

Des fibres longues aux nanofibres : l'évolution de l'utilisation des fibres en dentisterie



Le **Prof. Pekka Vallittu** est titulaire de plusieurs diplômes : technologie dentaire en 1988, puis docteur en chirurgie dentaire et docteur en philosophie en 1994. En 1995, il a occupé un poste de professeur adjoint. En 2000, il a été reconnu spécialiste en dentisterie prothétique et physiologie stomatognathique par l'European Prosthodontic Association. Actuellement, il est professeur titulaire et président de la section des sciences des biomatériaux de la faculté de médecine, université de Turku (Finlande). Il occupe le poste de Doyen de l'institut de dentisterie de l'université de Turku et de directeur du centre des biomatériaux cliniques de Turku (TCBC). Il est professeur honoraire à l'université de Hong Kong, Pokfulam et professeur invité à l'université King Saud à Riyad (Arabie saoudite). Dans les années 1980, il a principalement orienté sa recherche vers les composites renforcés en fibres, et cette activité a duré plus de 30 années. Les premières applications cliniques des composites renforcés en fibres ont eu lieu dans les cliniques dentaires puis en chirurgie osseuse où ils ont été associés à des composants bioactifs pour servir d'implants bioactifs non métalliques. Pekka Vallittu compte plus de 540 publications originales dans l'index du Web of Science, créé par la société ISI (Institute for Scientific Information). Il a constitué deux entreprises en vue d'exploiter l'utilisation clinique des nouveaux matériaux composites en dentisterie et en chirurgie osseuse.

Entretien avec le professeur Pekka Vallittu, Finlande

Voudriez-vous nous dire quelques mots sur vous s'il vous plaît ?

J'ai commencé ma carrière comme prothésiste dentaire et plus tard, j'ai aussi suivi une formation de chirurgien-dentiste. Au cours de mes études de premier cycle, en 1988, j'avais déjà entrepris une recherche sur l'utilisation de divers types de fibres pour renforcer les prothèses. En 1994, j'ai terminé ma thèse de doctorat sur ce sujet. Peu après, j'ai travaillé au NIOM, l'institut nordique des matériaux dentaires, où je suis resté presque deux ans et ai eu la chance de poursuivre ma recherche avec le Dr I.E. Ruyter, l'un des plus grands spécialistes de la chimie des polymères dans les applications dentaires. J'y ai gagné une profonde connaissance dans le domaine. Ensuite, je suis retourné à l'université de Turku où j'ai contribué à la fondation de Stick Tech (une entreprise dérivée de l'université de Turku, R&D) en 1997. Toutefois, plutôt que de m'engager

dans cette entreprise, j'ai pris la décision de demeurer à l'université et j'ai obtenu un financement de l'état pour continuer ma recherche sur les composites renforcés en fibres. Durant ces nombreuses années de recherche, nous avons pu accumuler une énorme quantité de données et d'expertise dans le domaine des composites renforcés en fibres. En 2006, je suis devenu professeur et président du département des sciences des biomatériaux et en 2009, directeur du TCBC, le centre des biomatériaux cliniques de Turku. J'ai occupé le poste de Doyen de l'institut de dentisterie de l'université de Turku de 2004 à 2012, puis de nouveau en 2018 après avoir pris une courte pause.

Selon vous, quels sont les principaux avantages des fibres en dentisterie ?

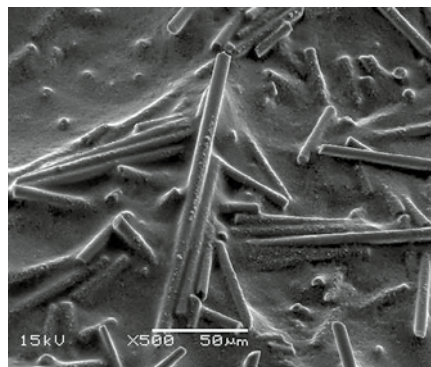
Seules les fibres permettent de réaliser de grandes restaurations directes qui possèdent des propriétés mécaniques

satisfaisantes et une bonne durabilité. D'autres matériaux résistants et durables, tels que la zircone et le métal, ne peuvent être traités qu'en technique indirecte, hors de la bouche. Les fibres nous permettent donc de produire des restaurations plus abordables et de proposer un traitement à un groupe plus diversifié de patients. Les composites renforcés en fibres offrent également l'avantage de posséder des propriétés mécaniques très proches de celles du tissu osseux et de la dentine, ce qui n'est pas le cas des métaux ou des céramiques de nature très rigide. Ils représentent les seuls matériaux synthétiques qui répondent aux mêmes exigences biomécaniques que la dentine ou l'os.

Quel a été le but du développement d'everX Flow ?

La recherche a commencé avec les fibres longues, utilisées pour les produits everStick, qui sont les plus durables. Cependant, la longueur dépend également de l'usage que l'on fait des fibres. Des appareils et des prothèses comme les gouttières et les bridges de longue portée requièrent une autre longueur qu'une restauration de dent unitaire. Nous avons entrepris le développement d'everX Posterior avec l'objectif premier de déterminer la longueur optimale des fibres en fonction de la dimension de la dent, de façon à obtenir un effet de renforcement. Pour everX Posterior, nous sommes parvenus à une longueur de fibre moyenne comprise entre 0,7 mm et 1 mm qui a assuré d'excellentes propriétés mécaniques, et particulièrement une augmentation de la résistance. Malheureusement, l'adaptation et la mise en place n'ont pas toujours été aussi faciles à obtenir que nous l'aurions souhaité. Entre-temps, les composites d'obturation en bloc sont apparus sur le marché dentaire et ont gagné en popularité, non pas en raison de leurs

propriétés, mais de leur facilité d'utilisation. C'est pourquoi l'idée est venue de développer une version fluide. D'une part, nous nous attendions à ce que le raccourcissement des fibres affaiblisse les propriétés. Mais d'autre part, d'après la littérature, nous savions que la longueur des fibres doit être proportionnelle à leur diamètre. Nous sommes donc partis à la recherche de ce que l'on appelle le « Rapport Hauteur-Largeur optimal ». Les fibres d'everX Flow sont plus courtes mais aussi plus fines. Grâce à ces fibres plus petites, il était possible de modifier la viscosité ; les fibres d'everX Flow mesurent environ 0,1 mm de long, mais le diamètre est beaucoup plus petit. La quantité de fibres pouvait également être accrue et assurer ainsi le maintien de la résistance, ce qui est la finalité première du renforcement en fibres. Presque toute la recherche est centrée sur la résistance, car il a été montré que celle-ci est le meilleur indicateur de la longévité d'une restauration¹.



MEB des fibres de verre d'everX Flow
Avec l'aimable autorisation du Dr Lippo Lassila,
université de Turku

Quel rôle avez-vous joué dans le développement de ce matériau ?

J'ai amorcé et coordonné le développement des composites renforcés en fibres. La recherche essentielle en laboratoire a principalement été menée par le

Dr Lippo Lassila qui est le chercheur principal dans le cadre de ce projet particulier avec le professeur adjoint Sufyan Garoushi et les membres qualifiés de notre équipe de laboratoire. Le Dr Garoushi est l'auteur d'une thèse de doctorat sur les composites renforcés en fibres courtes. J'ai en outre participé à la phase de tests cliniques et dirigé le projet sur le plan clinique et de la science des matériaux. Le projet complet s'est déroulé en coopération avec le TCBC, qui était chargé de la recherche et du développement, et Stick Tech - qui appartient à présent au Groupe GC - a transposé la recherche en projet industriel.

Vous assimilez souvent les composites renforcés en fibres à des restaurations biomimétiques. Qu'entendez-vous par là exactement ?

Lorsqu'on analyse les tissus humains, la dentine et l'os sont des matériaux renforcés en fibres, puisqu'ils sont constitués de fibres de collagène et de minéraux appelés apatite. Même si les composites renforcés en fibres ont une composition chimique différente, leur structure est similaire. De plus, le comportement biomécanique de ces composites simule celui de la dentine.

Existe-t-il d'autres différences entre everX Posterior et everX Flow ? Sont-ils utilisés pour les mêmes indications ?

Les indications sont très similaires, mais la principale différence réside dans la mise en œuvre due à la viscosité. Fondamentalement, ils sont tous deux des matériaux de base pour renforcer les dents restaurées. Maintenant, everX Flow est aussi indiqué comme matériau de reconstitution coronoradiculaire pour les couronnes en métal et en céramique.

Des fibres longues aux nanofibres : l'évolution de l'utilisation des fibres en dentisterie



le matériau garde sa forme durant la mise en place (image de dessus), mais devient fluide sous l'effet d'une contrainte de cisaillement ou d'une « perturbation » (image de dessous).

everX Flow est disponible en deux teintes. Quelles sont les différences et quand sont-elles indiquées ?

La teinte « bulk » est plus translucide et peut être polymérisée dans des couches dont la profondeur mesure jusqu'à 5,5 mm, ce qui élargit quelque peu la plage des indications. La teinte « dentine » est plus esthétique et peut être polymérisée jusqu'à une profondeur de 2,0 mm.

Quelle est la différence entre les composites d'obturation en bloc traditionnels et everX Flow ?

Sur le plan des indications, tous ces composites sont très semblables. Toutefois, everX Flow est un matériau servant de base, conçu pour renforcer les structures qui se trouvent en dessous et au-dessus de lui. Il doit être recouvert avec un composite classique dont le polissage est aisé. En ce qui concerne

les composites d'obturation en bloc, même si beaucoup d'entre eux doivent aussi être recouverts, ils permettent au sens strict de leur définition d'utiliser un seul et même matériau, du bas jusqu'en haut, en une seule application.

Dans quelle mesure everX Flow est-il plus résistant ? Quel est l'impact sur la performance ?

Sa résistance, qui est la plus importante propriété d'un matériau en termes de réussite clinique¹, est deux fois supérieure à celle de tout autre type de composite présent sur le marché, et ceci est également valable pour everX Posterior. Son impact sur la performance de la restauration dépend de la taille et de la forme de la dent endommagée, ainsi que du rapport d'everX Flow et du composite qui le recouvre. Le rapport entre la base renforcée en fibres courtes et le composite classique de la restauration doit être analogue à celui de la structure amélo-dentinaire. Autrement dit, une profondeur de 1 à 1,5 mm de la surface occlusale doit être constituée de composite classique pour assurer la meilleure résistance mécanique possible à l'ensemble de la dent restaurée²⁻³. Un résultat moins avantageux est obtenu si la couche de composite renforcé en fibres n'est pas suffisamment épaisse⁴. En règle générale, on utilise everX Flow pour remplacer la dentine et un composite classique pour remplacer l'émail. On reproduit ainsi la structure dentaire.

Est-il nécessaire de recouvrir everX Flow avec une dernière couche de composite, et si oui, pourquoi ?

Du fait de sa structure, everX Flow contient des particules de charges microscopiques et macroscopiques. Les fibres sont de grosses particules qui

diminuent légèrement l'aptitude au polissage, mais la résistance à l'usure in vitro s'avère excellente. Vu le comportement face à l'usure, le matériau pourrait rester exposé au niveau des points de contact proximaux. Toutefois, le mode d'emploi officiel est encore et toujours de recouvrir everX Flow avec un composite classique, y compris sur les faces proximales. Il est nécessaire d'effectuer une recherche plus approfondie pour analyser l'effet sur le long terme, mais les données dont on dispose sont positives.

Que conclut la recherche sur la performance du produit ?

Il existe déjà un grand nombre de publications sur everX Flow ; et everX Posterior dispose d'une quantité de données encore plus importante. Presque toutes les études démontrent les propriétés supérieures du matériau, notamment sa résistance ou d'autres propriétés mécaniques. Des essais in vitro ont prouvé que la propagation des fractures est prévenue dans une restauration réalisée avec un composite renforcé en fibres. Ceci est aussi le cas au niveau de l'interface des couches de composite⁵. Dans les études n'ayant mis en évidence aucun effet de renforcement notable, l'épaisseur de la couche renforcée en fibres était généralement insuffisante. Des études menées par d'autres groupes de recherche ont confirmé ces propriétés mécaniques supérieures et de nombreux essais évaluant ce sujet sont toujours en cours.

everX Flow pourrait-il être utilisé pour remplacer des tenons ? Si oui, dans quelles indications ?

Au TCBC, nous nous sommes penchés sérieusement sur le sujet, dans des essais

in vitro ainsi que sur le plan clinique, et de nombreux autres groupes de recherche s'y sont aussi attelés. Globalement, plus de recherches sur le sujet sont encore nécessaires. L'utilisation d'everX Posterior comme base dans les molaires permet de poser directement une endocouronne sans tenon, et ce fait peut certainement être extrapolé à everX Flow. Une endocouronne de ce type est analogue aux endocouronnes en céramique fabriquées au laboratoire. La restauration n'occupe les canaux radiculaires que sur une longueur de 2 ou 3 mm, étant donné que les parois sont parallèles et le diamètre suffisant. La portion intraradiculaire de la restauration doit avoir la même dimension ou être plus longue que la portion coronaire. L'épaisseur de la facette occlusale de la restauration doit être supérieure à 1 ou 2 mm.

Pour les dents antérieures et les prémolaires, les études réalisées sont très prometteuses, mais les données sont encore insuffisantes pour émettre une recommandation clinique. Il est cependant possible de combiner un tenon en fibres préfabriqué et everX Flow dans la partie coronaire du canal pour remplacer le ciment ou la colle, et pour fabriquer le moignon. Cette technique représente une amélioration par rapport à un matériau d'assemblage ordinaire. Évidemment, les résultats dépendent beaucoup de la structure dentaire résiduelle. Si le dommage est considérable et atteint le niveau gingival, un tenon fibré épais, bien scellé ou collé, reste nécessaire pour assurer une rétention suffisante. On pourrait disposer de données sur le sujet d'ici 2 à 3 ans.

Quels sont vos prochains thèmes de recherche ?

Demain je donnerai une conférence sur la fonction masticatoire du panda géant et l'adaptation évolutive des condyles liée à cette fonction. Dans le domaine des composites renforcés en fibres, nous recherchons une ressemblance plus étroite avec la dentine naturelle ; entre autres choses, nous étudions les nanofibres, ainsi que des compositions et une structure plus proches de l'apatite. Nous coopérons également avec un autre groupe de chercheurs dans le cadre d'une recherche sur un élargissement des indications dans les applications chirurgicales, compte tenu de l'aspect biologique des lignées cellulaires ostéogènes. Tout cela est également lié aux matériaux de régénération osseuse utilisés en parodontologie et en chirurgie orale.



Références

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.