

Von langen Fasern zu Nanofasern: die Entwicklung der Nutzung von Glasfasern in der Zahnmedizin

Interview mit Prof. Pekka Vallittu, Finnland



Prof. Pekka Vallittu schloss 1988 seine Ausbildung zum Dentaltechniker ab, promovierte 1994 zum Doktor der Dentalchirurgie und Doktor der Philosophie, erhielt 1995 eine außerordentliche Professur und spezialisierte sich im Jahr 2000 auf Prothetik und stomatognathe Physiologie. Derzeit ist er Professor und Lehrstuhlinhaber für Biomaterialwissenschaft an der medizinischen Fakultät der Universität Turku (Finnland) und ist zudem als Dekan des Zahnmedizinischen Instituts der Universität Turku und Direktor des Zentrums für Klinisches Biomaterial in Turku tätig. Er hat eine Ehrenprofessur an der Universität von Hongkong (Pokfulam) und eine Gastprofessur an der König-Saud-Universität in Riad (Saudi-Arabien). Seit den 1980er-Jahren hat er über 30 Jahre lang insbesondere auf dem Gebiet der glasfaserverstärkten Composites geforscht. Die ersten klinischen Anwendungen glasfaserverstärkter Composites fanden in der klinischen Zahnmedizin statt, später kamen sie in Kombination mit bioaktiven Komponenten als nichtmetallische, bioaktive Implantate auch in der Knochenchirurgie zur Anwendung. Der ISI Web of Science Index verzeichnet über 540 Originalveröffentlichungen von Prof. Vallittu. Er hat zwei Unternehmen gegründet, um neu entwickelte Composite-Materialien in der Zahnmedizin und Knochenchirurgie zur klinischen Anwendung zu bringen.

Könnten Sie sich bitte kurz vorstellen?

Beruflich habe ich als Zahntechniker angefangen und bin später auch Zahnarzt geworden. Bereits zu Beginn meines Studiums 1988 begann ich mit der Forschung zur Nutzung verschiedener Faserarten für die Verstärkung von Prothesen. 1994 schloss ich meine Dissertation zu diesem Thema ab. Direkt im Anschluss war ich knapp zwei Jahre lang am Nordic Institute of Dental Materials tätig, wo ich die Gelegenheit hatte, zusammen mit Dr. I. E. Ruyter zu forschen, einem der bekanntesten Experten für Polymerchemie in zahnmedizinischen Anwendungen. Hier erwarb ich fundierte Kenntnisse auf diesem Gebiet. Dann kehrte ich an die Universität Turku zurück und war 1997 einer der Gründer von Stick Tech (einem Spin-off der Universität Turku, Anm. d. Red.). Für mich persönlich traf ich jedoch die Entscheidung, nicht in dem Unternehmen zu arbeiten, sondern an der Universität zu bleiben, wo ich öffentliche Mittel für die weitere Forschung an glasfaserverstärkten Composites erhielt. Durch die jahrelange Forschung

hatten wir die Möglichkeit, eine beträchtliche Menge an wissenschaftlichen Grundlagen und Fachwissen über glasfaserverstärkte Composites aufzubauen. Im Jahr 2006 wurde ich Professor und Lehrstuhlinhaber für Biomaterialwissenschaft, 2009 wurde ich Direktor des Zentrums für Klinisches Biomaterial (TCBC) in Turku. Von 2004 bis 2012 war ich Dekan des Zahnmedizinischen Instituts der Universität Turku und diesen Posten nahm ich nach einer kurzen Unterbrechung 2018 wieder auf.

Was sind Ihrer Ansicht nach, die größten Vorteile von Glasfasern in der Zahnmedizin?

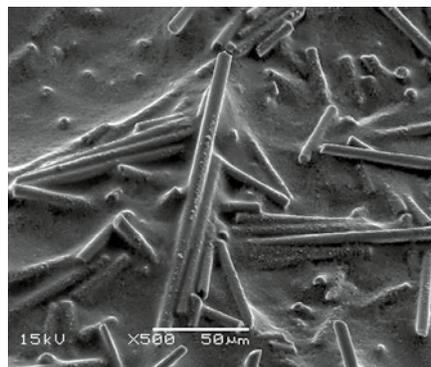
Glasfasern sind die einzige Möglichkeit, große direkte Restaurationen mit guten mechanischen Eigenschaften und langer Haltbarkeit herzustellen. Andere haltbare und belastbare Materialien wie Zirkon und Metall können nur für die Herstellung von indirekten Restaurationen, also außerhalb des Mundes, verwendet werden. Auf diese Weise können wir günstigere Restaurationen anbieten

und einer größeren Patientengruppe die Behandlung ermöglichen. Ein weiterer Vorteil ist, dass die mechanischen Eigenschaften von glasfaserverstärkten Composites, denen von Knochen und Dentin sehr ähnlich sind, was bei Metall oder Keramik nicht der Fall ist, denn diese Materialien sind sehr starr. Glasfaserverstärkte Composites sind die einzigen synthetischen Materialien, die die gleichen biomechanischen Ansprüche erfüllen wie Dentin oder Knochen.

Zu welchem Zweck wurde everX Flow entwickelt?

Die Forschung begann mit langen Glasfasern, wie sie auch in den everStick-Produkten verwendet werden, weil diese eine besonders lange Haltbarkeit ermöglichen. Allerdings ist Länge auch eine Frage des Einsatzzwecks, denn für Vorrichtungen und Restaurationen wie Schienen und Brücken, die eine größere Spannweite haben, wird eine andere Länge benötigt als für Einzelzahnrestaurationen. Bei der Entwicklung von everX Posterior haben wir in erster Linie den Zweck verfolgt, die optimale Glasfaserlänge im Verhältnis zur Größe des Zahns zu finden, damit die Glasfasern als Verstärkung wirken. Das Ergebnis war eine durchschnittliche Glasfaserlänge von 0,7 mm bis 1 mm in everX Posterior, denn damit bietet das Produkt hervorragende mechanische Eigenschaften und insbesondere eine höhere Festigkeit. Allerdings waren die optimale Anpassung und Platzierung nicht immer so leicht zu erreichen, wie wir es uns gewünscht hätten. In der Zwischenzeit kamen Bulk-Fill-Composites auf den Markt und wurden zu einem beliebten Material, nicht wegen ihrer Eigenschaften, sondern wegen der einfachen Anwendung. Somit entstand die Idee, eine fließfähige

Version zu entwickeln. Einerseits gingen wir davon aus, dass kürzere Glasfasern zu weniger positiven Eigenschaften führen würden. Andererseits wussten wir jedoch aus der Fachliteratur, dass die Glasfaserlänge proportional zum Durchmesser sein sollte. Also begannen wir mit der Suche nach dem so genannten „optimalen Längenverhältnis“. Die Glasfasern in everX Flow sind kürzer, aber auch dünner. Mit diesen kleineren Glasfasern ließe sich die Viskosität verändern; die Glasfasern in everX Flow sind rund 0,1 mm lang, doch sie haben einen wesentlich geringeren Durchmesser. Man könnte auch die Menge der Glasfasern erhöhen, um die Festigkeit zu erhalten, die ja das Hauptargument für die Glasfaserverstärkung ist. Die Forschung konzentriert sich überwiegend auf die Festigkeit, denn diese hat sich als der beste Indikator für die Langlebigkeit einer Restauration erwiesen¹.



REM-Aufnahme der Glasfasern in everX Flow. Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Lippo Lassila, Universität Turku

Welche Rolle haben Sie bei der Entwicklung dieses Materials gespielt?

Ich habe die Entwicklung von glasfaserverstärkten Composite-Materialien (FRC) angestoßen und koordiniert. Den Großteil der Forschungsarbeit im Labor hat

Dr. Lippo Lassila übernommen, der Forschungsleiter in diesem speziellen Projekt, zusammen mit dem Lehrbeauftragten Sufyan Garoushi und unseren kompetenten Labormitarbeitern. Dr. Garoushi schrieb seine Doktorarbeit über mit kurzen Glasfasern verstärkte Composites. Später war ich an der Phase der klinischen Tests beteiligt und habe das Projekt aus klinischer und materialwissenschaftlicher Sicht geleitet. Das gesamte Projekt war eine Kooperation, bei der das TCBC für die Forschung und die Forschungsentwicklung verantwortlich war und Stick Tech – mittlerweile ein Unternehmen der GC-Gruppe – die Forschung in ein industrielles Projekt umgesetzt hat.

Sie bezeichnen glasfaserverstärkte Composites oft als biomimetische Restaurationen. Was genau meinen Sie mit diesem Begriff?

Wenn Sie menschliches Gewebe analysieren, stellen Sie fest, dass Dentin und Knochen eigentlich faserverstärkte Materialien sind, denn sie bestehen aus Kollagenfasern und Apatitmineralien. Obwohl die chemische Zusammensetzung der glasfaserverstärkten Composites natürlich anders ist, bilden sie eine ähnliche Struktur. Darüber hinaus ist das biomechanische Verhalten der Composites dem des Dentins ähnlich.

Gibt es weitere Unterschiede zwischen everX Posterior und everX Flow? Haben sie die gleichen Indikationen?

Die Indikationen sind sehr ähnlich, wobei der Hauptunterschied in der Anwendung besteht und zwar aufgrund der Viskosität. Grundsätzlich handelt es

From long fibres to nano fibres: evolution of the use of fibres in dentistry

sich bei beiden Produkten um Basismaterialien zur Verstärkung restaurierter Zähne. everX Flow wird mittlerweile zudem für den Stumpfaufbau bei Metall- und Keramikronen empfohlen.



Während der Platzierung behält das Material seine Form (oben), doch unter Schubspannung oder Druck wird es fließfähig (unten).

everX Flow ist in 2 Farbtönen erhältlich. Was sind die Unterschiede und für welche Fälle sind die beiden Farbtöne indiziert?

Der „Bulk“-Farbton ist stärker transluzent und lässt sich in Schichten bis zu 5,5 mm aushärten, wodurch er für ein breiteres Spektrum an Indikationen geeignet ist. Der „Dentin“-Farbton ist ästhetischer und lässt sich in Schichten bis zu 2,0 mm aushärten.

Was ist der Unterschied zwischen herkömmlichen Bulk-Fill-Composites und everX Flow?

In Bezug auf die Indikationen sind sie sich

sehr ähnlich. Allerdings ist everX Flow ein Basismaterial, das die darunter und darüber liegenden Strukturen verstärken soll. Es muss mit einem regulären Composite bedeckt werden, das sich leicht polieren lässt. Auch wenn viele Bulk-Fill-Composites ebenfalls eine weitere Schicht benötigen, sollte es streng nach Definition bedeuten, dass man ein und dasselbe Material in einem Schritt von ganz unten bis zur Oberfläche verwenden kann.

Wieviel stärker ist everX Flow? Wie wirkt sich das auf die Leistungsfähigkeit aus?

Seine Festigkeit und das ist die wichtigste Materialeigenschaft für den klinischen Erfolg¹, ist zweimal so hoch wie bei allen anderen Arten von Composites auf dem Markt; das gilt übrigens auch für everX Posterior. Die Auswirkung auf die Leistungsfähigkeit der Restauration ist von der Größe und Form des zerstörten Zahns sowie vom Verhältnis zwischen everX Flow und dem darüber angewendeten Composite abhängig. Das Verhältnis zwischen dem mit kurzen Glasfasern verstärkten Basismaterial und dem konventionellen Composite in der Restauration sollte analog zur Dentin- und Zahnschmelzstruktur sein. Das bedeutet, dass ca. 1-1,5 mm der Okklusalfäche aus regulärem Composite bestehen sollten, um dem restaurierten Zahn insgesamt die optimale mechanische Festigkeit zu verleihen^{2,3}. Wenn die Schicht des glasfaserverstärkten Composites nicht dick genug ist, ist der Nutzen geringer⁴. Als Faustregel gilt, dass Sie mit everX Flow das Dentin und mit dem regulären Composite den Zahnschmelz ersetzen; so bilden Sie die natürliche Zahnstruktur nach.

Muss everX Flow unbedingt mit einer abschließenden Schicht Composite bedeckt werden, und wenn ja, warum?

Aufgrund seiner Struktur enthält everX Flow sowohl Mikro- als auch Makrofüllerpartikel. Glasfasern sind große Partikel, die das Produkt etwas schlechter polierbar machen, obwohl sich in Laborversuchen eine sehr gute Abriebbeständigkeit gezeigt hat. Rein aufgrund der Abriebbeständigkeit könnte das Produkt an approximalen Kontaktpunkten ohne Abdeckschicht verwendet werden. Die offizielle Anweisung lautet jedoch weiterhin, everX Flow auch auf den Approximalflächen mit einem regulären Composite zu bedecken. Um die langfristige Wirkung genauer zu untersuchen, ist weitere Forschung erforderlich, doch die bisher vorliegenden Daten sind positiv.

Was sagt die Forschung zur Leistungsfähigkeit des Produkts?

Es gibt bereits zahlreiche Veröffentlichungen zu everX Flow; und zu everX Posterior liegen uns sogar noch mehr wissenschaftliche Nachweise vor. Fast alle Studien zeigen, dass das Material hervorragende Eigenschaften hat, beispielsweise die Festigkeit oder die mechanischen Eigenschaften. In vitro konnte gezeigt werden, dass sich in einer Restauration mit glasfaserverstärktem Composite Risse nicht so stark ausbreiten. Dies gilt auch an den Grenzflächen zwischen Composite-Schichten⁵. In den Studien, in denen kein wesentlicher Verstärkungseffekt festgestellt wurde, war meist die Schichtstärke der glasfaserverstärkten Schicht unzureichend. Studien anderer Forschergruppen haben die überlegenen mechanischen

Eigenschaften bestätigt und es laufen derzeit noch zahlreiche Studien zu diesem Thema.

Könnte everX Flow auch verwendet werden, um einen Stift zu ersetzen? Wenn ja, bei welchen Indikationen?

Am TCBC haben wir uns intensiv mit diesem Thema beschäftigt, sowohl in vitro als auch klinisch, und viele andere Forschergruppen beschäftigen sich ebenfalls damit. Insgesamt ist zu diesem Thema noch weitere Forschung erforderlich. Bei Molaren ist es möglich, mit einer Basis aus everX Posterior eine direkte Endkrone ohne Stift herzustellen und dies lässt sich entsprechend auch auf everX Flow übertragen. Diese Art der Endkrone entspricht den laborgefertigten Keramik-Endkronen. Die Restauration reicht nur ca. 2-3 mm in die Wurzelkanäle hinein, sofern die Wände parallel sind und der Durchmesser ausreichend groß ist. Der in den Wurzelkanal hineinreichende Teil der Restauration sollte dabei genauso hoch oder höher sein als der koronale Teil. Die Schichtstärke der okklusalen Verblendung der Restauration sollte mehr als 1-2 mm betragen.

Es wurden Studien im Frontzahn- und Prämolarenbereich durchgeführt, die äußerst vielversprechende Ergebnisse haben, doch bislang gibt es noch keine

ausreichende Grundlage für eine klinische Empfehlung. Es ist jedoch möglich, everX Flow mit dem vorgefertigten Glasfaserstift zu kombinieren und everX Flow anstelle von Zement für den koronalen Teil des Wurzelkanals und den Stumpf zu verwenden. Das ist bereits eine Verbesserung gegenüber herkömmlichem Befestigungszement. Natürlich sind die Ergebnisse stark von der verbleibenden Zahnschicht abhängig. Wenn eine beträchtliche Schädigung bis zum Gingivaniveau vorliegt, wird weiterhin ein dicker und gut befestigter Glasfaserstift benötigt, um für die erforderliche Retention zu sorgen. Die wissenschaftliche Grundlage könnte in den nächsten 2-3 Jahren vorliegen.

Was sind Ihre zukünftigen Forschungsthemen?

Morgen halte ich einen Vortrag über die Kaufunktion von Riesenpandas und die evolutionäre Anpassung der Condylen an diese Funktion. Im Bereich der glasfaserverstärkten Composites streben wir eine noch größere Ähnlichkeit zum natürlichen Dentin an; unter anderem untersuchen wir Nanofasern sowie Zusammensetzungen und Strukturen, die Apatitmineralien ähneln. Außerdem arbeiten wir mit einer anderen Forschergruppe zusammen an erweiterten Indikationen bei chirurgischen Anwendungen, wobei wir die biologischen Aspekte der knochenbildenden Zelllinien berücksichtigen. Dies hängt auch mit den die Knochenregeneration fördernden Materialien in der Parodontologie und Oralchirurgie zusammen.



Literatur

1. Heintze SD, Hickel R, Reis A, Loguercio AS, Rousson V, Dent Mater 2017;33:e101-e114.
2. Omran TA, Garoushi S, Lassila L, Shinya A, Vallittu PK. Bonding interface affects the load-bearing capacity of bilayered composite. Dent Mater J. 2019; 38(6):1002-1011.
3. Garoushi S, Lassila LV, Tezvergil A, Vallittu PK. Load bearing capacity of fibre-reinforced and particulate filler composite resin combination. J Dent 2006; 34:763-769.
4. Rocca GT, Saratti CM, Poncet A, Feilzer AJ, Krejci I. The influence of FRCs reinforcement on marginal adaptation of CAD/CAM composite resin endocrowns after simulated fatigue loading. Odontology 2016; 104:220-232.
5. Tiu J, Belli R, Lohbauer U. Rising R-curves in particulate/ fiber-reinforced resin composite layered systems. J Mech Behav Biomed Mater. 2019;103:103537.