoc test met multiële vergelijkingen waarbij de gemiddelde fractuurweerstand als afhankelijke variabele is gedefinieerd.

(I) Groep	(J) Groep	Gemiddeld verschil (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Betrouwbaarheidsinterval	
					Ondergrens	Bovengrens
1	2	278,58493000*	71,24632666	,004	57,3596035	499,8102565
	3	55,21263750	71,24632666	,994	-166,0126890	276,4379640
	4	231,63491333*	71,24632666	,033	10,4095868	452,8602398
	5	105,74762750	71,24632666	,814	-115,4776990	326,9729540
	6	147,82812833	71,24632666	,439	-73,3971982	369,0534548
	7	164,10380333	71,24632666	,304	-57,1215232	385,3291298
	8	247,28840000*	71,24632666	,018	26,0630735	468,5137265
2	1	-278,58493000*	71,24632666	,004	-499,8102565	-57,3596035
	3	-223,37229250*	71,24632666	,046	-444,5976190	-2,1469660
	4	-46,95001667	71,24632666	,998	-268,1753432	174,2753098
	5	-172,83730250	71,24632666	,242	-394,0626290	48,3880240
	6	-130,75680167	71,24632666	,598	-351,9821282	90,4685248
	7	-114,48112667	71,24632666	,745	-335,7064532	106,7441998
	8	-31,29653000	71,24632666	1,000	-252,5218565	189,9287965
3	1	-55,21263750	71,24632666	,994	-276,4379640	166,0126890
	2	223,37229250*	71,24632666	,046	2,1469660	444,5976190
	4	176,42227583	71,24632666	,219	-44,8030507	397,6476023
	5	50,53499000	71,24632666	,997	-170,6903365	271,7603165
	6	92,61549083	71,24632666	,897	-128,6098357	313,8408173
	7	108,89116583	71,24632666	,790	-112,3341607	330,1164923
	8	192,07576250	71,24632666	,138	-29,1495640	413,3010890
4	1	-231,63491333*	71,24632666	,033	-452,8602398	-10,4095868
	2	46,95001667	71,24632666	,998	-174,2753098	268,1753432
	3	-176,42227583	71,24632666	,219	-397,6476023	44,8030507
	5	-125,88728583	71,24632666	,644	-347,1126123	95,3380407
	6	-83,80678500	71,24632666	,937	-305,0321115	137,4185415
	7	-67,53111000	71,24632666	,980	-288,7564365	153,6942165
	8	15,65348667	71,24632666	1,000	-205,5718398	236,8788132
5	1	-105,74762750	71,24632666	,814	-326,9729540	115,4776990
	2	172,83730250	71,24632666	,242	-48,3880240	394,0626290
	3	-50,53499000	71,24632666	,997	-271,7603165	170,6903365
	4	125,88728583	71,24632666	,644	-95,3380407	347,1126123
	6	42,08050083	71,24632666	,999	-179,1448257	263,3058273
	7	58,35617583	71,24632666	,992	-162,8691507	279,5815023
	8	141,54077250	71,24632666	,497	-79,6845540	362,7660990

6	1	-147,82812833	71,24632666	,439	-369,0534548	73,3971982
	2	130,75680167	71,24632666	,598	-90,4685248	351,9821282
	3	-92,61549083	71,24632666	,897	-313,8408173	128,6098357
	4	83,80678500	71,24632666	,937	-137,4185415	305,0321115
	5	-42,08050083	71,24632666	,999	-263,3058273	179,1448257
	7	16,27567500	71,24632666	1,000	-204,9496515	237,5010015
	8	99,46027167	71,24632666	,857	-121,7650548	320,6855982
	7	1	-164,10380333	71,24632666	,304	-385,3291298
2		114,48112667	71,24632666	,745	-106,7441998	335,7064532
3		-108,89116583	71,24632666	,790	-330,1164923	112,3341607
4		67,53111000	71,24632666	,980	-153,6942165	288,7564365
5		-58,35617583	71,24632666	,992	-279,5815023	162,8691507
6		-16,27567500	71,24632666	1,000	-237,5010015	204,9496515
8		83,18459667	71,24632666	,939	-138,0407298	304,4099232
8		1	-247,28840000*	71,24632666	,018	-468,5137265
	2	31,29653000	71,24632666	1,000	-189,9287965	252,5218565
	3	-192,07576250	71,24632666	,138	-413,3010890	29,1495640
	4	-15,65348667	71,24632666	1,000	-236,8788132	205,5718398
	5	-141,54077250	71,24632666	,497	-362,7660990	79,6845540
	6	-99,46027167	71,24632666	,857	-320,6855982	121,7650548
	7	-83,18459667	71,24632666	,939	-304,4099232	138,0407298

12 Bijlage 3 Alternatieve definities faalgedrag

Tabel 8. Resultaten van de Logistische Regressie van 'faalgedrag 2'.

Faalgedrag 2		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I.for EXP(B)	
								Lower	Upper
Step	Vezelmat occlusaal			5,103	2	,078			
1 ^a	Geen vezelmat	-1,598	,708	5,097	1	,024	,202	,051	,810
	Vezelmat bodem	-1,122	,825	1,853	1	,173	,326	,065	1,638
	Stift 10 mm			1,484	2	,476			
	Geen stift	-,764	,633	1,459	1	,227	,466	,135	1,610
	Stift 12 mm	-,563	,756	,554	1	,457	,569	,129	2,507
	Constant	2,882	,764	14,248	1	,000	17,850		

Definitie 'faalgedrag 2'. Gunstige fractuur: 0,5 mm boven botniveau of hoger, ongunstige fractuur: 0,4 mm boven botniveau of lager.

Tabel 9. Resultaten van de Logistische Regressie van 'faalgedrag 3'.

Faalgedrag 3		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I.for EXP(B)	
								Lower	Upper
Step	Vezelmat occlusaal			5,311	2	,070			
1 ^a	Geen vezelmat	-1,590	,706	5,073	1	,024	,204	,051	,814
	Vezelmat bodem	-,841	,851	,976	1	,323	,431	,081	2,287
	Stift 10 mm			,912	2	,634			
	Geen stift	-,604	,644	,879	1	,349	,547	,155	1,933
	Stift 12 mm	-,469	,752	,388	1	,533	,626	,143	2,733
	Constant	2,782	,757	13,491	1	,000	16,156		

Definitie 'faalgedrag 3'. Gunstige fractuur: op botniveau of hoger, ongunstige fractuur: onder botniveau.