

Verletzungen der bleibenden Zähne

Teil 1: Diagnostik der Zahnverletzungen

Thomas von Arx¹, Carmen Winzap-Kälin¹ und Stefan Hänni²

¹ Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie und

² Klinik für Zahnerhaltung
Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern

Korrespondenzadresse:
PD Dr. Thomas von Arx, OA
Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie
Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern
Freiburgstrasse 7, 3010 Bern
Tel. 031/632 25 66
Fax 031/632 25 03
E-Mail: thomas.vonarx@zmk.unibe.ch

(Texte français voir page 140)

Die Diagnostik und Therapie von Zahnverletzungen gehört nicht zu den Routinearbeiten in der zahnärztlichen Praxis. Zudem handelt es sich meistens um Notfälle, die oft ausserhalb der üblichen Praxiszeiten zur Behandlung kommen. Ziel dieser vierteiligen Arbeit ist der Leserin und dem Leser die aktuell an der Universität Bern gültigen Therapiekonzepte der Zahnverletzungen bleibender Zähne zu vermitteln. Die fruchtbare Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Zahntraumatologie der Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie sowie der Klinik für Zahnerhaltung (mit Kinderzahnmedizin und Endodontie) gründet auf der gemeinsamen Sprechstunde für Zahntraumatologie, die vor vier Jahren eingerichtet worden ist. Aus der Diskussion und Evaluation der an unseren Kliniken behandelten Fälle und unter Berücksichtigung der aktuellen Literatur aus Klinik und Forschung wurden die in den nachfolgenden Arbeiten vorgestellten Konzepte erarbeitet. Im 1. Teil dieser Serie wird die Diagnostik der Verletzungen der bleibenden Zähne besprochen. In den nachfolgenden Arbeiten wird die Therapie der Dislokationsverletzungen, der Kronen- sowie der Wurzelfrakturen diskutiert.

Einleitung

Die Diagnostik der Zahnverletzungen basiert auf Anamnese, klinischer und radiologischer Befundaufnahme. Da bei Zahnunfällen immer Versicherungsleistungen (Unfallversicherungen, Haftpflichtversicherungen) geltend gemacht werden können, ist eine umfassende Abklärung mit klar strukturiertem Vorgehen unabdingbar. Neben der (hand-)schriftlichen (oder digitalen) Aufzeichnung der erhobenen Befunde sollten Zahnunfälle immer radiologisch und fotografisch dokumentiert werden. Bildgebende Verfahren sind insbesondere über den zeitlichen Verlauf von Interesse, um klinische und radiologische Veränderungen zu belegen.

Anamnese

Die anamnestische Befragung des Patienten (bei Kindern auch der Eltern) beginnt immer mit Fragen zum Unfall. Dabei lassen sich anhand der zeitlichen, örtlichen und autopsychischen Angaben des Patienten auch Rückschlüsse auf seinen Bewusstseinszustand ziehen. Bei Hinweisen auf eine cerebrale Beteiligung (Gehirnerschütterung, commotio cerebri) muss der Patient in eine entsprechende Fachklinik eingewiesen werden. Bei der Unfallanamnese interessieren Ort, Zeitpunkt, Ursache und Ablauf des Unfalles, Beteiligung von Dritten sowie eventuelle Zeugen. Bei vermuteter Kindsmisshandlung sollen weitere Fachpersonen konsultiert werden (Pädiater, Jugendpsychiater).

Bei Avulsionen ist wichtig, zu wissen, wie lange der Zahn trocken oder feucht und in welchem Medium er gelagert wurde. Hat der Patient oder ein Helfer eine eventuell verunreinigte Wurzel mechanisch gereinigt? Hat man einen verloren gegangenen Zahn gesucht? Wurden abgebrochene Kronenteile gesucht?

Die zahnärztliche Anamnese sollte über die folgenden Punkte Klarheit geben: Hat der Patient bereits früher ein Zahntrauma erlitten, sind kieferorthopädische, parodontale, restaurative oder rekonstruktive Behandlungen erfolgt oder in Planung? Abschliessend sollen mittels allgemeinmedizinischer Anamnese Risikopatienten, Medikamentenallergien, und Tetanusimpfstatus ermittelt werden. Bei unklarem Impfstatus kann der Impfausweis konsultiert werden.

Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung gliedert sich in verschiedene Schritte und sollte von extra- nach intraoral erfolgen. Erfahrungsgemäss stürzt sich der Behandler auf die verletzten Zähne und übersieht vielleicht wichtige Begleitverletzungen.

Extraorale Untersuchung

Die extraorale Untersuchung beinhaltet die Inspektion und Palpation. Schürf- und Schnittwunden, Blutungen und Schwellungen sind gut von Auge erkennbar (Abb. 1). Im Weiteren können mittels Inspektion Gesichtasymmetrien sowie Seitenabweichungen bei der Mundöffnung festgestellt werden, mög-



Abb. 1 10-jährige Patientin nach Sturz auf die linke Gesichtshälfte mit Schürfwunden der Gesichtshaut sowie Schwellung der Oberlippe links.

Fig. 1 Patiente âgée de 10 ans après une chute sur le côté gauche du visage; à noter la présence d'écorchures de la peau du visage, ainsi que d'une tuméfaction de la partie gauche de la lèvre supérieure.



Abb. 2 Typische Verletzung der Unterlippe durch Traumatismus der OK-Inzisiven nach Interposition der Unterlippe bei Sturz auf das Kinn.

Fig. 2 Lésion typique de la lèvre inférieure par choc et traumatisme au niveau des incisives supérieures après interposition de la lèvre inférieure lors d'une chute sur le menton.

liche Zeichen einer Kiefergelenk- oder Kieferköpfchenfraktur. Letztere sind vor allem nach Sturz auf das Kinn bzw. den Unterkiefer auszuschliessen. Die Palpation dient zur Feststellung von Stufenbildungen nach dislozierten Frakturen der Kiefer- und Gesichtsknochen. Auch die Sensibilitätsprüfung der Haut erfolgt mittels Palpation. Bei (Biss-)Verletzungen der Lippen muss an eingedrungene Fremdkörper bzw. abgebrochene Zahnteile gedacht werden (Abb. 2).

Intraorale Untersuchung

Die intraorale Untersuchung beinhaltet neben der Abklärung der betroffenen Zähne selbst auch eine Analyse der Nachbarzähne und der Antagonisten (Abb. 3). Die Überprüfung der Okklusion ist insbesondere bei Dislokationsverletzungen und fehlenden Zahnfragmenten unentbehrlich (Abb. 4). Die benachbarten Weichteile (Gingiva, Alveolarmukosa), die entfernten Weichteile (Wangenmukosa, Zunge, Mundboden) (Abb. 5) sowie Alveolar- und Kieferknochen müssen alle in die klinische Untersuchung miteinbezogen werden.

Neben Inspektion und Palpation dienen verschiedene diagnostische Tests der Beurteilung der eigentlichen Zahnverletzungen.



Abb. 3 Palatinale Dislokation von 21 mit Abriss der Papillen und der labialen Gingiva.

Fig. 3 Dislocation palatine de la 21 avec lacération des papilles et de la gencive vestibulaire.



Abb. 4 Okklusionsstörung mit Zwangsbissführung des Unterkiefers wegen der palatinalen Dislokation von 21.

Fig. 4 Trouble occlusal caractérisée par une déviation forcée de la mandibule en intercuspidation, suite à la dislocation palatine de la 21.



Abb. 5 Rissquetschwunde im Bereich des Zungenrückens mit frakturiertem Kronenfragment.

Fig. 5: Lacération dans la région du dos de la langue par enclassement d'un fragment de couronne dentaire.

Da einzeln erhobene klinische Befunde meist unspezifisch und nichtpathognomisch für Zahnverletzungen sind, kann nur die Synthese aller erhobenen Befunde eine Eingrenzung der Diagnose erlauben.

Inspektion: Mittels Inspektion wird der aktuelle Zahnstatus überprüft, die Integrität der Zahnkronen, Blutungen aus Gingiva oder anderen Weichteilverletzungen sowie Schwellungen und Hämatombildungen. Primär erfolgt die Inspektion von blossen Auge oder mit der Lupenbrille. Die Anwendung des Mikroskopes ist in der Traumatologie bisher nicht beschrieben worden, kann aber bei der Wundversorgung und vor allem bei den oft notwendigen endodontischen Behandlungen von grossem Nutzen sein.

Palpation: Die Palpation dient zur Feststellung der Beweglichkeit verletzter Zähne oder Zahnfragmente. Mittels Palpation wird auch die Verlagerungsrichtung traumatisierter Zähne eruiert. Scheinbar fehlende Zähne sind vielleicht vollständig intrudiert

und können nicht selten vestibulär unter der Schleimhaut palpirt werden. Weichteilwunden sollen auf eingedrungene Fremdkörper oder Zahnfragmente palpirt werden. Auch die Integrität der Kieferknochen und insbesondere der zahntragenden Abschnitte (Alveolarknochen) wird mittels Palpation überprüft. Dabei soll auf Stufenbildungen sowie Fragmentbeweglichkeit geachtet werden.

Perkussion: Die Perkussion (Abb. 6) dient zur Feststellung der Klangfarbe (eigentliche Perkussion) und der Schmerzempfindlichkeit (Perkussionsdolenz). Erstere soll mit unverletzten, (nicht-überkronten) Nachbarzähnen verglichen werden. Bei Ödembildung im Parodontalgewebe oder zerrissenen Sharpey'schen Fasern wird der Perkussionsschall dumpf, bei direktem Knochenkontakt der Wurzel (nach starker Intrusion oder posttraumatischer Ankylose) findet sich ein metallisch heller Klopfeschall. Die Perkussionsdolenz muss als Zeichen einer mechanischen Schädigung des Zahnhalteapparates gedeutet werden. Bei Verlaufskontrollen ergibt die Perkussionsdolenz Hinweise auf periapikale oder periradikuläre entzündliche Veränderungen.

Sensibilitätstest: Die Prüfung der Pulpasensibilität erfolgt thermisch mit CO₂-Schnee (Abb. 7) oder elektrisch. Bei Kindern oder Jugendlichen mit noch unvollständigem Wurzelwachstum des



Abb. 6 Horizontale (senkrecht zur Zahnachse) und vertikale (in der Zahnlängsachse) Perkussion mit Instrumentenende.

Fig. 6 Percussion horizontale (i. e. perpendiculaire à l'axe longitudinal de la dent) et verticale (dans le sens de l'axe longitudinal de la dent) à l'aide de l'extrémité du manche d'un instrument.



Abb. 7 Thermische Prüfung der Pulpasensibilität mit CO₂-Schnee.

Fig. 7 Test thermique de la sensibilité pulpaire par la neige carbonique.

Raschkow' Plexus sind elektrische Sensibilitätstests unzuverlässig (FULFILLING & ANDREASEN 1976, FUSS et al. 1986). Allgemein durchgesetzt hat sich die Anwendung des CO₂-Testes zur Prüfung der Pulpasensibilität nach Zahntraumata (SIGURDSSON 2003). Befürchtungen der Rissbildung der Zahnhartsubstanzen oder irreversibler Pulpaschädigung durch die extreme Kälte (-78 °C des gefrorenen CO₂) sind unbegründet (INGRAM & PETERS 1983, RICKOFF et al. 1988). Obwohl der Sensibilitätstest keine Aussage über die Pulpavitalität bzw. den Zustand der (Re-)Vaskularisation zulässt, wird er oft als Schlüsselkriterium beim Entscheid für eine endodontische Behandlung herbeigezogen. Aus unserer Sicht ist dies falsch, da Sensibilitätstests bei traumatisierten Zähnen oft erst nach Monaten wieder einen positiven Befund zeigen können (ANDREASEN 1989). Der Sensibilitätstest darf deshalb nicht als alleiniges Kriterium für die Einleitung einer Wurzelkanalbehandlung beigezogen werden. Nur wenn zusätzliche klinische und radiologische Befunde eine Pulpanekrose als wahrscheinlich erscheinen lassen, soll die endodontische Therapie eingeleitet werden (genaue Entscheidungskriterien werden bei den einzelnen Verletzungsformen diskutiert, siehe nachfolgende Publikationen).

Vitalitätstest: Die Prüfung der eigentlichen Pulpavitalität ist schwierig. Sie kann durch Bestimmung der Pulpadurchblutung mittels Laser-Doppler-Messmethode (Laser Doppler Flowmetry, LDF; Abb. 8) oder durch Bestimmung der Pulsrate (Pulsoxymetrie oder Plethysmographie) erfolgen. Da beide Methoden nur eine semiquantitative Analyse der Pulpavitalität erlauben und apparatetechnisch anspruchsvoll sind, können sie noch nicht abschliessend für die Praxis empfohlen werden. Fehlmessungen durch entzündliche Veränderungen im Wurzelbereich, durch gingivanahe Sondenlage oder durch Umgebungseinflüsse sind möglich (AKPINAR et al. 2004). Die Anwendung der LDF zur Pulpadiagnostik traumatisierter Zähne ist in wenigen Fallberichten (LEE et al. 2001, ROEYKENS et al. 2002) und klinischen Studien beschrieben worden (EVANS et al. 1999, STROBL et al. 2004, WINZAP-KÄLIN et al. 2005). In tierexperimentellen Studien an Hunden konnte mittels LDF der Pulpazustand replantierter, extrahierter Zähne sehr exakt bestimmt werden (YANPISSET et al. 2001).

Periotest: Periotestmessungen haben ihren Wert ganz eindeutig in der sequentiellen Diagnostik, indem Messwerte (zu verschiedenen Zeitpunkten) über eine entsprechende Zeitperiode miteinander verglichen werden können. Einzelmessungen sind



Abb. 8 Positionierung der Laser-Doppler-Sonde an der labialen Kronenfläche zur Bestimmung der Pulpadurchblutung.

Fig. 8 Positionnement de la sonde laser Doppler sur la face vestibulaire de la couronne pour l'évaluation de l'irrigation sanguine de la pulpe.

kaum zu interpretieren. Da die Periotestwerte Zahn- bzw. Patienten-spezifisch sind, sind vergleichende Angaben ebenfalls problematisch. Beim gleichen Individuum sollten jeweils nur Zahnpaare miteinander verglichen werden. Periotestmessungen traumatisierter Zähne sollten immer vertikal (Anschlag an der Inzisialkante) und horizontal (Anschlag an der faszialen Kronenfläche) durchgeführt werden (Abb. 9). In jeder Richtung sollten mindestens drei Periotestwerte gemessen werden. Der Periotest hat seine Bedeutung vor allem in der Frühdiagnostik posttraumatischer Ankylosen (Werte sinken) sowie entzündlicher paradikulärer Veränderungen (Werte steigen).

Transillumination: Mit einer Kaltlichtsonde oder zur Not mit einer Kompositleuchte können Zahnkronen durchleuchtet werden (Abb. 10). So können Schmelzsprünge und Schmelzrisse sowie Infraktionen, welche in Schmelz und Dentin verlaufen, erkannt werden. Dabei hemmen Risse im Schmelz den Lichtfluss nicht – sie bedürfen keiner Behandlung. Risse im Dentin dagegen hemmen den Lichtfluss durch die Krone – sie stellen je nach Ausdehnung und Verlauf (radiär in die Pulpa oder klinisch und radiologisch nicht diagnostizierbare vertikale Wurzelrisse ohne Separation) therapeutische Herausforderungen dar.

Radiologische Untersuchung

Die Anfertigung von Röntgenbildern ist in der Zahntraumatologie unabdingbar. In erster Linie sollen Zahnfilmaufnahmen der



Abb. 9 Periotestmessungen erfolgen sowohl in horizontaler (Abb. 9a) wie auch in vertikaler Richtung (Abb. 9b) zur Zahnlongitudinalachse.

Fig. 9: Les examens par Periotest® sont effectués aussi bien en direction horizontale (fig. 9a) que verticale (fig. 9b) par rapport à l'axe longitudinal de la dent.



Abb. 10 Transillumination mit Kompositleuchte.

Fig. 10: Transillumination à l'aide d'une lampe à polymériser les composites.

traumatisierten, aber auch der (vermeintlich) unverletzten Nachbarzähne gemacht werden. Bei Dislokationverletzungen bzw. Verdacht auf Wurzelfrakturen sollten Röntgenbilder immer in zwei Ebenen erfolgen. Dazu wird eine Zahnfilmaufnahme in Parallel- oder Halbwinkeltechnik angefertigt sowie eine okklusale Aufbissaufnahme (Abb. 11).

Übersichtsröntgenbilder wie Panoramaschichtaufnahmen sind gerade bei den häufigen Verletzungen der Frontzähne kaum von Nutzen (Überlagerung der Wirbelsäule), sollten jedoch bei Verdacht auf Kieferfrakturen angefertigt werden. Spezialaufnahmen



11a)



11b)

Abb. 11 In der Zahnfilmaufnahme (Abb. 11a) ist die Wurzelfraktur bei 11 im koronalen Wurzel Drittel sehr gut sichtbar. Hingegen ist die Wurzelfraktur bei 21 im mittleren Wurzel Drittel deutlich schlechter sichtbar. Gerade umgekehrt ist die Darstellung der beiden Wurzelfrakturen im halbaxialen Strahlengang der Oberkieferaufbiss-Aufnahme (Abb. 11b).

Fig 11 Dans le cliché apical (fig. 11a) la fracture radiculaire dans le tiers coronaire de la racine de la 11 est facile à repérer. Par contre, la fracture radiculaire dans le tiers moyen de la racine de la 21 est sensiblement moins bien visible. La précision de la définition des deux fractures radiculaires est exactement inversée dans le cliché occlusal du maxillaire supérieur réalisé selon la technique de la bissectrice (fig. 11b).

wie Computertomografie oder Schädelübersichtsaufnahmen (Schädel posterior-anterior, Clementschitsch etc.) sind nur selten indiziert. In Zukunft dürfte jedoch die Volumentomografie bei Zahntraumata von Nutzen werden, da sie eine dreidimensionale Darstellung der dento-alveolären Strukturen bei geringer Strahlendosis ermöglicht (Abb. 12).

ZEPAG

Die so genannte ZEPAG-Klassifikation (siehe Tab. I) von Zahntraumata zwingt zu einer ausführlichen Befunderhebung der einzelnen Gewebe der dento-alveolären Einheit. Aus didaktischer Sicht kann sie nur empfohlen werden (EBELESEDER & GLOCKNER 1999). Im Weiteren wurde angeregt, mit der ZEPAG-Klassifikation ein Punktesystem zur Evaluation der Prognose der verschiedenen Zahntraumata zu erarbeiten (FILIPPI et al. 2000).

Schlussfolgerungen

- Wählen Sie auch bei Zahntraumata ein strukturiertes Vorgehen: Anamnese, extraorale Untersuchung, intraorale Untersuchung, Röntgenabklärung, Diagnosestellung.
- Dokumentieren Sie die Befunde fotografisch und radiologisch, und wiederholen Sie diese Dokumentation bei den Nachkontrollen und Recalls.
- Versuchen Sie, Befunde und Diagnosen durch eine möglichst vielseitige und umfassende Untersuchungsmethodik einzugrenzen.
- Eine Versicherungsmeldung (Haftpflichtfragen, Forensik, Spätfolgen) ist bei allen Zahntraumata notwendig.

Abstract

Diagnostic and therapeutic interventions following dental injuries are not part of the routine practice in the dental office.



Abb. 12 20-jähriger Patient mit Status nach Wurzelfraktur 21 vor 5 Jahren. Klinisch labial deutlich erhöhte Sondierungstiefe (Abb. 12a). Im konventionellen Röntgenbild ist die Wurzelfraktur schwach erkennbar (Abb. 12b). Die Querschnittsaufnahme mit der digitalen Volumentomographie zeigt deutlich die diagonale Wurzelfraktur, aber auch den labialen Knochenverlust koronal des Frakturspaltes (Abb. 12c). Eine Erhaltung des Zahnes ist nicht mehr möglich.

Fig. 12: Patient âgé de 20 ans, status cinq ans après fracture radiculaire de la 21. A l'examen clinique, il y a une augmentation significative de la profondeur au sondage du côté vestibulaire (fig. 12a). Sur le cliché apical conventionnel, la fracture radiculaire est à peine reconnaissable (fig. 12b). Le cliché de coupe transversale à la tomodensitométrie tridimensionnelle numérique fait clairement apparaître la fracture diagonale de la racine, de même que la perte osseuse de la paroi vestibulaire dans la région coronaire au trait de fracture (fig. 12c). A ce stade, il n'est plus possible de conserver la dent.



Quite often, these patients are emergency cases who seek treatment after normal office hours. The objective of this and the future papers is to present the current treatment concepts in dental traumatology at the School of Dental Medicine, University of Berne. The fruitful cooperation in the field of dental traumatology between the Department of Oral Surgery and Stomatology, and the Department of Conservative Dentistry (including pediatric dentistry and endodontology), is based on the interdisciplinary approach that has been established four years ago. Following discussion and evaluation of such treated cases, and considering current clinical and experimental references, the said concepts have been worked out. The present paper describes the diagnostic measures following injuries to

the permanent teeth. Subsequent papers will illustrate our therapeutic concepts of injuries to the periodontal and dental hard tissues of permanent teeth.

Literaturverzeichnis

- ANDREASEN F M: Pulpal healing after luxation injuries and root fracture in the permanent dentition. *Endod Dent Traumatol* 5: 111–131 (1989)
- ANDRESEN M, MACKIE I, Worthington H: The Periost in traumatology. Part I. Does it have the properties necessary for use as a clinical device and can the measurements be interpreted? *Dent Traumatol* 19: 214–217 (2003)

Tab.1 ZEPAG-Klassifikation der Verletzungen der verschiedenen Gewebe der dento-alveolären Einheit

Gewebe	Mögliche Verletzungen
Z Zahnhartsubstanz	Infraktur, Schmelzriss, Schmelzfraktur Schmelz-Dentinfaktur, Wurzelfraktur, Kronen-Wurzel-Fraktur
E Endodont	Freilegung von Dentin, Pulpaeröffnung Erschütterung bzw. Quetschung bzw. Dehnung bzw. Ruptur der Pulpa
P Parodont	Konkussion (Erschütterung), Lockerung («Loosening»), Extrusion, laterale Dislo- kation, Intrusion, Avulsion
A Alveolarknochen	Quetschung, Aussprengung/Fraktur des Knochens der Alveole, Alveolarfortsatz- Fraktur, Zertrümmerung der Alveole
G Gingiva	Quetschung, Abriss/Ablederung, Riss- quetschwunde

ANDRESEN M, MACKIE I, WORTHINGTON H: The Periotest in traumatology. Part II. The Periotest as a special test for assessing the periodontal status of teeth in children that have suffered trauma: *Dent Traumatol* 19: 218–220 (2003)

AKPINAR K E, ER K, POLAT S, POLAT NT: Effect of gingiva on laser Doppler pulpal blood flow measurements. *J Endod* 30: 138–140 (2004)

EBELESSEDER K A, GLOCKNER K: Diagnostik des dentalen Traumas – Erstuntersuchung und Verletzungsarten. *Endodontie* 8: 101–111 (1999)

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)

FILIPPI A, TSCHAN J, POHL Y, BERTHOLD H, EBELESSEDER K A: A retrospective classification of tooth injuries using a new scoring system. *Clin Oral Invest* 4: 173–175 (2000)

FULFILLING H J, ANDREASEN J O: Influence of maturation status and tooth type of permanent teeth upon electrometric and

thermal pulp testing procedures. *Scand J Dent Res* 84: 291–296 (1976)

FUSS Z, TROWBRIDGE H, BENDER I B, RICKOFF B, SORIN S: Assessment of reliability of electrical and thermal pulp testing agents. *J Endod* 12: 301–305 (1986)

INGRAM T A, PETERS D D: Evaluation of the effects of carbon dioxide uses as a pulpal test. *J Endod* 9: 296–303 (1983)

LEE J Y, YANPISET K, SIGURDSSON A, VANN JR W F: Laser doppler flowmetry for monitoring traumatized teeth. *Dent Traumatol* 17: 231–235 (2001)

MACKIE I, GHREBI S, WORTHINGTON H: Measurement of tooth mobility in children using the periotest. *Endod Dent Traumatol* 12: 120–123 (1996)

OIKARINEN K, KAUPPINEN P, HERRALA E: Mobility and percussion sound of healthy upper incisors and canines. *Endod Dent Traumatol* 8: 21–25 (1992)

ROEYKENS H J J, VAN MAELE G O G, MARTENS L C M, DE MOOR R J C: A two-probe laser doppler flowmetry assessment as an exclusive diagnostic device in a long-term follow-up of traumatised teeth: a case report. *Dent Traumatol* 18: 86–91 (2002)

RICKOFF B, TROWBRIDGE H, BAKER J, FUSS Z, BENDER I B: Effects of thermal vitality tests on human dental pulp. *J Endod* 14: 482–485 (1988)

SCHULTE W, D'HOEDT B, LUKAS D, MAUNZ M, STEPELER M: Periotest for measuring periodontal characteristics – correlation with periodontal bone loss. *J Periodont Res* 27:184–190 (1992)

SIGURDSSON A: Pulpal diagnosis. *Endod Topics* 5: 12–25 (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)

WINZAP-KÄLIN C, CHAPPUIS V, VON ARX T: Laser-Doppler-Technik zur Vitalitätsprüfung traumatisierter bleibender Oberkieferfrontzähne. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 115: 12–17 (2005)

YANPISET K, VONGSAVAN 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)