

5. ZUSAMMENFASSUNG

Glasfaserverstärkte Kompositaufbaustiftsysteme zur Retentionssteigerung eines plastischen Aufbaumaterials für die Indikation der postendodontischen Versorgung werden immer populärer. Sie gelten als nicht-metallische und aufgrund ihrer zahnähnlichen Einfärbung als ästhetische Alternative zu metallischen und keramischen SSA. Als wesentlicher Vorteil wird jedoch der dem Dentin ähnliche E-Modul glasfaserverstärkter Aufbaustifte postuliert.

Im Rahmen der vorliegenden Habilitationsarbeit wurde insbesondere der Einfluss des E-Moduls auf die Belastbarkeit postendodontischer Versorgungen untersucht. Das Konzept der Verwendung von Aufbaustiften mit dentinähnlichen mechanischen Eigenschaften konnte in einer Serie von In-vitro-Untersuchungen sowie klinisch im Rahmen einer Observationsstudie und randomisierten, kontrollierten Studie überprüft werden.

In-vitro-Untersuchungen über die Belastbarkeit postendodontischer Versorgungen variieren methodisch sehr stark. Somit blieb es unklar, in wie weit die so gewonnenen Ergebnisse untereinander vergleichbar sind. Der Einfluss der Belastungsmethode war deshalb Gegenstand einer der ersten Untersuchungen. Die zwei gebräuchlichsten Varianten einer Belastung in vitro wurden jeweils für postendodontische Versorgungen mit Aufbaustiften aus Titan und glasfaserverstärkten Komposit durchgeführt. Zusätzlich wurde ein neues, alternatives Prüfprotokoll evaluiert. Als klinisches Modell wurde stets ein wurzelkanalbehandelter oberer, mittlerer Schneidezahn, rekonstruiert mit Aufbaustift, Kompositaufbau und vollkeramischer Einzelkrone, verwendet. Die einzelnen Proben wurden randomisiert auf sechs Untersuchungsgruppen ($n = 12$) verteilt. Die drei Prüfprotokolle beinhalteten die rein lineare Belastung bis zum Versagen der Proben als vergleichsweise zeit- und kostensparende, verbreitete Prüfvariante, eine stufenweise steigende, zyklische Belastung bis zum Versagen als für diesen Einsatz neue, alternative Belastungsmethode und die thermomechanische Wechsellast im Kausimulator zur Simulation einer fünfjährigen klinischen Funktionsperiode als Goldstandard.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Art der Belastung Einfluss auf die maximal zu erwartende Belastbarkeit hat. Während diese für das gleiche Aufbaustiftsystem innerhalb der unterschiedlichen Methoden sich nicht unterschied, wurde gezeigt, dass dieses für den Vergleich verschiedener Aufbaustiftsysteme für die rein

lineare Belastung nicht zutrifft. Titan- und glasfaserverstärkter Kompositaufbaustift unterschieden sich hier statistisch signifikant. Für jedes Belastungsprotokoll zeigten die Gruppen, die mit einem Titanstift versorgt wurden ausschließlich nicht wieder versorgbare Frakturmuster, während dies nur für die kausimulierten glasfaserverstärkten Kompositaufbaustifte galt. Die zyklische Belastung, unabhängig, ob stufenweise zyklisch oder im Sinne einer simultanen thermomechanischen Wechsellast, reduziert den Einfluss des Aufbaustiftmaterials. Das neue Belastungsprotokoll wurde als geeignete, zeit- und kostensparende Alternative zur Kausimulation im Sinne einer thermomechanischen Wechsellast eingestuft, wenn diese nicht möglich sein sollte. Es wurde resümiert, dass die rein lineare Belastungsmethode zu falschen Schlussfolgerungen bei der vergleichenden Bewertung postendodontischer Versorgungen führen kann.

Als Konsequenz aus dieser Untersuchung wurde die thermomechanische Belastung im Kausimulator am Modell der postendodontischen Versorgung eines oberen, mittleren Schneidezahnes als Standard für alle Folgeuntersuchungen in vitro festgelegt. Entsprechend der in der wissenschaftlichen Literatur veröffentlichten Kaukraftmessungen im Frontzahnggebiet wurden 400 N als Grenzwert für die minimal zu erreichende Belastbarkeit angesetzt.

Es ist klinisch von außerordentlichem Interesse die Auswirkung der Defektausdehnung auf die maximale Belastbarkeit der gesamten Restauration zu kennen. Typisch ist dabei für die Frontzahnregion im Oberkiefer der Verlust der gesamten klinischen Krone in Folge kariöser oder traumatischer Zerstörung. Zusätzlich sind eine starke Aufweitung des Kanaleinganges im Zuge einer großzügigen Stiftbettpräparation oder durch Karies häufig anzutreffende Ausgangsbefunde. Dadurch kommt es zu einer erheblichen Verringerung der Kanalwandstärke im koronalen Anteil. Es wurde als Arbeitshypothese formuliert, dass eine Kanalwandstärke unter 1 mm zu einer signifikant verringerten Belastbarkeit führt. Die adhäsive Zementierung eines glasfaserverstärkten Kompositaufbaustiftes kann dies nicht kompensieren. An Zähnen deren Kanalwandstärke nicht zusätzlich reduziert ist, wurde die Auswirkung des Fassreifens (kein oder 2 mm Fassreifen) studiert, nach dem sie ebenfalls adhäsiv mit glasfaserverstärkten Aufbaustift und Kompositaufbau wiederaufgebaut wurden.

Nur zwei Proben der Gruppe mit stark erweitertem Kanaleingang überstanden die thermomechanische Wechsellast (Kausimulation). Nur die Proben mit stark erweitertem Kanaleingang zeigten ausschließlich wiederversorgbare Frakturmuster, versagten jedoch bereits in weiten Teilen während der Kausimulation. Die Belastbarkeit der verbliebenen Proben blieb unterhalb der klinisch notwendigen Belastbarkeit von 400 N. Zähne ohne Kanalaufweitung und Fassreifen waren im Vergleich dazu signifikant belastbarer. Jedoch blieben sie unterhalb des definierten Grenzwertes und ihrerseits signifikant weniger belastbar als Zähne mit einer zusätzlichen Fassreifenpräparation.

Es wurde geschlussfolgert, dass Zähne mit stark aufgeweiteten Kanaleingang und jene ohne Fassreifenpräparation als kritisch, vermutlich nicht hinreichend klinisch belastbar bewertet werden müssen. Nur die Kombination von adhäsiv befestigtem glasfaserverstärkten Kompositaufbaustift mit einem 2 mm hohen Fassreifen ist voraussichtlich klinisch akzeptabel.

Im Mittelpunkt einer weiteren In-vitro-Untersuchung stand die zentrale Frage nach dem idealen E-Modul des Aufbaustiftmaterials. Das heißt, ob eher flexible, dentinähnliche oder im Vergleich zum Dentin steifere Stiftmaterialien zu bevorzugen sind. Weiterhin wurde der Einfluss des Stumpfaufbaus und der Fassreifenpräparation auf die maximale Belastbarkeit untersucht. Das experimentelle Modell und die Prüfungsbedingungen blieben im Vergleich zu den vorangegangenen Studien konstant.

Die Ergebnisse zeigten, dass bereits dem Fassreifen ein erheblicher belastbarkeitssteigernder Effekt zuzuschreiben ist. Wird nur ein Fassreifen angelegt und eine vollkeramische Krone adhäsiv zementiert, ohne einen SSA zu inserieren, sind Werte oberhalb von 300 N möglich. Wird zusätzlich der Stumpf nur mit Komposit aufgebaut, ist eine signifikante Belastbarkeitssteigerung zu beobachten. Der adhäsive Aufbau mit glasfaserverstärktem Kompositstift und Kompositaufbau ohne Fassreifen bewirkt im Vergleich zum nicht postendodontisch aufgebauten, leeren Zahn keine Belastbarkeitssteigerung. Wird in diesem Fall ein Titanstift gesetzt, ist die Belastbarkeit signifikant erhöht und befindet sich im Grenzwertbereich von 400 N. Erst die Kombination aus glasfaserverstärktem Komposit- oder Titanstift mit einer Fassreifenpräparation führt jedoch zu Belastbarkeitswerten deutlich oberhalb des Grenzwertes. Beide

Aufbaustiftmaterialien unterscheiden in ihrem belastbarkeitssteigernden Vermögen statistisch nicht signifikant. Hinsichtlich des Frakturmusters konnte ebenfalls kein Unterschied gezeigt werden. Nur die Proben ohne postendodontische Versorgung mit Fassreifenpräparation zeigten mehr wieder versorgbare Frakturmuster.

Durch das stufenweise vergleichende, rekonstruktive Vorgehen konnte diese In-vitro-Untersuchung eindrucksvoll den alleinigen Fassreifeneffekt im Vergleich zu einem eventuellen Stifteffekt demonstrieren. Es wurde deutlich, dass dentinähnliche glasfaserverstärkte Komposit- oder steifere Titanaufbaustifte mit der Fassreifenpräparation synergetisch belastbarkeitssteigernd wirken.

Nur wenige klinische Studien bewerten die Überlebenswahrscheinlichkeit faserverstärkter Aufbaustiftsysteme und eventuelle Risikofaktoren. Über die klinische Erfolgswahrscheinlichkeit glasfaserverstärkter Kompositaufbaustifte lagen bisher keine verlässlichen klinischen Daten vor.

157 Aufbaustifte dreier Systeme mit einem konischen, zylindro-konischen und einem parallelwandigen Design wurden bei insgesamt 128 Patienten gesetzt. Für 149 Aufbaustifte in 122 Patienten konnten Nachuntersuchungsdaten über einen Zeitraum von 5 bis 56 Monaten erhoben werden. Die Fraktur des Aufbaustiftes und sein Retentionsverlust waren die häufigsten Misserfolgsursachen. Fast alle Zähne konnten wieder versorgt werden. Wir fanden eine jährliche Misserfolgsrate von 6,7 %. Dies ist im Vergleich zu anderen faserverstärkten Aufbaustiftsystemen hoch, kann aber durch den großen Anteil von Frontzähnen, einzeln stehender Zähne und extremer Defektausdehnungen mit nicht adäquatem Fassreifen erklärt werden. Postendodontisch versorgte Frontzähne haben im Vergleich zu entsprechend versorgten Seitenzähnen ein zirka dreifach erhöhtes Misserfolgsrisiko. Ebenso unterliegen Zähne ohne benachbarten Zahn, d. h. ohne Approximalkontakt, einem dreifach erhöhten Risiko gegenüber Zähnen mit mindestens einem Approximalkontakt. Das höchste relative Risiko tragen (Faktor 4,3) jedoch mit einer Einzelkrone versorgte Zähne im Vergleich mit Pfeilerzähnen für eine Brückenversorgung.

Es wurde geschlussfolgert, dass der Zahntyp, die Art der definitiven Versorgung und das Vorhandensein mindestens eines Approximalkontaktes einen signifikanten Vorhersagewert für das Versagen postendodontischer Versorgungen mit glasfaserverstärkten Kompositstiften hat.

In vitro wurde gezeigt, dass die Kombination eines 2 mm-Fassreifens im Dentin im Zuge der Kronenpräparation, sowohl mit einem Aufbaustift, mit einem E-Modul ähnlich dem Dentin, als auch mit einem starren Titanaufbaustift, eine Belastbarkeit oberhalb des definierten Grenzwertes von 400 N für den Frontzahnbereich bewirkt. Es blieb zu klären, ob diese Ergebnisse auch in vivo Bestand haben.

91 Patienten wurden randomisiert auf 2 Untersuchungsgruppen verteilt. In einer Gruppe wurden bei 46 Patienten Zähne mit einem postendodontischen Versorgungsbedarf mit glasfaserverstärkten Kompositaufbaustiften versorgt, in der anderen Gruppe wurde das gleiche Protokoll bei 45 Patienten mit Titanaufbaustiften durchgeführt. Jeder Patient erhielt eine der beiden Behandlungen für einen Zahn. Ein 2 mm-Fassreifen wurde sichergestellt. In 13 Fällen wurde dazu eine chirurgische Kronenverlängerung notwendig. Patienten- und Zahncharakteristika wurden zu Behandlungsbeginn dokumentiert. Nach einem Beobachtungszeitraum nach Aufbaustiftsetzung von 2 bis 3 Jahren standen noch 87 Patienten mit 42 glasfaserverstärkten Komposit- und 45 Titanaufbaustiften zur Nachuntersuchung zur Verfügung. Es wurde kein Misserfolg beobachtet.

Nach einem Nachbeobachtungszeitraum von mindestens zwei Jahren konnte geschlussfolgert werden, dass unabhängig von der Rigidität (E-Modul) des Aufbaustiftmaterials die postendodontische Versorgung klinisch erfolgreich sein kann, wenn einem entsprechenden Behandlungsprotokoll gefolgt wird. Diese (Kurzzeit-) Ergebnisse bestätigten somit die in vivo gewonnenen Resultate. Ein längerer Nachbeobachtungszeitraum ist jedoch notwendig, um klinisch bedeutsame Unterschiede der Erfolgsraten zwischen den beiden getesteten Stiftsystemen auszuschließen.

Aufbaustifte geben dem Stumpfaufbau durch ihre Verankerung im Wurzelkanal zusätzlichen Halt. Für glasfaserverstärktes Komposit wurde postuliert, dass es wegen seinem dentinähnlichen E-Modul gegenüber rigiden Aufbaustiftmaterialien klinisch vorteilhaft wäre, da wieder versorgbare Frakturmuster im Falle des Versagens auftreten.

Im Rahmen von In-vitro-Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die thermomechanische Wechsellast für die Untersuchungen zur Aufbaustiftproblematik am geeignetsten ist. Die verbliebene Wurzelwandstärke auf

Niveau des Kanaleinganges wurde als eine limitierende Größe in der postendodontischen Versorgung mit glasfaserverstärktem Komposit herausgestellt. Der Fassreifeneffekt trägt wesentlich zur Stabilisierung der postendodontischen Versorgung bei. Jedoch nur die Kombination von Aufbaustift, gleichgültig, ob flexibler glasfaserverstärkter Komposit oder rigides Titan, steigert synergetisch die Belastbarkeit einer postendodontischen Restauration. Auch glasfaserverstärkte Stiftmaterialien verursachen nicht wiederversorgbare Frakturmuster. Die Forderung nach der Verwendung von Aufbaustiften mit dentinähnlichem E-Modul kann auf dieser Basis nicht unterstützt werden. Die Versorgung von Frontzähnen, Zähnen ohne wenigstens einen Approximalkontakt und die Einzelkronenrestauration wurden in einer prospektiven klinischen Observationsstudie als Risikofaktoren identifiziert. Adhäsiv zementierte Titan- und glasfaserverstärkte Kompositaufbaustifte zeigten im Rahmen einer randomisierten, kontrollierten klinischen Studie im Parallelgruppendesign die gleiche Erfolgswahrscheinlichkeit.

Derzeit werden weitere experimentelle Untersuchungen in Kooperation mit anderen Arbeitsgruppen durchgeführt. Im Mittelpunkt stehen hier die Korrelation von Fünfjahresdaten unserer klinischen Observationsstudie mit der Simulation der oralen Funktion im Kausimulator, die Bewertung des Einflusses der Defektausdehnung auf den klinischen Erfolg mit Hilfe eines computergestützten Vermessungssystems sowie die biomechanischen Effekte der Art und Weise der Aufbaustiftzementierung.