

Intraossäre Anästhesie X-tip® bei Zahnextraktionen

Schlüsselwörter: Anästhesieversager, intraossäre Anästhesie, Alternative, X-tip®

MARCELLO AUGELLO¹

THOMAS FURRER²

MICHAEL LOCHER¹

¹ Poliklinik für Orale Chirurgie
der Klinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten und Kiefer-
chirurgie der Universität Zürich

² Klinik im Park, Zürich

Korrespondenzadresse

Dr. Marcello Augello
Poliklinik für Orale Chirurgie
der Klinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten und Kieferchirurgie
der Universität Zürich
Plattenstrasse 15
8032 Zürich
Tel. 044 634 32 90
Fax 044 634 43 28
E-Mail:
marcello.augello@zzmk.uzh.ch

Zusammenfassung Ziel der vorliegenden Studie war es herauszufinden, ob mit alleiniger Applikation der IOA mit dem intraossären Anästhesie-Applikations-System X-tip® eine ausreichende Anästhesie möglich ist sowie Nebenwirkungen festzustellen. Bei 55 Patienten wurden 62 Zähne extrahiert, bei einem Zahn eine Pulpektomie durchgeführt und einmal eine Kürettage bei Alveolitis sicca vorgenommen. Nach der Schleimhautanästhesie mit Ubistesin forte® wurde mit dem X-tip® die Kortikalis perforiert und mit dem gleichen Anästhetikum die Spongiosa infiltriert. Gemessen wurden Anästhetikumverbrauch, Veränderungen der Herzfrequenz und

der Sauerstoffsättigung. Es wurden das subjektive Adrenalinempfinden, das Nichtansprechen auf das Anästhetikum, Komplikationen und die Patientenzufriedenheit erfasst. Die durchschnittlich verbrauchte Anästhetikummenge betrug 1,5 ml. Der durchschnittliche Hf-Anstieg betrug 14,6 Schläge/min. Wir dokumentierten fünf Nichtansprecher, aber keine Komplikationen. Die alleinige Anwendung der IOA mit X-tip® war in dieser Studie in 91% ausreichend. Als sekundäres Anästhesieverfahren zeigt die IOA bei Einhalten der Dosierung eine gute Wirkung ohne wesentliche kardiovaskuläre Nebenwirkungen.

Einleitung

Eine seit 1965 (CORRIN) angewandte, aber wenig bekannte und auch wenig verbreitete Anästhesiemethode ist die intraossäre Anästhesie (IOA). Die IOA stellt eine alternative bzw. supplementäre Anästhesiemethode dar. Sowohl die intraligamentäre, intrapulvale (MULLER ET AL. 1991), intraseptale und auch palatinale/linguale Injektion sind häufig angewandte Ergänzungsanästhesien, z. B. bei Infra-Alveolar-Nerve-Block-(IANB-)Versagern (WEATHERS 1999, QUINN 1998) oder bei Versagern wegen der kollateralen Innervation im Frontzahnbereich (FRIEDMANN & HOCHMANN 1998, FRIEDMANN & HOCHMANN 1999). Zahlreiche Studien zwischen 1980 und 2005 zeigen die gute Wirkung einer Kombination der IANB mit zusätzlicher IOA unabhängig davon, welches der zurzeit angebotenen Applikationssysteme verwendet wurde (PARENTE ET AL. 1998, REITZ ET AL. 1998a, NUSSTEIN ET AL. 1998, REISMAN ET AL. 1997, DUNBAR ET AL. 1996, GUGLIELMO ET AL. 1999, GALLATIN ET AL. 2000, REITZ ET AL. 1998b).

Ein Anästhesieversagen kann verschiedene Gründe haben (KAUFMAN ET AL. 1984). Hierzu gehören pharmakologische Gründe, wie Proteinbindungs- und pKa-Dissoziationskonstantenveränderungen im entzündeten Gebiet, zu geringe Anästhetikavolumina oder -konzentrationen (VANDERMEULEN 2000), anatomische Variationen, akzessorische Innervationen, Neuroplastizität oder Nervenaktivitätserhöhung bzw. Sensibilisierung

(VINCKIER 2000, CADDEN ET AL. 2001, ROOD ET AL. 1981, ROOD ET AL. 1982), psychologische Aspekte (MEECHAN 1999, BOURGOYNE 1989) und technische Faktoren (ROOD 1977, JESKE ET AL. 1985, Tab. I). Anästhesieversager sind nach verschiedenen Studien häufig. MALAMED (1997) berichtete über eine Misserfolgsrate bei IANB von 15 bis 20%. Weitere Autoren berichteten über eine Versagerquote der IANB zwischen 10% (VINCKIER 2000) und 45% (POTOCNIK ET AL. 1999) und bei irreversibler Pulpitis sogar bis 75% (REISMAN ET AL. 1997, DUNBAR ET AL. 1996, GUGLIELMO ET AL. 1999). Diese Messungen erfolgten mit einem Pulpatester, bei dem der Wert 80 als Anästhesie für die Pulpa galt.

Im Gegensatz dazu soll die Quote bei alleiniger Anwendung der IOA nur ca. 7% betragen (TURNER ET AL. 2002). Die IOA kann als primäres Anästhesieverfahren oder bei Nichtansprechen der Leitungsanästhesie angewendet werden. Eine Indikation stellen kurze Eingriffe bei Patienten mit Gerinnungsanomalien und der Gefahr einer Hämatombildung durch herkömmliche Injektionsmethoden dar. Bei unklarer Operationsdauer kann eine Nachinjektion durch den Trocar erfolgen. Als Kontraindikation gilt eine starke Entzündung im X-tip®-Penetrationsgebiet, da eine intraossäre Streuung der Bakterien möglich ist. Kardiopulmonale Risikopatienten sollten ggf. mit einem Adrenalinzusatz von 1:200000 unter Beachtung der Höchstdosis oder ohne Adrenalinzusatz (MALAMED 2003) therapiert werden, um einen Zwischenfall zu vermeiden.

Tab.1 Mögliche Gründe für Anästhesieversager bei herkömmlichen Methoden

Instrumentenabhängige/technische Faktoren		<ul style="list-style-type: none"> – Falsche Nadelgrösse – Nadelverbiegung
Patientenabhängige Faktoren	Anatomisch	<ul style="list-style-type: none"> – Akzessorische Innervationen wie Kreuzinnervationen der UK-Front und akzessorische Innervation in der UK-posterioren Region durch linguale, lange buccale/mylohyoidale Nerven – Intravasale Anästhetikuminjektion – Unvorhersehbare Anästhetikumsausbreitung v. a. im Bereich der dicken Kortikalis des Proc. zygomaticus und der Mandibula
	Pathologisch	<ul style="list-style-type: none"> – Lokale Infekte – Trismus
	Psychologisch	<ul style="list-style-type: none"> – Angst
Zahnarztabhängige Faktoren		<ul style="list-style-type: none"> – Unerfahrenheit – Falsche Anwendungstechnik
Pharmakologische Faktoren		<ul style="list-style-type: none"> – Zu geringe Anästhetikavolumina oder -konzentrationen – Proteinbindungs- und Pka-Dissoziationskonstantenveränderungen im entzündeten Gebiet
Neurophysiologische/Molekularbiologische		<ul style="list-style-type: none"> – Schmerzbantheorien (Konvergenz und Divergenz der afferenten Neurone) – Transmittertheorien (Endotoxine, Substanz P, Neurokin A) – Zentrale Sensibilisierung/Rekrutierung (Neuroplastizität) – Akzessorische Nervenfaserekrutierung

Die Verletzung von Wurzeln bei der Anwendung der IOA wurde in der Literatur nicht beschrieben. Auch sind schwer wiegende Läsionen des N. lingualis nicht zu erwarten. Bei Kindern sollte die IOA nicht angewendet werden, da die Gefahr einer Verletzung von Zahnkeimen zu gross ist. Weiterhin gilt die Anwendung bei dunkelhäutigen Patienten mit den häufig sehr kräftigen und schwer penetrierbaren kortikalen Verhältnissen als relative Kontraindikation (ETTINGER ET AL. 1997).

Die vorliegende klinische Studie soll aufzeigen, ob die IOA mit dem Anästhesie-Applikationssystem X-tip® als alleiniges Anästhesieverfahren eine gleichwertige Alternativmethode zur IANB oder Terminalanästhesie darstellt.

Material und Methode

Für diese Untersuchung wurde das X-tip®-System (LLC Lakewood, New Jersey, USA) ausgewählt (Abb. 1). Der Vorteil dieses Systems soll eine einfachere Handhabung als bei anderen Systemen, wie dem System von Stabident® (WONG 2001, BOS 2001), von Cyberjet® oder von Hypobrand Intraosseous Needle® (WONG 2001, AKER 2001) sein.

Das X-tip®-Anästhesieapplikationssystem besteht aus einer 27-Gauge-Injektionsnadel und einem 27-Gauge-Bohrer mit Führungshülse (Trocar). Es wird auf ein grünes Winkelstück aufgesetzt.

Um eine Verletzung von Zahnwurzeln oder des Nervus alveolaris inferior zu vermeiden, ist initial eine radiologische Kontrolle dieser Strukturen indiziert. Zunächst erfolgte die Lokalanästhesie der Penetrationsstelle mit Ubistesin forte® (Articaini hydrochloridum 40 mg, Adrenalinum 10 µg ut Adrenalinum hydrochloridum, Dr. Wild & Co. AG, Basel). Dann erfolgte interradikulär oder distal des zu behandelnden Zahnes die Perforation der Kortikalis mit 15 000 Umdrehungen/min. Anschliessend wurde das Anästhetikum langsam in die Spongiosa infiltriert (Abb. 2). Zur Vermeidung einer möglichen Keimkontamination aus der Mundhöhle wurde der Trocar während der Behandlungszeit nicht im Knochen belassen. Diese Studie umfasste 55 Patienten aus der Poliklinik für Orale Chirurgie der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten und Kie-

ferchirurgie der Universität Zürich. Es handelte sich um 14 (25,5%) Frauen im Alter von 17 bis 76 Jahren (Ø 42,8 Jahre) und 41 (74,5%) Männer im Alter von 18 bis 70 (Ø 38,2 Jahre, Standardabweichung 13,81). Es wurde eine Anamnese bzgl. allgemein internistischer Vorerkrankungen und Medikamenteneinnahme erhoben. Messparameter in dieser Untersuchung



Abb.1 Anästhesie-Applikationssystem X-tip® (LLC Lakewood, New Jersey, USA) mit einer 27-Gauge-Führungshülse, einem Bohrer und einer 27-Gauge-Injektionsnadel



Abb.2 Drei Schritte bei der Anwendung von X-tip®

waren der Anästhetikumverbrauch sowie die Pulsoxymetrie (CSI 504, theramed AG, Meggen) zur Überwachung der Herzfrequenz und der Sauerstoffsättigung. Um das subjektive Adrenalinempfinden (Herzklopfen, Palpitationen) zu erfassen, wurde der Patient eine Minute nach der Injektion gefragt, ob er einen schnelleren Herzschlag verspüre. Weiterhin wurden Komplikationen und die Patientenzufriedenheit erfasst. Eine Messung der adäquaten Anästhesiewirkung erfolgte in dieser Studie nicht mittels Pulpatestung, sondern das entscheidende Kriterium war die klinische Schmerzfreiheit.

Resultate

Bei 53 Patienten erfolgte die Extraktion von insgesamt 62 Zähnen und bei je einem Patienten eine Pulpotomie und eine Kürettage bei einer Alveolitis sicca. Ursachen für die Extraktionen waren: Karies profunda mit Pulpitis (38 Zähne, 61%), Parodontitis apicalis oder marginalis (14 Zähne, 22%), Wurzelreste (8, 13%) und komplizierte Zahnfrakturen (2, 3%). Bei den Zahnextraktionen handelte es sich im Oberkiefer um acht Molaren, neun Prämolaren und sechs Frontzähne. Im Unterkiefer waren es 23 Molaren, neun Prämolaren und sieben Frontzähne. Es wurden 45 Einfachextraktionen und acht Mehrfachextraktionen mit einer Anästhesie-Applikationsstelle durchgeführt, wobei siebenmal zwei nebeneinanderliegende Zähne und einmal drei Zähne gleichzeitig extrahiert wurden. Die verbrauchte Ubistesin-forte®-Menge setzte sich aus der Schleimhautanästhesie und der eigentlichen IOA zusammen. Für die Schleimhautanästhesie wurden 0,2–0,5 ml (Ø 0,3 ml) Ubistesin forte® verbraucht. Mit dem X-tip® wurden danach 0,9–2,4 ml (Ø 1,5 ml, Standardabweichung 0,36) benötigt. Von den 55 untersuchten Patienten hatten 39 (71%) post injectionem eine erhöhte Herzfrequenz zwischen zwei und 37 Schlägen/min, mit einem Durchschnitt von 14,6 Schlägen/min (Abb. 3). Die Herzfrequenz stabilisierte sich nach 0,5–1 Minute post injectionem meist auf den Ursprungswert oder darunter. Die intraoperative Herzfrequenz war bei 33 Patienten (60%) um 1–30 Schläge/min (Ø 10,4) tiefer als die präoperative, bei acht Patienten (15%) gleich wie die präoperative und bei 13 Patienten (24%) leicht höher (1–13 Schläge/min, Ø 3,8). Die Sauerstoffsättigung lag während der gesamten Behandlung zwischen 94 und 99% (Ø 97,5%). Bei keinem Patienten kam es zu einem Abfall der Sauerstoffsättigung. Herzklopfen wurde nur von vier Patienten (7%) angegeben. Die Wundverhältnisse im X-tip®-Penetrationsgebiet zeigten eine Woche postoperativ keine entzündlichen Veränderungen. Im Verlauf unserer Untersuchung sind weder Bissverletzungen an Wangen oder Lippen noch kardiopulmonale Zwischenfälle aufgetreten. Alle Patienten waren mit der Anästhesiemethode zufrieden und empfanden die IOA im Vergleich zu früheren Infiltrations- oder Leitungsanästhesien nicht als unangenehmer. Positiv beurteilt wurde die postoperativ schnell nachlassende Lippen- und die gänzlich fehlende Wangen- oder Zungentaubheit.

Diskussion

Die Anwendung der IOA mit dem X-tip®-System und einem Lokalanästhetikum mit Adrenalinzusatz zeigte in unserer Untersuchung pulsoxymetrisch in 71% der behandelten Patienten eine kardiale Belastung, die jedoch als geringfügig anzusehen war. Dies bestätigen auch frühere Studien von COGGINS ET AL. (1996) 78% und von BROWN (1999), bei denen nach IOA 46–100% der Patienten, je nach Typ des Applikationssystems, einen Anstieg der Herzfrequenz zeigten. Dies gilt auch für die

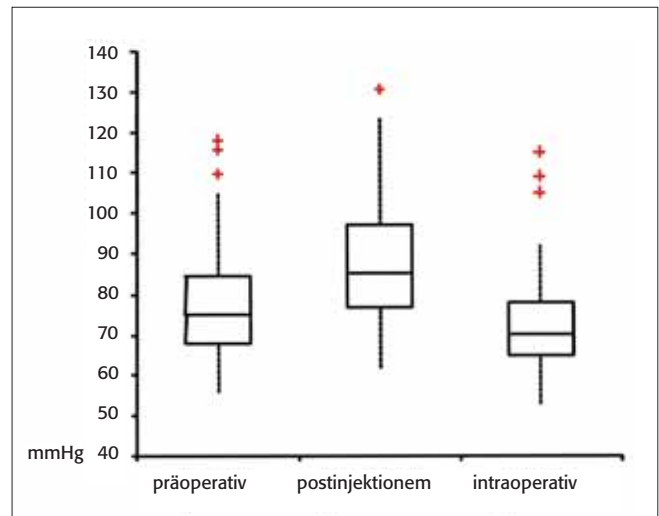


Abb. 3 Herzfrequenzveränderungen prä-, intra- und postinjectionem (Wilcoxon-Test)

Kombination mit IANB. So konnte bei GUGLIELMO ET AL. (1999) bei 80%, bei REITZ ET AL. (1998a) bei 68% und bei DUNBAR ET AL. (1996) bei 80% der Patienten ein Herzfrequenzanstieg verzeichnet werden. Somit zeigen die intraossär angewandten Systeme eine systemische Adrenalin- resp. Epinephrinwirkung. Der mittlere Herzfrequenzanstieg um 14,6 Schläge/min mit Ubistesin forte® (Articain mit 1:100 000 Adrenalin) ist vergleichbar mit dem Anstieg um 12 Schläge/min in der Studie von CHAMBERLAIN ET AL. (2000) unter 2% Lidocain mit 1:100 000 Epinephrine.

Keine wesentliche Erhöhung der Herzfrequenz hingegen konnte die Studie von REPLOGLE ET AL. (1999) zeigen, bei welcher 3% Mepivacain ohne Adrenalinzusatz zur IOA verwendet wurde. Der maximale Herzfrequenzanstieg betrug 4 Schläge/min. Allerdings war die Anästhesiewirkung auch nur in 80% ausreichend. Auch REISMAN ET AL. (1997) zeigten vergleichbare Resultate zur Anästhesiewirkung.

Subjektiv bemerkten nur vier von 55 der in dieser Studie untersuchten Patienten einen adrenalinspezifischen Effekt wie Herzklopfen. Dieser Effekt könnte aber auch durch die Aufregung vor der bevorstehenden Operation oder durch eine zu hohe Injektionsgeschwindigkeit bedingt sein, die optimal bei 1 ml pro Minute liegen sollte (MALAMED 2004). Die O₂-Sättigung zeigte bei keinem der Patienten eine Veränderung. Die kardiopulmonale Belastungssituation bei einer IOA entspricht somit etwa einer leichten körperlichen Anstrengung (WEATHERS 1999, LILIENTHAL ET AL. 1975a, LILIENTHAL & REYNOLDS 1975b). In der Literatur wird zwischen der kardiopulmonalen Belastung bei Leitungs- und Terminalanästhesie nicht unterschieden. HOLM ET AL. (2006) diskutierten, dass die Art der Injektion (IANB vs. Terminalanästhesie) sowie die Gefäßversorgung im zu anästhesierenden Gebiet wichtige Faktoren für eine unterschiedliche kardiopulmonale Belastung seien. Bei kardiopulmonal belasteten Patienten empfiehlt es sich, die IOA mit einem Adrenalinzusatz von 1:200 000 oder ohne Adrenalin anzuwenden.

Die Anästhesiedauer wurde in dieser Studie nicht eruiert, da keine der Therapien länger als 30 Minuten gedauert hatte. Anamnestisch liess jedoch die Schmerzunterdrückung nach 30–45 Minuten nach. Andere Studien (DUNBAR ET AL. 1996, COGGINS ET AL. 1996, REPLOGLE ET AL. 1997) gehen von 60 Minuten und mehr aus. Auch die Studie von JENSEN ET AL. (2008) konnte nach Anwendung des X-tip® als primäre Anästhesie

eine Anästhesiedauer von 60 Minuten zeigen. Technisch sollte die Injektionsstelle distal des zu extrahierenden Zahnes liegen. Bei schlecht zugänglichen Applikationsstellen, z. B. im Bereich der zweiten oder dritten Molaren, ist auf eine mesiale Applikationsstelle auszuweichen. Zusätzlich muss die Schmerzfreiheit mit einer linguale und palatinalen Terminalanästhesie gewährleistet werden.

Die Effektivität der IOA mit X-tip® mit 91% in dieser Studie entspricht den Ergebnissen von TURNER ET AL. (2002), die in einer Studie mit X-tip® an 41 Patienten eine Erfolgsrate von 93% angaben. Bei der Anwendung von anderen Systemen wurden Angaben zur Effektivität von BROWN (1999) mit 45–93%, von REPLOGLE ET AL. (1997) mit 74% und von COGGINS ET AL. (1996) mit 75% im Unterkiefer und 93% im Oberkiefer gemacht. Die Arbeitsgruppe um GALLATIN ET AL. (2003) konnte bei der Anwendung des X-tip® als primäre Anästhesie für den zweiten Prämolaren und die Molaren im Unterkiefer mit 83–95% ähnliche Resultate erzielen. Mit dem X-tip® wurde das Stabident®-System verglichen, welches gleich gute Ergebnisse (81–93%) ergab.

DIRNBACHER (2002) ermittelte eine durchschnittliche Anästhetikummenge mit Adrenalinzusatz bei der IANB von 1,84 ml, wobei in der Praxis die erforderliche Menge sicherlich auch abhängig vom Behandler stark schwanken dürfte. Unsere Resultate zeigten einen vergleichbar hohen Verbrauch von durchschnittlich 1,5 ml. In unserer Studie klagten fünf Patienten über intraoperativ persistierende Schmerzen, die mit geringen Zusatzmengen Ubistesin forte® (max. ¼ Ampulle) in Terminalanästhesie behandelt werden konnten (drei Molaren im OK [palatinale Wurzel], zwei Molaren im UK). Als Ursache für die fünf Nichtansprecher kommen fehlende Routine, eine unvorteilhafte Injektionsstelle, eine ungenügende Anästhetikummenge oder möglicherweise die Anästhetikumabgabe in die Weichteile bei undichter Führungshülse infrage. Durch die in dieser Studie vorgenommene Entfernung des Trokars nach der intraossären Applikation des Anästhetikums war auch keine intraossäre Nachinjektion möglich. Dafür fanden wir auch keine Wundheilungsstörungen, die in anderen Studien (BROWN 1999, REPLOGLE ET AL. 1997) mit 5% angegeben wurden.

Die Literaturrecherche bezüglich der IANB-Versagerquote ergab erstaunlich hohe Werte für Anästhesieversager (10–20%, MALAMED 1997, DIRNBACHER ET AL. 2003), wobei sich diese Zahlen auf ein nicht selektioniertes Krankengut beziehen. Im Vergleich zu diesen Literaturangaben ist die Versagerquote der IOA mit 9% in dieser Studie geringer. Aus unserer klinischen Erfahrung können wir die hohe Versagerrate bei IANB und Terminalanästhesie nicht bestätigen. Zudem sind die deutlich höheren Kosten der IOA zu berücksichtigen. Die IOA kommt aus diesem Grunde an unserer Klinik nur als sekundäres Verfahren zur Schmerzausschaltung in Betracht.

Abstract

AUGELLO M, FURRER T, LOCHER M: **Intraosseous anesthesia X-tip® for tooth extractions** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 119: 809–813 (2009)

The purpose of this study was to determine the anesthetic efficacy of a intraosseous anesthesia (IOA) as an alternative to the infra alveolar nerve block (IANB) or the maxillary anesthesia. 55 subjects who underwent a tooth extraction received a primary X-tip® intraosseous injection (LLC Lakewood, New Jersey, USA) of Ubistesin forte® (articaini hydrochloridum 40 mg, adrenalinum 10 µg ut adrenalini hydrochloridum 1:100000, median 1.5 ml). A pulse oximeter measured the heart rate and the oxygen saturation. The results demonstrated, that the maximum heart rate was higher with the intraosseous injection (average 14.6 beats/min increase) during 1.5–2 minutes, but there was no depression of the oxygen saturation. The wound healing was uneventful. We registered five non-responders which were treated additionally with 1.3 ml of Ubistesin forte® terminal anesthesia. For all patients the IOA was unpleasant similar to a "normal" anesthesia. Success of the intraosseous injection was 91%, comparable to the study of TURNER ET AL. (2002) (or the clinical experience after an IANB). For non-responders to an IANB the IOA seems to be a good alternative method.

Literatur

- AKER F D: Blocking the buccal nerve using 2 methods of IANB injection. Clin Anat 14: 111–119 (2001)
- BOS R R: Advantages and disadvantages of intraosseous anesthesia. Ned Tijdschr Tandheelk 108: 156–157 (2001)
- BOURGOYNE R: Anesthetic steps stop fear of pain. Dentist 67: 35–46 (1989)
- BROWN R: Intraosseous anesthesia: a review. J Calif Dent Assoc 27: 785–792 (1999)
- CADDEN S W, OCHARDSON R: The neural mechanisms of oral and facial pain. Dent Update 28: 359–367 (2001)
- CHAMBERLAIN T M, DAVIS R D, MURCHISON D F, HANSEN S R, RICHARDSON B W: Systemic effects of an intraosseous injection of 2% lidocaine with 1:100000 epinephrine. Gen Dent 48: 299–302 (2000)
- COGGINS R, READER A, NIST R, BECK M, MEYERS W J: Anesthetic efficacy of the intraosseous injection in maxillary and mandibular teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 81: 634–641 (1996)
- CORRIN R J: Intraosseous anesthesia. Bull Acad Gen Dent 30: 29–35 (1965)
- DIRNBACHER T: Intraligamentäre Anästhesie vs. Leitungs- und Infiltrationsanästhesie in der Praxis. Dissertation Universität Jena (2002)
- DIRNBACHER T, GLOCKMANN E, TAUBENHEIM L: Welche Anästhesie ist die richtige? Zahnärztl Mitt 23: 44–51 (2003)
- DUNBAR D, READER A, NIST R, BECK M, MEYERS W J: Anesthetic efficacy of the intraosseous injection after an IANB. J Endod 22: 481–486 (1996)
- ETTINGER B, SIDNEY S, CUMMINGS S R, LIBANATI C, BIKLE D D, TEKAWA I, STEIGER P: Racial differences in bone density between young adult black subjects persist after adjustment for anthropometric, lifestyle biochemical differences. J Clin Endocrinol Metab 82: 429–434 (1997)
- FRIEDMANN M J, HOCHMANN M N: The AMSA injection: a new concept for local anesthesia of maxillary teeth using a computer controlled injection system. Quintessence Int 29: 297–303 (1998)
- FRIEDMANN M J, HOCHMANN M N: The P-ASA block injection: a new palatal technique to anesthetize maxillary anterior teeth. J Esthet Dent 11: 63–71 (1999)
- GALLATIN E, STABILE P, READER A, NIST R, BECK M: Anesthetic efficacy and heart rate effects of the intraosseous injection of 3% mepivacaine after an inferior alveolar nerve block. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 89: 83–87 (2000)
- GALLATIN E, READER A, NUSSTEIN J, BECK M, WEAVER J: A comparison of two intraosseous anesthetic techniques in mandibular posterior teeth. J Am Dent Assoc 134: 1476–1484 (2003)
- GUGLIELMO A, READER A, NIST R, BECK M, WEAVER J: Anesthetic efficacy and heart rate effects of the supplemental intraosseous injection of 2% mepivacaine with 1:20000 levonordefrin. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 87: 284–293 (1999)
- HOLM S, CUNNINGHAM L L, BENSADOUN E, MADSEN M J: Hypertension: Classification, pathophysiology, and management during outpatient sedation and local anesthesia. J Oral Maxillofac Surg 64: 111–121 (2006)

- JENSEN J, NUSSTEIN J, DRUM M, READER A, BECK M:** Anesthetic efficacy of a peated intraosseous injection following a primary intraosseous injection. *J Endod* 34(2): 126–130 (2008)
- JESKE A H, BOSCHART B F:** Deflection of conventional versus nondeflecting dental needles in vitro. *Anesth Prog* 32: 62–64 (1985)
- KAUFMAN E, WEINSTEIN P, MILGROM P:** Difficulties in achieving local anesthesia. *J Am Dent Assoc* 108: 205–208 (1984)
- LILIENTHAL B A, REYNOLDS A K, COFFIN R D, ARCHER F E:** Comparative circulatory effects of adrenaline and noradrenaline during intraosseous anesthesia. *Int J Clin Pharmacol Biopharm* 11: 336–339 (1975a)
- LILIENTHAL B A, REYNOLDS A K:** Cardiovascular responses to intraosseous injection containing catecholamines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 40: 574–583 (1975b)
- MALAMED S F:** Techniques of mandibular anesthesia. In: *Handbook of local anesthesia*. 4th ed. Noida, India: Hartcourt Brace: 193–219 (1997)
- MALAMED S F:** Allergic and toxic reactions to local anesthetics. *Dent Today* 22:114–121 (2003)
- MALAMED S F:** *Handbook of local anesthesia*, 5. Aufl. Elsevier Mosby p 161 (2004)
- MEECHAN J G:** How to overcome failed local anesthesia. *Br Dent J* 186: 15–20 (1999)
- MULLER W, HENNE J:** Experimental studies on the effectiveness of intraligamental anesthesia. *DZZ* 46: 815–816 (1991)
- NUSSTEIN J, READER A, NIST R, BECK M, MEYERS W J:** Anesthetic efficacy of the supplemental intraosseous injection of 2% lidocaine with 1:100000 epinephrine in irreversible pulpitis. *J Endod* 24: 487–491 (1998)
- PARENTE S A, ANDERSON R W, HERMAN W W, KIMBROUGH W F, WELLER R N:** Anesthetic efficacy of the supplemental intraosseous injection for teeth with irreversible pulpitis. *J Endod* 24: 826–828 (1998)
- POTOCNIK I, BAJROVIC F:** Failure of inferior alveolar nerve block in endodontics. *Endod Dent Traumatol* 15: 247–251 (1999)
- QUINN C L:** Injection techniques to anesthetize the difficult tooth. *J Calif Dent Assoc* 26: 665–667 (1998)
- REISMAN D, READER A, NIST R, BECK M, WEAVER J:** Anesthetic efficacy of the supplemental intraosseous injection of 3% mepivacaine in irreversible pulpitis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 84: 676–682 (1997)
- REITZ J, READER A, NIST R, BECK M, MEYERS W J:** Aesthetic efficacy of the intraosseous injection of 0,9 ml of 2% lidocaine to augment an IANB. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 86: 516–523 (1998a)
- REITZ J, READER A, NIST R, BECK M, MEYERS W J:** Anesthetic efficacy of a repeated intraosseous injection given 30 min following an inferior alveolar nerve block/intraosseous injection. *Anesth Prog* 45: 143–149 (1998b)
- REPLOGLE K, READER A, NIST R, BECK M, WEAVER J, MEYERS W J:** Anesthetic efficacy of the intraosseous injection of 2% lidocaine in mandibular first molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 83: 30–37 (1997)
- REPLOGLE K, READER A, NIST R, BECK M, WEAVER J, MEYERS W J:** Cardiovascular effects of intraosseous injections. *J Am Dent Assoc* 130: 649–657 (1999)
- ROOD J P:** Some anatomical and physiological causes of failure to achieve mandibular analgesia. *Br J Oral Surg* 15: 75–82 (1977)
- ROOD J P, PATEROMICHELAKIS S:** Inflammation and peripheral nerve sensitisation. *Br J Oral Surg* 19: 67–72 (1981)
- ROOD J P, PATEROMICHELAKIS S:** Local anesthetic failures due an increase in sensory nerve impulses from inflammatory sensitization. *J Dent* 10: 201–206 (1982)
- TURNER J C, READER A W, NUSSTEIN J M, WEAVER J M:** Anesthetic efficacy of primary apical injection using the X-tip System in mandibular posterior teeth. *Anesthesiol Res: Oral Session* 7 March 2002
- VANDERMEULEN E:** Pain perception, mechanisms of action of local anesthetics and possible causes to failure. *Rev Belge Med Dent* 55: 29–40 (2000)
- VINCKIER F:** What is the cause of failure of local anesthesia. *Rev Belge Med Dent* 55: 41–50 (2000)
- WEATHERS A JR:** Taking the mystery out of endodontics, Part 6. Painless anesthesia for the “hot” tooth. *Dentistry Today* 18: 90–93 (1999)
- WONG J K:** Adjuncts to local anesthesia: Separating fact from fiction. *J Can Dent Assoc* 67: 391–397 (2001)