

Forschung · Wissenschaft Recherche · Science

Editor-in-chief
Chefredaktor
Rédacteur en chef
Jürg Meyer, Basel

Editors
Redaktoren
Rédacteurs
Urs Belser, Genève
Peter Hotz, Bern
Rudolf Gmür, Zürich

Assistant Editor
Redaktions-Assistent
Rédacteur assistant
Tuomas Waltimo, Basel

Advisory board / Gutachtergremium / Comité de lecture

P. Baehni, Genève
J.-P. Bernard, Genève
C.E. Besimo, Basel
S. Bouillaguet, Genève
U. Brägger, Bern
D. Buser, Bern
M. Cattani, Genève
B. Ciucchi, Genève
K. Dula, Bern
D. Ettl, Zürich
G. Eyrich, Zürich
A. Filippi, Basel
J. Fischer, Bern
L.M. Gallo, Zürich
R. Glauser, Zürich
W. Gnoinski, Zürich
K.W. Grätz, Zürich
Ch. Hämmerle, Zürich
N. Hardt, Luzern
T. Imfeld, Zürich

K.H. Jäger, Basel
J.-P. Joho, Genève
R. Jung, Zürich
S. Kiliaridis, Genève
I. Krejci, Genève
J.Th. Lambrecht, Basel
N.P. Lang, Bern
T. Lombardi, Genève
H.U. Luder, Zürich
A. Lussi, Bern
H. Lüthy, Basel
C. Marinello, Basel
G. Menghini, Zürich
R. Mericske-Stern, Bern
J.-M. Meyer, Genève
A. Mombelli, Genève
W. Mörmann, Zürich
F. Müller, Genève
G. Pajarola, Zürich
S. Palla, Zürich

S. Paul, Zürich
M. Perrier, Lausanne
B. Pjetursson, Bern
M. Ramseier, Bern
M. Richter, Genève
S. Ruf, Bern
H.F. Sailer, Zürich
J. Samson, Genève
U.P. Saxer, Zürich
J.-P. Schatz, Genève
S. Scherrer, Genève
P. Schüpbach, Horgen
H. van Waas, Zürich
P. Velvart, Zürich
T. von Arx, Bern
F. Weber, Zürich
R. Weiger, Basel
A. Wichelhaus, Basel
A. Wiskott, Genève
H.F. Zeilhofer, Basel

Publisher
Herausgeber
Editeur
Schweizerische Zahnärzte-Gesellschaft SSO
Société Suisse d'Odonto-Stomatologie
CH-3000 Bern 7

Adresse der wissenschaftlichen Redaktion
Prof. Jürg Meyer
Zentrum für Zahnmedizin
Institut für Präventivzahnmedizin und Orale Mikrobiologie
Hebelstr. 3
4056 Basel

Laser-Doppler-Technik zur Vitalitätsprüfung traumatisierter bleibender Oberkieferfrontzähne

Zusammenfassung

Über einen Zeitraum von 20 Monaten wurden bei 27 Patienten mit 69 traumatisierten Oberkieferfrontzähnen bzw. 38 Kontrollzähnen Veränderungen bezüglich Sensibilität und Vitalität anhand des konventionellen CO₂-Testes und mit der Laser-Doppler-Messmethode (Laser Doppler Flowmetry = LDF) ermittelt. Die LDF-Ergebnisse wurden mit dem CO₂-Test sowie weiteren klinischen und radiologischen Befunden verglichen. Bei 47,8% der Traumazähne und 55,3% der Kontrollzähne stimmten alle LDF-Messungen mit dem CO₂-Test, dem klinischen und radiologischen Befund überein. Bei den mit dem CO₂-Test nicht übereinstimmenden LDF-Messungen stimmten die LDF-Messungen bei 31,9% der Traumazähne und bei 7,9% der Kontrollzähne hingegen mit dem klinischen und dem radiologischen Befund überein.

Die Information aus der Laser-Doppler-Messmethode nach Zahntrauma ist für die Behandlungsplanung von zusätzlicher Bedeutung. Da die klinischen Untersuchungen oft unzureichende Informationen geben, stellt die LDF ein ergänzendes Diagnoseinstrument dar. Die LDF ersetzt jedoch radiologische und klinische Tests nicht.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 115: 12–17 (2005)

Schlüsselwörter: Pulpavaskularisation, Laser Doppler Flowmetry (LDF), Zahntrauma, Vitalitätsprüfung

Zur Veröffentlichung angenommen: 5. November 2004

CARMEN WINZAP-KÄLIN, VIVIANNE CHAPPUIS
und THOMAS VON ARX

Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Zahnmedizinische
Kliniken, Universität Bern

Einleitung

In den letzten Jahren hat die Laser-Doppler-Messmethode (Laser Doppler Flowmetry = LDF) zur Messung des Blutflusses in Geweben an Bedeutung gewonnen (HOLLOWAY & WATKINS 1977, JENKINS et al. 1988, WONG 2000). Die LDF dient der kontinuierlichen Aufzeichnung der mikrovaskulären Gewebedurchblutung. Es handelt sich dabei um eine nichtinvasive, elektro-optische Messmethode, die eine semiquantitative Aufzeichnung des pulpalen Blutflusses erlaubt (EVANS et al. 1999).

Ein Infrarotstrahl (monochromes Licht, Wellenlänge 780 nm) wird von einem Laser ausgesandt. Die Photonen des Laserlichts treffen auf sich bewegende Blutzellen und werden in ihrer Frequenz entsprechend dem Doppler-Prinzip verändert (Doppler Shift). Grösse und Frequenz der Streuung des veränderten Lichtes entsprechen der Zahl und der Geschwindigkeit der sich bewegenden Blutzellen. Photonen, die mit ruhenden Elementen in Berührung kommen, werden gestreut, aber nicht entsprechend

Korrespondenzadresse:

Dr. C. Winzap-Kälin
Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Zahnmedizinische
Kliniken der Universität Bern, Freiburgstrasse 7,
CH-3010 Bern
Tel. +41 (0) 31/632 88 06, Fax +41 (0) 31/632 25 03
E-Mail: carmenkaelin@freesurf.ch

dem Doppler-Prinzip verändert. Optische Fasern übertragen das Licht zu einem Photodetektor, wo ein elektrisches Signal entsteht, das dann in einen numerischen Wert (Perfusionseinheit) umgewandelt wird. Diese ist proportional zum Blutfluss (Volumen und Geschwindigkeit). Das Verhältnis von dem entsprechend dem Doppler-Prinzip in der Frequenz veränderten zu dem in der Frequenz nicht veränderten Licht im zurückgesandten Licht ergibt eine semiquantitative Messung des Blutflusses durch das Gewebe, das Flux-Signal, das üblicherweise in Perfusionseinheiten angegeben wird. Im Zahn wird mit dem Laser-Doppler-Gerät nur der pulmale Blutfluss gemessen.

Die Laser-Doppler-Messmethode wurde bisher experimentell genutzt, um den pulpalen Blutfluss in Tieren und Menschen zu messen (GAZELIUS et al. 1986, OLGART et al. 1988). Zudem wurde die LDF für Nachuntersuchungen traumatisierter bleibender Zähne genutzt (OLGART et al. 1988, GAZELIUS et al. 1988, MESAROS & TROPE 1997). Der Behandler steht bei traumatisierten Zähnen oft vor der schwierigen Aufgabe, Entscheidungen über die Notwendigkeit einer Wurzelkanalbehandlung treffen zu müssen. Traumatisierte Zähne reagieren selten auf den CO₂-Test, obwohl die Durchblutung im Zahn noch vorhanden wäre. Wenn Nervenfasern durch thermische oder elektrische Reize stimuliert werden können, vermutet man, dass die Pulpadurchblutung intakt ist (FUSS et al. 1986). Der CO₂-Test ist in diesen Fällen begrenzt, nicht objektivierbar und kann zu Fehldiagnosen führen, da er nur die Sensibilität, jedoch nicht die Vitalität der Pulpa bestimmt. Bei der elektrischen Pulpadiagnostik treten zudem bei Zähnen mit offenem Apex Fehlmessungen auf, weil der Raschkow-Plexus erst am Ende der Wurzelbildung vollständig ausgebildet ist (FULLING & ANDREASEN 1976, FUSS et al. 1986). Daher kann auf eine klinische und radiologische Kontrolle nicht verzichtet werden. Das Ziel dieser Arbeit war die Bedeutung der LDF-Information für die Behandlungsplanung nach Zahntrauma zu untersuchen. Die LDF-Ergebnisse wurden mit dem CO₂-Test sowie weiteren klinischen Befunden und dem Röntgenbild verglichen.

Material und Methoden

Patienten und klinisches Vorgehen

In dieser prospektiven Studie wurden 27 Patienten nach Trauma im Bereich der bleibenden Oberkieferfrontzähne untersucht. Während 20 Monaten wurden bei diesen Patienten Veränderungen bezüglich Sensibilität und Vitalität anhand des konventionellen Sensibilitätstestes mittels CO₂-Schnee und der Laser-Doppler-Messmethode ermittelt. Diese 27 Patienten (8 weiblich, 19 männlich) hatten 69 traumatisierte Oberkieferfrontzähne. Gemessen wurden auch unverletzte Nachbarzähne. Insgesamt konnten 107 Zähne mit der LDF-Methode analysiert werden. In einer ersten Sitzung erfolgte die klinische Befundaufnahme. Die Diagnostik umfasste folgende Punkte: Schmerzanamnese, Perkussionsdolenz, Mobilität, Veränderung der Zahnfarbe, Pulpasensibilität (CO₂), Röntgenbild und Foto.

Patienten mit Traumazähnen mit eindeutiger Pulpadiagnose wurden nicht in die Studie einbezogen. Im Weiteren wurden Patienten, bei denen eine Wurzelkanalbehandlung wegen der Traumaform bzw. bei abgeschlossenem Wurzelwachstum notwendig war, in die Studie aufgenommen, wenn Nachbarzähne wegen unklarem Pulpazustand gemessen werden sollten. Die Untersuchungen erfolgten an drei verschiedenen Zeitpunkten: posttraumatisch sowie bei zwei Verlaufskontrollen.

22 der 27 untersuchten Patienten waren im Alter von 6 bis 20 Jahren. Fünf Patienten waren zwischen 21 und 40 Jahre alt. Das Durchschnittsalter betrug 13,5 Jahre.

Insgesamt wurden 107 Zähne gemessen. Davon wurden 69 Zähne vom Erstbehandler als traumatisiert angegeben, 38 Zähne galten als unverletzte Kontrollzähne.

Laser-Doppler-Messmethode

Für die Laser-Doppler-Messung wurde das Gerät von Moor verwendet (Laser Doppler Monitor DRT4 Grundgerät, 2 Kanäle, Wellenlänge 780 nm, DP1T-V2 Standard Sonde, Moor Instruments Ltd, Millwey, Axminster, Devon EX13 5HU, England) (Abb. 1). Die Sondenaufgabe misst 8 mm und beinhaltet zwei fiberoptische Fasern, die 0,5 mm weit voneinander entfernt liegen. Die eine Faser führt das Laserlicht an die Zahnoberfläche, die andere bringt das reflektierte Licht zum Hauptgerät zurück. Die Sonde wurde gegen eine Kalibrierlösung geeicht. Die Registrierung erfolgte immer ohne Lokalanästhesie. Bewegungsartefakte wurden durch Beissen auf einen Gummikeil vermindert. Die Sonde wurde in einem 90-Grad-Winkel an die labiale Fläche des Zahnes gehalten, wenn möglich mindestens 3 mm vom Gingivarand entfernt (Abb. 2a, 2b). Dies reduziert die Veränderung des Signals durch den gingivalen Blutfluss. Die aufgezeichneten Fluxwerte wurden anschliessend ausgedruckt. Die Fluxwerte wurden während mindestens 10 Sekunden bei 20,0 Hz aufgezeichnet. Die Zähne wurden als vital (Flux ≥ 10) oder pulpatot (Flux < 10) beurteilt. Anhand der pro Zahn sequentiell ermittelten drei Messwerte wurden die gemessenen Zähne vier Gruppen zugeteilt: Gruppe A: alle drei Fluxwerte ≥ 10 , Gruppe B: Schlusswert Flux ≥ 10 , Gruppe C: Schlusswert Flux < 10 ,



Abb. 1 Laser-Doppler-Gerät von Moor (Laser Doppler Monitor DRT4)



Abb. 2a Die LDF-Untersuchung erfolgte am sitzenden Patienten mit Sondenführung von vorne.



Abb. 2b Die Sonden wurden in einem 90-Grad-Winkel an die labialen Flächen der zu untersuchenden Zähne gehalten, wenn möglich mindestens 3 mm vom Gingivarand entfernt.

Gruppe D: alle drei Fluxwerte <10 (Abb. 3). Die LDF-Ergebnisse wurden mit dem CO₂-Test, dem klinischen Befund und dem Röntgenbild verglichen.

Resultate

Von den 107 Zähnen zeigten 23 Zähne einen abnehmenden (Gruppe C) und 14 Zähne (Gruppe D) einen über die ganze Untersuchungszeit tiefen Fluxwert. Der Fluxwert war bei 12 Traumazähnen und zwei Kontrollzähnen immer tief (Tab. I).

Bei 47,8% der Traumazähne und 55,3% der Kontrollzähne stimmten alle drei LDF-Messungen mit dem CO₂-Test, dem klinischen und radiologischen Befund überein. Bei 52,2% der Traumazähne und 44,7% der Kontrollzähne aller gemessenen Zähne stimmte der mit dem CO₂-Schnee ermittelte Wert mit mindestens einem der drei gemessenen Fluxwerte nicht überein. Bei den mit dem CO₂-Test nicht übereinstimmenden LDF-Messungen stimmten allerdings die LDF-Messungen bei 31,9% der Traumazähne und bei 7,9% der Kontrollzähne mit dem klinischen und dem radiologischen Befund überein (Tab. II).

Bei den nicht übereinstimmenden 17 Kontrollzähnen waren 10 laterale Inzisiven, drei zentrale Inzisiven und vier Eckzähne betroffen. Bei drei der 17 Kontrollzähne stimmte die Laser-Doppler-Messmethode mit den klinischen und radiologischen Befunden überein. Dabei handelte es sich in zwei Fällen um eine Pulpaobliteration und in einem Fall um eine unauffällige Pulpa. Bei den übrigen 14 Kontrollzähnen handelte es sich um ein, zwei oder drei Laser-Doppler-Messwerte mit Flux <10 trotz reizloser klinischer und radiologischer Verhältnisse.

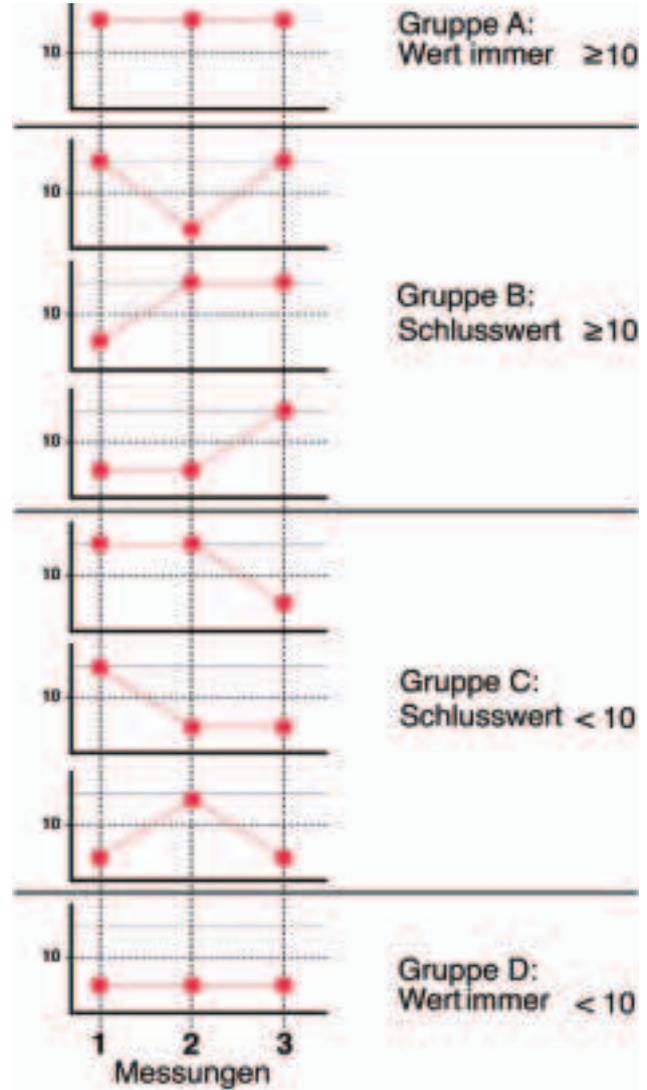


Abb. 3 Gruppierung der LDF-Messungen gemäss Schlusswert (dritte Messung)

Bei den 36 Traumazähnen, bei denen die Laser-Doppler-Messwerte nicht mit dem CO₂-Test übereinstimmten, stimmte die LDF-Messung bei 22 Zähnen mit den klinischen und radiologischen Befunden überein, nicht aber mit dem CO₂-Test. Bei den übrigen 14 Traumazähnen stimmten die Messungen des CO₂-

Tab. I Zuteilung der Trauma- und Kontrollzähne bezüglich der LDF-Gruppen A bis D (siehe auch Abb. 3)

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Gruppe D	Total
Traumazähne	31	13	13	12	69
Kontrollzähne	20	6	10	2	38
Total	51	19	23	14	107

Tab. II Übereinstimmung der LDF-Messungen mit dem CO₂-Test bzw. den anderen klinischen und radiologischen Befunden

	LDF-Messungen stimmen mit CO ₂ , Klinik und Rx überein	LDF-Messungen stimmen nicht mit CO ₂ überein, jedoch mit Klinik und Rx	LDF-Messungen stimmen weder mit CO ₂ noch mit Klinik/Rx überein
Traumazähne (n = 69)	33 (47,8%)	22 (31,9%)	14 (20,3%)
Kontrollzähne (n = 38)	21 (55,3%)	3 (7,9%)	14 (36,8%)

Testes sowie die radiologischen und klinischen Befunde nicht mit der LDF-Messung überein. Bei sieben Traumazähnen stimmte nur eine der drei Laser-Doppler-Messwerte nicht mit den klinischen, radiologischen Befunden und der Messung mit dem CO₂-Schnee überein. Bei den übrigen sieben Traumazähnen waren alle Laser-Doppler-Messwerte stark abweichend.

Bei den 20 Kontrollzähnen der Gruppe A (alle drei Fluxwerte ≥ 10) zeigten alle 20 bei der dritten LDF-Messung eine unauffällige Pulpa. Bei der Endkontrolle zeigten 18 der 31 Traumazähne der Gruppe A eine unauffällige Pulpa, ein Traumazahn zeigte trotz drei Fluxwerten ≥ 10 radiologisch eine Pulpaobliteration, und drei LDF-Werte waren trotz einer Wurzelkanalbehandlung immer ≥ 10 . Bei neun Traumazähnen der Gruppe A konnte nach den drei LDF-Messungen keine definitive Diagnose des Pulpazustandes gestellt werden (Tab. III).

Bei der Gruppe B (Schlusswert Flux ≥ 10) zeigten fünf der sechs Kontrollzähne eine unauffällige Pulpa, bei einem Kontrollzahn blieb der Pulpazustand jedoch unklar. Von den 13 Traumazähnen zeigten vier eine unauffällige Pulpa, bei fünf Traumazähnen blieb der Pulpazustand unklar. Zwei wurzelkanalbehandelte Zähne zeigten bei der Endkontrolle trotzdem einen Fluxwert ≥ 10 . Bei einer Patientin der Gruppe B kam es zu einer infektionsbedingten Wurzelresorption der beiden traumatisierten zentralen Inzisiven (Tab. III).

Bei acht Kontrollzähnen der Gruppe C (Schlusswert Flux < 10) blieb der Pulpazustand unklar. Zwei Kontrollzähne zeigten eine Pulpaobliteration. Traumazähne der Gruppe C zeigten in fünf Fällen eine Wurzelkanalbehandlung und ebenfalls in fünf Fällen eine Pulpaobliteration. Bei drei Zähnen dieser Gruppe blieb der Pulpazustand unklar (Tab. III).

Bei den Kontrollzähnen der Gruppe D (alle drei Fluxwerte < 10) zeigte ein Kontrollzahn eine unauffällige Pulpa und ein Kontrollzahn einen unklaren Pulpazustand bei der letzten LDF-Messung. Bei den Traumazähnen der Gruppe D zeigte ein Traumazahn eine unauffällige Pulpa, ein Traumazahn eine obliterierte Pulpa und vier Traumazähne einen unklaren Pulpazustand. Bei sechs Traumazähnen war eine Wurzelkanalbehandlung durchgeführt worden (Tab. III).

Diskussion

Die vorliegende Studie untersuchte die Bedeutung der LDF in der Überwachung traumatisierter Oberkieferfrontzähne. Die häufigsten Traumata betreffen die bleibenden Zähne im Alter zwischen 8 und 12 Jahren (ANDREASEN & RAVN 1972, SKAARE & JACOBSEN 2003). Das Durchschnittsalter der Patienten dieser Studie betrug 13,5 Jahre. In diesem Alter ist der Zustand der Pulpa schlecht eruiert, was möglicherweise eine Übertherapie (z.B. unnötige Wurzelkanalbehandlungen) oder aber schwer wiegende Komplikationen, bedingt durch eine verzögerte Wurzelkanalbehandlung zur Folge haben kann. Wurzelkanalbehandelte, traumatisierte Zähne haben eine bessere Prognose als pulpatote Zähne mit einer Infektion (EBIHARA et al. 1996). Daher wäre es von Vorteil, den Zustand der Durchblutung der Pulpa zu kennen. Zuwarten kann zu einer Pulpanekrose führen, welche die Prognose des Zahnes erheblich verschlechtert. Bei unreifen Zähnen mit offenem Apex besteht je nach Schweregrad des Traumas die Schwierigkeit, die richtige Entscheidung für die Weiterbehandlung zu treffen. Um das natürliche Wurzelwachstum nicht einzuschränken, wäre es von Vorteil, die mögliche Revaskularisierung der Pulpa abzuwarten. CO₂-Tests zeigen aber in den ersten Monaten nach Trauma meist keine Sensibilität. Die Laser-Doppler-Messmethode dient in diesen Fällen als zusätzliches Hilfsmittel in der Entscheidungsfindung, da die Vitalität der Pulpa abhängig davon ist, ob ein Blutfluss im Zahn vorhanden ist, jedoch unabhängig davon, ob eine sensorische Antwort besteht (EBIHARA et al. 1996).

In den letzten Jahren wurde die Anwendung der LDF mit ganz unterschiedlichen Ansätzen in der Zahnmedizin untersucht (KLING et al. 1986, OIKARINEN et al. 1996, KOSTOUROS et al. 1996, MESAROS et al. 1997, FIRESTONE et al. 1997, AHN & POGREL et al. 1998, WONG 2000, LEE et al. 2001, IKAWA et al. 2003, STROBL et al. 2004). Die Anwendung der LDF stellt den Behandler jedoch (noch) vor technische Probleme. Es gibt eine Anzahl von Fehlermöglichkeiten. Zum Beispiel führt eine Veränderung der Zahnfarbe und -dicke zu einer vergrößerten Lichtabsorption und kann trotz einer vitalen Pulpa zu einer Nulllinie führen (OLGART 1994). Dies könnte erklären, warum bei vier der insgesamt acht gemessenen Eckzähne (Kontrollzähne) die LDF-Messung weder mit den klinischen und radiologischen Befunden noch mit dem CO₂-Test übereinstimmte. Irreguläre Schmelzoberflächen oder Kompositfüllungen können wie Spiegel agieren, das Licht reflektieren und dadurch die Interpretation der Resultate unsicher machen (OLGART 1994). Zudem ist die Methode technisch anspruchsvoll und zeitaufwändig (EVANS et al. 1999). Ein weiteres Problem stellen die Bewegungsartefakte dar. Die LDF ist nicht so erfolgreich wie thermische und elektrische Tests, wenn der Patient nicht stillsitzen kann oder der fragliche Zahn nicht stabilisiert werden kann (MUSSELWITHE et al. 1997). Viele tierexperimentelle Studien fanden unter Vollnarkose statt, was die Bewegungsartefakte auf ein Minimum reduzierte (KEREZODIS et al. 1992, ZANETTA-BARBOSA et al. 1993, YANPISET & TROPE 2000, YANPISET et al. 2001). Bewegungsartefakte konnten in der vorliegenden Studie durch den Gebrauch eines Bissblocks und sorgfältige Sondenpositionierung reduziert werden. Dass von den 16 gemessenen wurzelkanalbehandelten Zähnen bei fünf Zähnen trotzdem ein positiver Fluxwert gemessen wurde, könnte daran liegen, dass bei diesen drei Patienten die Bewegungsartefakte nicht eliminiert werden konnten oder der gingivale Blutfluss mitgemessen wurde. Die LDF-Fluxwerte, die bei menschlichen Zähnen gemessen werden, zeigen nicht nur den Blutfluss der

Tab. III Befund bei Endkontrolle bezüglich der LDF-Gruppen A bis D

Befund Endkontrolle	Gruppe A		Gruppe B		Gruppe C		Gruppe D		Total
	T*	K**	T	K	T	K	T	K	
Pulpa unauffällig	18	20	4	5			1	1	49
Pulpa obliteriert	1				5	2	1		9
Pulpazustand unklar	9		5	1	3	8	4	1	31
Wurzelkanalbehandlung	3		2		5		6		16
Infektionsbedingte Wurzelresorption			2						2
Total	31	20	13	6	13	10	12	2	107

*T = Traumazahn, **K = Kontrollzahn

Zahnpulpa, sondern auch den Blutfluss der parodontalen Gewebe (HARTMANN et al. 1996, SOO-AMPON et al. 2003). Dies und patientenabhängige Faktoren scheinen bei den 16 gemessenen wurzelkanalbehandelten Zähnen eine Rolle gespielt zu haben. ANDERSON et al. (1995) fanden, dass die Laser-Doppler-Messwerte zudem bei jedem Individuum stark variierten.

FRATKIN et al. (1999) untersuchten, ob LDF-Messungen an der labialen und lingualen Kronenfläche verschiedene Ergebnisse lieferten. Sie fanden jedoch keine signifikanten Unterschiede. In dieser Studie wurden die Messungen aus Gründen des guten Zuganges an der labialen Kronenfläche durchgeführt.

Bei den drei LDF-Messungen stimmten von insgesamt 38 Kontrollzähnen 55,3% mit dem CO₂-Test, der Klinik und dem radiologischen Befund und 7,9% mit der Klinik und dem Röntgenbild überein. Dies entspricht einer Übereinstimmung von insgesamt 63,2%. Ohne die LDF-Messung wären die 7,9%, bei denen der CO₂-Test nicht mit der Klinik und dem radiologischen Befund übereinstimmte, möglicherweise falsch therapiert worden. Bei den übrigen 14 Kontrollzähnen (36,8%) wich der Laser-Doppler-Messwert bei mindestens einer der drei Messungen deutlich vom CO₂-Test und dem klinischen und radiologischen Befund ab. Betrachtet man nur den letzten Laser-Doppler-Messwert, so zeigen noch 11 der 38 Kontrollzähne, d.h. 28,9%, eine Abweichung. Bei den lateralen Inzisiven stellt sich dabei die Frage, ob Traumata übersehen wurden. Dabei bleibt zu berücksichtigen, dass nicht offensichtliche Traumata (Konkussion, Subluxation) schwierig zu eruieren sind und daher oft verborgen bleiben. Dies entspricht der Feststellung von EVANS et al. (1999), dass nicht traumatisierte Kontrollzähne im gleichen Zahnbogen bei Zahntraumapatienten kaum vorhanden sind. In den zwei Fällen, wo sich radiologisch eine Pulpaobliteration entwickelt hatte, handelt es sich vermutlich um traumatisierte Zähne. Bei zehn Kontrollzähnen blieb der Pulpazustand auch nach der dritten LDF-Messung unklar. Bei diesen Patienten waren weitere in kurzen Zeitabständen festgelegte Kontrolluntersuchungen erforderlich.

Bei sieben von neun Zähnen (sieben Trauma- und zwei Kontrollzähnen) konnte dank der LDF eine später radiologisch festgestellte Pulpaobliteration prognostiziert werden. Bei sieben dieser neun Zähne zeigte die LDF-Messung während den drei Messungen eine stetige Abnahme des Fluxwertes. Nur in einem Fall eines zentralen, traumatisierten Inzisiven blieben alle drei Fluxwerte ≥ 10 und in einem Fall waren alle Fluxwerte tief. Dies ist damit erklärbar, dass eine Pulpaobliteration nur langsam fortschreitet und noch ein geringer Blutfluss im Zahn vorhanden sein kann. Auch der CO₂-Test zeigte in allen neun Fällen bei der Endkontrolle einen negativen Wert und war somit genau. Allerdings war der CO₂-Test in sechs Fällen bereits von Anfang an negativ, was ohne die LDF-Messung zur Einleitung einer Wurzelkanalbehandlung hätte führen können.

Bei den drei LDF-Messungen stimmten von den insgesamt 69 Traumazähnen 33 mit dem CO₂-Test, dem klinischen und radiologischen Befund und 22 mit der Klinik und dem Röntgenbild überein. Dies bedeutet, dass die LDF in 79,7% mit CO₂-Test und/oder dem klinischen und radiologischen Befund übereinstimmte. Bei den übrigen 14 von den 69 Traumazähnen wich der Laser-Doppler-Messwert bei mindestens einer der drei Messungen deutlich vom CO₂-Test sowie vom klinischen und radiologischen Befund ab. Bei diesen 55 Traumazähnen half die LDF-Messung, mehr über den Zustand der Pulpa zu erfahren, insbesondere bei den 22 Traumazähnen, bei denen der CO₂-Test nicht mit den LDF-Messungen übereinstimmte.

Bei der Endkontrolle blieb bei neun Traumazähnen der Gruppe A, bei fünf Traumazähnen der Gruppe B, bei drei Traumazähnen

der Gruppe C und bei vier Traumazähnen der Gruppe D der Pulpazustand trotz CO₂-Test, klinischem und radiologischem Befund und LDF-Messung unklar. Daher erfolgten bei diesen Zähnen weitere in kurzen Zeitabständen festgelegte Kontrolluntersuchungen.

Zwei Zähne derselben Patientin der Gruppe B zeigten eine infektionsbedingte Wurzelresorption. Der gemessene Blutfluss könnte hier von der periradikulären Entzündung stammen.

In der vorliegenden Studie liegt die Trefferquote für die Laser-Doppler-Messwerte bei den Traumazähnen bei 79,7% und bei den Kontrollzähnen bei 63,2%. Diese Ergebnisse unterscheiden sich von denjenigen der Studie von YANPISSET et al. (2001), welche in ihrer Tierstudie in 83,7% der Fälle richtige LDF-Messungen bestimmten. Dies weil die Bewegungsartefakte in Vollnarkose auf ein Minimum reduziert werden konnten. Die LDF-Messung bei pulpatoten Zähnen war sehr genau im Gegensatz zu den Werten der vorliegenden Arbeit, wo bei 31,3% der gemessenen wurzelkanalbehandelten Zähne trotzdem ein Fluxwert ≥ 10 gemessen wurde. Dies widerspricht auch der Feststellung von GAZELIUS et al. (1986), die fanden, dass die Laser-Doppler-Messmethode gesunde von pulpatoten Zähnen gut unterscheiden kann. Auch SASANO et al. (1997) fanden in ihrer klinischen Studie, dass die Laser-Doppler-Messmethode eine zuverlässige Methode zur Identifizierung vitaler Zähne ist. Dies konnte in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden.

Immerhin stimmte die LDF-Messung bei 31,9% der Traumazähne und bei 7,9% der Kontrollzähne mit dem klinischen und radiologischen Befund überein, bei denen der CO₂-Test abwich. Die LDF half in diesen Fällen, mehr Informationen zum Pulpazustand zu erhalten. Die Laser-Doppler-Messmethode muss zurzeit als zusätzliches Hilfsmittel in der Diagnostik betrachtet werden. Sie kann die klinische und radiologische Befunderhebung nicht ersetzen.

Summary

WINZAP-KAELIN C, CHAPPUIS V, VON ARX T: **Laser Doppler flowmetry for vitality testing of traumatized maxillary incisors** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 115: 12–17 (2005)

Pulp sensitivity and vitality changes were evaluated in 69 traumatized maxillary incisors and in 38 control teeth during a follow-up period of 20 months. Examinations included thermal testing using carbon dioxide snow (CO₂) and the laser Doppler flowmetry (LDF). These measurements were compared to the clinical and radiological findings. In 47.8% of the traumatized teeth and in 55.3% of the control group the three LDF measurements corresponded with the sensitivity testing using CO₂ and with the clinical and radiological findings. In 31.9% of the traumatized teeth and in 7.9% of the control group the LDF-measurements differed from the CO₂-measurements, but were in agreement with the other clinical and radiographic findings.

The information obtained by laser Doppler flowmetry is of additional importance for the treatment planning. Since the clinical examination of traumatized teeth is sometimes inconclusive, the laser Doppler flowmetry is a further diagnostic tool but it cannot replace the radiological or clinical examination.

Résumé

La présente étude a eu pour but d'analyser auprès de 27 patients pendant une période de 20 mois, au moyen du test de sensibilité conventionnel à la neige carbonique et d'un fluxmètre laser-doppler (Laser Doppler Flowmetry = LDF), les troubles de la sensibilité

et de la vitalité pulpaire survenus après traumatisme au niveau de 69 dents maxillaires antérieures en les comparant à 38 dents-contrôles. Les résultats de la LDF ont été confrontés à ceux du test de sensibilité conventionnel, ainsi qu'à d'autres paramètres cliniques et radiologiques. Pour 47,8% des dents traumatisées et 55,3% des dents-contrôles, les trois mesures consécutives obtenues par LDF corroboraient les autres paramètres de l'examen clinique et radiologique. Dans les cas de disparité des résultats entre la LDF et le test de sensibilité conventionnel, les résultats de la LDF corroboraient les autres paramètres cliniques et radiologiques pour 31,9% des dents traumatisées et 7,9% des dents-contrôles. Les informations obtenues grâce à la méthode LDF apportent une aide supplémentaire dans le processus décisionnel après traumatisme dentaire. Dans la mesure où l'examen clinique n'apporte souvent que des informations lacunaires, la méthode LDF représente un instrument supplémentaire dans l'arsenal diagnostique, sans pour autant se substituer aux examens cliniques et radiologiques.

Literaturverzeichnis

- AHN J, POGREL MA: The effects of 2% lidocaine with 1:100,000 epinephrine on pulpal and gingival blood flow. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 85: 197–202 (1998)
- ANDERSON KK, VANARSALL RL, KIM S: Measurement of pulpal blood flow in humans using laser Doppler flowmetry: a technique allowing stability and repeatability of pulpal blood flow measurement during surgical manipulations. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 10: 247–254 (1995)
- ANDREASEN JO, RAVN JJ: Epidemiology of traumatic dental injuries to primary and permanent teeth in a Danish population sample. *Int J Oral Surg* 1: 235–239 (1972)
- EBIHARA A, TOKITA Y, IZAWA T, SUDA H: Pulpal blood flow assessed by laser Doppler flowmetry in a tooth with a horizontal root fracture. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 81: 229–233 (1996)
- EVANS D, REID J, STRANG R, STIRRUPS D: A comparison of laser Doppler flowmetry with other methods of assessing the vitality of traumatised anterior teeth. *Endod Dent Traumatol* 15: 284–290 (1999)
- FIRESTONE AR, WHEATLEY AM, THUER UW: Measurement of blood perfusion in the dental pulp with laser Doppler flowmetry. *Int J Microcirc* 17: 298–304 (1997)
- FRATKIN RD, KENNY DJ, JOHNSTON DH: Evaluation of a laser Doppler flowmeter to assess blood flow in human primary incisor teeth. *Pediatr Dent* 21: 53–56 (1999)
- FULLING HJ, ANDREASEN JO: Influence of maturation status and tooth type of permanent teeth upon electrometric and thermal pulp testing. *Scand J Dent Res* 84: 286–290 (1976)
- FUSS Z, TROWBRIDGE H, BENDER IB, RICKOFF B, SORIN S: Assessment of reliability of electrical and thermal pulp testing agents. *J Endod* 12: 301–305 (1986)
- GAZELIUS B, OLGART L, EDWALL B, EDWALL L: Non-invasive recording of blood flow in human dental pulp. *Endod Dent Traumatol* 2: 219–221 (1986)
- GAZELIUS B, OLGART L, EDWALL B: Restored vitality in luxated teeth assessed by laser Doppler flowmeter. *Endod Dent Traumatol* 4: 265–268 (1988)
- HARTMANN A, AZERAD J, BOUCHER Y: Environmental effects on laser Doppler pulpal blood-flow measurements in man. *Arch Oral Biol* 41: 333–339 (1996)
- HOLLOWAY GA, WATKINS DW: Laser Doppler measurement of cutaneous blood flow. *J Invest Dermatol* 69: 306–312 (1977)
- IKAWA M, KOMATSU H, IKAWA K, MAYANAGI H, SHIMAUCHI H: Age-related changes in the human pulpal blood flow measured by laser Doppler flowmetry. *Dent Traumatol* 19: 36–40 (2003)
- JENKINS S, SEPKA R, BARWICK WJ: Routine use of laser Doppler flowmetry for monitoring autologous tissue transplants. *Ann Plast Surg* 21: 423–426 (1988)
- KEREZOUZIS NP, OLGART L, EDWALL L, GAZELIUS B, NOMIKOS GG: Activation of sympathetic fibres in the pulp by electrical stimulation of rat incisor teeth. *Archs Oral Biol* 37: 1013–1019 (1992)
- KLING M, CVEK M, MEJARE I: Rate and predictability of pulp revascularization in therapeutically reimplanted permanent incisors. *Endod Dent Traumatol* 2: 83–89 (1986)
- KOSTOUIROS GD, OLGART L, EDWALL L: The blocking effect of iontophoretic administration of lidocaine on neurogenic vascular reactions in rat dental pulp. *Eur J Oral Sci* 104: 577–582 (1996)
- LEE JY, YANPISET K, SIGURDSSON A, VANN WF JR: Laser Doppler flowmetry for monitoring traumatized teeth. *Dent Traumatol* 17: 231–235 (2001)
- MESAROS S, TROPE M, MAIXNER W, BURKES EJ: Comparison of two laser Doppler systems on the measurement of blood flow of premolar teeth under different pulpal conditions. *Int Endod J* 30: 167–174 (1997)
- MESAROS SV, TROPE M: Revascularization of traumatized teeth assessed by laser Doppler flowmetry: case report. *Endod Dent Traumatol* 13: 24–30 (1997)
- MUSSELWITHE JM, KLITZMAN B, MAIXNER W, BURKES EJ JR: Laser Doppler flowmetry: a clinical test of pulpal vitality. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 84: 411–419 (1997)
- OIKARINEN K, KOPOLA H, MAKINIEMI M, HERRALA E: Detection of pulse in oral mucosa and dental pulp by means of optical reflection method. *Endod Dent Traumatol* 12: 54–59 (1996)
- OLGART L, GAZELIUS B, LINDTH-STROMBERG U: Laser Doppler flowmetry in assessing vitality in luxated permanent teeth. *Int Endod J* 21: 300–306 (1988)
- OLGART LM: Laser Doppler flowmetry in vitality testing of teeth. *Real Clin* 5: 283–291 (1994)
- SASANO T, NAKAJIMA I, SHOJI N, KURIWADA S, SANJO D, OGINO H, MIYAHARA T: Possible application of transmitted laser light for the assessment of human pulpal vitality. *Endod Dent Traumatol* 13: 88–91 (1997)
- SKAARE AB, JACOBSEN I: Dental injuries in Norwegians aged 7–18 years. *Dent Traumatol* 19: 67–71 (2003)
- SOO-AMPON S, VONGOSAVAN N, SOO-AMPON M, CHUCKPAIWONG S, MATTHEWS B: The sources of laser Doppler blood-flow signals recorded from human teeth. *Arch Oral Biol* 48: 353–360 (2003)
- STROBL H, HAAS M, NORER B, GERHARD S, EMSHOFF R: Evaluation of pulpal blood flow after tooth splinting of luxated permanent maxillary incisors. *Dent Traumatol* 20: 36–41 (2004)
- WONG K: Laser Doppler flowmetry for clinical detection of blood flow as a measure of vitality in sinus bone grafts. *Implant Dent* 9: 133–142 (2000)
- YANPISET K, TROPE M: Pulp revascularization of replanted immature dog teeth after different treatment methods. *Endod Dent Traumatol* 16: 211–217 (2000)
- YANPISET K, VONGOSAVAN N, SIGURDSSON A, TROPE M: Efficacy of laser Doppler flowmetry for the diagnosis of revascularization of reimplanted immature dog teeth. *Dent Traumatol* 17: 63–70 (2001)
- ZANETTA-BARBOSA D, KLINGE B, SVENSSON H: Laser Doppler flowmetry of blood perfusion in mucoperiosteal flaps covering membranes in bone augmentation and implant procedures. A pilot study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 4: 35–38 (1993)