

T. Dirnbacher¹, D. Schulz², L. Taubenheim³

Die intraligamentale Injektion – interstitiellen Widerstand adäquat überwinden

Periodontal ligament injections – overcome the interstitial pressure adequately



T. Dirnbacher

Einführung: Die systematische Anwendung der intraligamentären Anästhesie erfordert eine wurzelnahe Anästhetikum-Injektion ins Ligamentum circulare – gegen den anatomisch bedingten Gegendruck des dichten Desmodontalgewebes. Dabei ist der interstitielle Widerstand zu überwinden, d.h. der Injektionsdruck muss so hoch sein, dass das applizierte Anästhetikum sich im Periodontium und dem spongiösen Alveolarknochen ausbreiten kann. Im Rahmen einer In-vitro-Studie wurde die Wechselbeziehung zwischen Injektionszeit und Injektionsdruck evaluiert.

Material und Methode: Bei den speziell für intraligamentale Injektionen entwickelten Dosieradspritzen erfolgt die Übertragung der aufgebauten Injektionskraft ohne ein integriertes mehrstufiges Hebelsystem. Mit diesem Injektionssystem wurden am frischen Schweinekiefer jeweils 40 Messungen des Gewebewiderstands bei der Injektion von jeweils 0,2 ml Anästhetikum bei einer Zeitvorgabe von 10 bzw. 15, 20 und 25 sec Applikationszeit durchgeführt und dokumentiert.

Ergebnisse/Schlussfolgerung: Mit zunehmender Injektionszeit nahm der Gewebegegendruck kontinuierlich ab. Der Injektionsdruck (gemittelter Wert) nahm von 0,1375 MPa bei 10 sec Injektionszeit auf 0,08775 MPa bei 25 sec = > 36 % ab. Bei einer Injektionszeit von 20 sec für 0,2 ml Anästhetikum wurde ein durchschnittlicher Injektionsdruck von < 0,1 MPa gemessen. Je langsamer die intraligamentalen Injektionen erfolgen, desto geringer ist der zu überwindende Gewebegegendruck.

(Dtsch Zahnärztl Z 2013; 68: 737–742)

Schlüsselwörter: intraligamentale Injektion; interstitieller Gewebegegendruck; Gegendruck; Drucknekrosen; Elongationsgefühl

Introduction: To obtain an intraligamentary anaesthesia effect the anaesthetic agent has to be injected into the periodontium of the tooth to be anaesthetized. Thus the interstitial tissue pressure has to be overcome, i.e. the injection pressure must be as high so that the anaesthetic agent can spread in the periodontium and the alveolar bone. Within the frame of an in vitro study the correlation of injection time and injection pressure has been evaluated.

Material and Method: Dosing wheel syringes especially developed for periodontal ligament injections transmit the injection force built up by the operator without an integrated multi-stage lever system. These armamentaria were used for injections into fresh pig jaws to measure the injection force necessary to overcome the back-pressure of the tissue. The injection time of 10 sec for the injection of 0.2 ml anaesthetic agent was prolonged by steps of 5 seconds up to 25 seconds.

Results and Conclusion: The back-pressure decreases continuously with a pro-longed injection time. For injecting 0.2 ml within 20 sec an average injection pressure of < 0.1 MPa was measured. The longer the time for the intraligamentary injections were, the lower was the back-pressure to overcome.

Keywords: intraligamentary injections; interstitial tissue pressure; back-pressure; tissue necrosis; elongation feeling

¹ Zahnärztl. Praxis, Schmiedgasse 11, 87600 Kaufbeuren

² Grubenstr. 7, 78570 Mühlheim a. d. D.

³ WAK Westdeutsche Akademie für Kommunikation, Köln

Peer-reviewed article: eingereicht: 24.04.2013, revidierte Fassung akzeptiert: 23.10.2013

DOI 10.3238/dzz.2013.0737-0742

Einleitung

Die in der zahnärztlichen Praxis immer wieder beobachteten und in der Literatur beschriebenen unerwünschten Effekte der intraligamentären Anästhesie sind nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse nicht methodenimmanent. Sie werden durch die Injektion zu großer Mengen Anästhetikum in zu kurzer Zeit – und daher unter zu hohem Druck – verursacht. Durch diesen Druck kann es zu Veränderungen des Gewebes (Drucknekrosen) und zu unerwünschten Effekten (Druckschmerz, Elongationsgefühl) nach Ende der Analgesie kommen.

Während der Injektion wird ein Flüssigkeitsvolumen in einen Raum gepumpt, der bereits vollständig ausgefüllt ist. Da Flüssigkeiten inkompressibel sind, kommt es primär zu einer Dehnung des Alveolarfaches oder zu einer Verlagerung des parodontalen Flüssigkeitspolsters nach Art eines hydraulischen Druckausgleichs [10].

Zu schnelle Injektion einer definierten Menge Anästhetikum erhöht den interstitiellen Gegendruck des Desmodonts, da die injizierte Flüssigkeit den anatomischen Gegebenheiten entsprechend nur langsam ins Gewebe diffundieren kann. Dadurch ist es möglich, dass der Zahn durch das injizierte Volumen aus der Alveole herausgehoben wird, eine Überlegung, die sich mit den Beobachtungen von *Malamed* [1982] in Einklang bringen lässt, der in seiner klinischen Untersuchung nach intraligamentärer Anästhesie bei 2 Patienten das Auftreten von Vorkontakten beschreibt [13]. In den 80er und 90er Jahren des letzten Jahrhunderts berichten noch zahlreiche andere Autoren über unerwünschte Effekte der intraligamentären Anästhesie – Elongationsgefühl, Druckschmerz nach Ende der Analgesie [3, 7] –, deren Ursache wahrscheinlich intraligamentale Injektionen unter zu hohem Druck waren.

Fast alle für intraligamentale Injektionen zur Verfügung stehenden mechanischen Instrumentarien verstärken die vom Behandler aufgebauten Kräfte über ein mehrstufiges Hebelsystem. Diese wirken dann auf eine integrierte Kolbenstange ein, die das Anästhetikum aus der Zylinderampulle über eine Kanüle ins Desmodont pressen.

Der Behandler ist nur indirekt in der Lage, den Injektionsdruck zu beeinflussen. Druckbegrenzungsmechanismen, die fallweise integriert sein können, sind hoch eingestellt (90–120 N), sodass die individuellen Gegebenheiten der Anatomie des Patienten nur bedingt abgedeckt werden [17].

Die genannten unerwünschten Effekte wurden der Methode der intraligamentären Anästhesie zugeordnet; entsprechend wurde diese Anästhesiemethode nicht für eine routinemäßige Anwendung empfohlen [5, 14].

Bei einem Spritzensystem ohne ein integriertes Hebelsystem – der Dosieradspritze – erfolgt die Druckübertragung ohne zwischengelagerte Hebel vom Daumen (oder Zeigefinger) des Behandlers über ein Zahnrad direkt auf die Kolbenstange. Dadurch hat der Behandler die Möglichkeit, den Gewebegegendruck unmittelbar zu spüren – vergleichbar den für die Infiltrations- und die Leitungsanästhesie angewandten Aspirationspritzen – und durch angepassten eigenen Druck zu überwinden (Abb. 1).

Mit dem Dosierrad steuert der Anwender den Injektionsdruck. Mit abnehmender Injektionszeit für ein konstantes Volumen nimmt der Injektionsdruck zu (Volumen : Zeit = Injektionsdruck), der zur Überwindung des interstitiellen Gewebswiderstands aufgebaut wird. Entsprechend dem Resorptionsvermögen des zahnumgebenden Desmodontgewebes ist die Injektionszeit anzupassen, damit die definierte Menge injizierten Anästhetikums – den anatomischen Verhältnissen angepasst – ins Gewebe diffundieren kann. Bei höherem Gegendruck – dichteres Gewebe – ist entsprechend die Injektionszeit zu verlängern und damit der Injektionsdruck zu reduzieren.

In veröffentlichten Studien [11, 12] wurden Messungen des Injektionsdruckes beschrieben. Bei der Leitungs- und der Infiltrationsanästhesie wurden Werte von 19 bis 44 N(ewton) gemessen, bei intraligamentalen Injektionen mittels des angewandten – damals handelsüblichen – *Ligmaject*-Instrumentes (Spritze vom Pistolen-Typ) bis zu 344 N (Mittelwert 91,6 N). Da dieser Druck nicht auf eine Fläche (z.B. Innendurchmesser der Injektionskanüle) projiziert wurde, hat er nur eine bedingte Aussagekraft.

Mittels der seit Ende des letzten Jahrhunderts verfügbaren Dosieradspritzen – ohne mehrstufiges Hebelsystem zur Kraftverstärkung – müsste es möglich sein, den für die intraligamentale Injektion eines definierten Volumens Anästhetikum erforderlichen Injektionsdruck über die Injektionszeit zu steuern und zu reduzieren. Wenn die Zeit verlängert wird, die aufgewandt wird, um eine definierte Menge Anästhetikum ins Parodontium zu injizieren, müsste eine Reduktion des erforderlichen Injektionsdrucks erreicht und dadurch postoperativen Nebenwirkungen vorgebeugt werden können.

Im Rahmen der Entwicklung des Injektions- und Anwendungskonzeptes einer direkten Kraftübertragung – ohne ein mehrstufiges Hebelsystem – war zu untersuchen, ob mit minimalem Druckaufbau der biophysikalische Gegendruck des desmodontalen Gewebes zur Diffusion des applizierten Anästhetikums ausreichend zu überwinden war. Die Forderung einer Druckbegrenzung [17] bei Spritzensystemen für intraligamentale Injektionen ist vor diesem Hintergrund zu betrachten.

Ziel der Studie ist es, die Frage zu beantworten, ob durch eine Verlangsamung der Injektionszeit bei der Injekti-

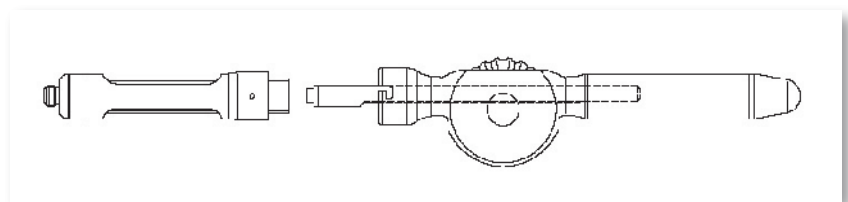


Abbildung 1 Modell des Dosierrad-Injektionssystems ohne zwischengelagerte Hebel.

Figure 1 System of the dosing wheel syringe without incorporated levers.

(Abb. 1: L. Taubenheim)

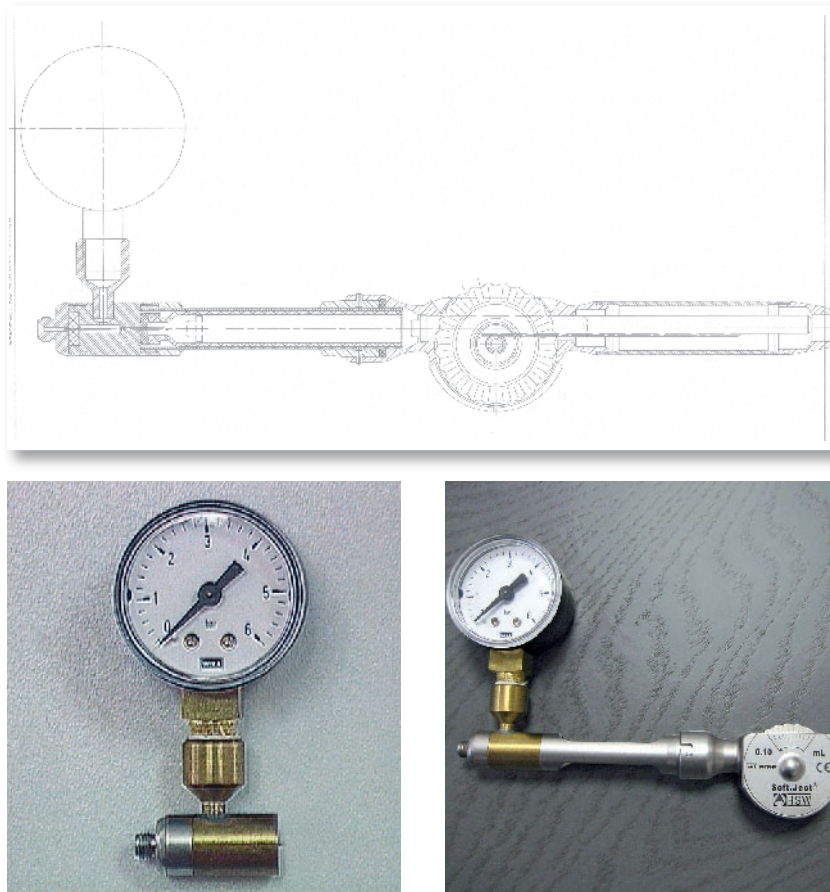


Abbildung 2a-c SoftJect-Dosieradspritze in Kombination mit Druckmessgerät mit Rohrfeder der Firma WIKA, Klingenberg, gemäß Zeichnung V-1918-01.

Figure 2a-c Dosing wheel syringe SoftJect combined with the pressure measuring system of WIKA, Klingenberg, according to the drawing V-1918-01.

(Abb. 2: D. Schulz)

on von Anästhetikum ins Desmodont via Ligamentum circulare der zu überwindende Gewebegegen- druck messbar abnimmt.

Material und Methoden

Für die geplanten durchzuführenden Messungen wurde die abgeleitete SI-Einheit des Druckes „Pa“ (Pascal) beziehungsweise „MPa“ (Megapascal) zugrunde gelegt ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ bar}$).

Von dem Instrumentarium mit Dosier- rad und ohne zwischengelagerte Hebel Typ SoftJect (Firma Henke-Sass Wolf, Tuttlingen) wurde angenommen, dass der Injektionsdruck stufenlos von 0 bis X aufgebaut werden könne. Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde eine Untersuchung mit folgen- der Anordnung durchgeführt:

Untersuchungsanordnung:

- Messungen am frisch geschlachteten Schweinekiefer an verschiedenen Zähnen (je 40 Messungen).
- Versuch mit SoftJect-Dosieradspritze nach DIN 13989 und Kanülen 0,3 mm Durchmesser/13 mm Länge nach ISO 7885 (Hersteller: Transcodent, Kiel).
- Dosierrad mit dem Daumen (manuell) kontinuierlich bewegen.
- Erfassung der gemessenen Werte in MPa ($1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$ oder 0,1 bar)
- Druckmessvorrichtung mit Manometer 0–6 bar nach Zeichnung V-1918-01
- Anästhetikum-Zylinderampulle nach ISO 1499 mit Lochstopfen.
- Injektion von 4 %iger Articainhydrochloridlösung mit Epinephrin 1:200.000.
- Ausspritzmenge circa 0,2 ml.

Bei dem Druckmessgerät mit Manometer handelte es sich um eine handelsübliche Vorrichtung der Firma WIKA, Klingenberg. Die Kombination mit dem Spritzensystem SoftJect erfolgte gemäß Zeichnung V-1918-01 (Abb. 2a–c).

Die Injektionsfläche entspricht dem Innendurchmesser (Lumen) der 0,3 mm-Injektionsnadeln nach ISO 7885, d. h. $\sim 0,00785 \text{ mm}^2$.

Die Injektionen am frischen Schweinekiefer erfolgten am Tag nach der Schlachtung. Die Lagerung der frischen Schweinekiefer bis zum Studienbeginn erfolgte in Kühlboxen bei $\sim 8\text{--}10^\circ \text{ C}$.

Für intraligamentäre Anästhesien wird in der Regel 0,2 ml Anästhetikum pro Wurzel injiziert. Die empfohlene Injektionszeit für diese Menge beträgt 20 sec [7]. Unter technischer Assistenz eines Ingenieurs wurden alle intraligamentalen Injektionen unter den definierten Bedingungen vom selben Zahnarzt durchgeführt. Es sollte geklärt werden, ob es mit der Dosieradspritze – ohne mehrstufiges Hebelsystem zur Kraftverstärkung – möglich ist, den für die intraligamentale Injektion eines definierten Volumens Anästhetikum erforderlichen Injektionsdruck über die Injektionszeit zu steuern und zu reduzieren. Über eine Verlängerung der Injektionszeit sollte der erforderliche Druck für die Injektion von 0,2 ml Anästhetikum vermindert werden, um eine gleichmäßigere Resorption des injizierten Volumens durch das zahnumgebende Desmodontalgewebe zu erreichen – Voraussetzung für die komplikationslose Anwendung des Dosierad-Spritzensystems. Um zu klinisch relevanten Ergebnissen zu kommen, ist die Injektionszeit für ein Volumen von 0,2 ml Anästhetikum von 10 sec in 3 Intervallen auf 25 sec zu verlängern, d.h. die Injektion zu verlangsamen. Pro Zeitvorgabe (10 sec – 15 sec – 20 sec – 25 sec) sind jeweils 40 Messungen durchzuführen.

Versuchsablauf:

Für die durchzuführenden Messungen des zu überwindenden Gewebegegen- drucks am frischen Schweineunterkiefer wurde die mit dem Druckmessgerät gemäß Zeichnung V-1918-01 kombinierte Dosieradspritze mit jeweils einer Anästhetikum-Zylinderampulle mit 4 %iger Articainhydrochloridlösung mit Epinephrin 1:200.000 sowie einer Injekti-

Injektionszeit für 0,2 ml pro Injektion				
Messung	10 sec	15 sec	20 sec	25 sec
1	0,14 MPa	0,16 MPa	0,15 MPa	0,08 MPa
2	0,12	0,08	0,06	0,03
3	0,23	0,19	0,08	0,18
4	0,23	0,08	0,10	0,24
5	0,12	0,16	0,06	0,08
6	0,08	0,09	0,08	0,03
7	0,08	0,13	0,10	0,08
8	0,06	0,08	0,12	0,06
9	0,13	0,13	0,08	0,04
10	0,13	0,08	0,06	0,12
11	0,23	0,19	0,18	0,07
12	0,12	0,15	0,14	0,10
13	0,14	0,11	0,06	0,04
14	0,06	0,19	0,09	0,16
15	0,23	0,10	0,15	0,05
16	0,08	0,15	0,10	0,03
17	0,12	0,09	0,11	0,04
18	0,15	0,06	0,06	0,11
19	0,19	0,12	0,08	0,07
20	0,09	0,08	0,09	0,17
21	0,16	0,12	0,10	0,09
22	0,18	0,13	0,06	0,05
23	0,08	0,19	0,18	0,07
24	0,14	0,09	0,12	0,07
25	0,20	0,11	0,08	0,13
26	0,10	0,07	0,09	0,14
27	0,07	0,07	0,09	0,05
28	0,10	0,08	0,08	0,06
29	0,08	0,11	0,09	0,08
30	0,20	0,14	0,11	0,04
31	0,22	0,10	0,06	0,10
32	0,12	0,13	0,14	0,07
33	0,09	0,13	0,11	0,13
34	0,12	0,10	0,10	0,06
35	0,20	0,10	0,12	0,08
36	0,13	0,06	0,08	0,12
37	0,10	0,13	0,12	0,03
38	0,15	0,18	0,10	0,11
39	0,20	0,13	0,08	0,18
40	0,13	0,13	0,11	0,07
je 40 Messungen	5,50 MPa	4,72 MPa	3,97 MPa	3,51 MPa
Druck max.	0,23 MPa	0,19 MPa	0,18 MPa	0,24 MPa
Druck min.	0,06 MPa	0,06 MPa	0,06 MPa	0,03 MPa
Gemittelter Durchschnitt	0,1375 MPa	0,118 MPa	0,09925 MPa	0,08775 MPa
Softject-Injektionssystem	0,3 mm-Kanüle		1 MPa = 1 N/mm ²	

Tabelle 1 Messungen des Injektionsdruckes am Schweineunterkiefer an verschiedenen Zähnen.

Table 1 Injection pressure measured on various teeth of pigs lower jaws.

(Tab. 1: D. Schulz, V. Tobien)

onsnadel (Kanüle) bestückt und überprüft, ob das Injektionssystem einsatzbereit ist. Unter Sichtkontrolle wird die Kanülenspitze in den Spalt zwischen Zahn und Gingiva eingeführt und so lange entlang des Zahnhalses vorwärts geführt, bis Knochenkontakt zu spüren ist.

Gegen den jetzt spürbaren Widerstand wird vom Behandler das Dosierrad mit dem Daumen (manuell) 2 x von hinten nach vorn bewegt und insgesamt 0,2 ml Anästhetikum-Lösung (Ausspritzmenge) pro Injektionspunkt ins Desmodont appliziert. Die Erfassung der gemessenen Werte erfolgt in MPa (1 MPa = 1 N/mm² oder 0,1 bar)

Pro halbem Schweineunterkiefer werden 4 Injektionen (Messungen) jeweils an unterschiedlichen Zähnen durchgeführt. Jeder vom Manometer gemessene Wert des Gewebegegendrucks ist zu dokumentieren.

Ergebnisse

Insgesamt wurden 160 Messungen durchgeführt, jeweils 40 bei einer Injektionszeit von 10, 15, 20 und 25 Sekunden. Mit zunehmender Injektionszeit nahm der Gewebegegendruck ab – entsprechend niedriger war der aufzubauende Injektionsdruck. Der Injektionsdruck (gemittelter Wert) nahm von 0,1375 MPa bei 10 sec Injektionszeit auf 0,08775 MPa bei 25 sec = > 36 % ab (Tab. 1).

Diskussion

Für den vorliegenden Versuch – mit Blick auf die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Menschen – war das Schwein nur begrenzt geeignet, da der Unterkiefer des Hausschweins eine vollständig differente Spongiosastruktur mit großen Markräumen ohne Spongiosa aufweist.

Die gemessenen Ergebnisse zeigen, dass der Faktor Zeit einen wesentlichen Effekt auf den aufzubauenden Injektionsdruck zur Überwindung des interstitiellen Widerstandes bei der Injektion eines definierten Flüssigkeitsvolumens ausübt. Die gemessenen Maximal- und Minimalwerte im selben Zeitintervall, z.B. 20 sec, spiegeln die Unterschiede der anatomischen Gegebenheiten wider (Tab. 1).

Das unter Druck via Ligamentum circulare ins Desmodont injizierte Anästhetikum diffundiert ins zahnumgebende Gewebe und wird – entsprechend den individuellen anatomischen Gegebenheiten – resorbiert. Je langsamer es „angedient“ wird, desto geringer ist der zu überwindende Gegendruck.

Um die gemessenen MPa-Werte mit N(ewton)-Werten in eine vergleichbare Größenordnung zu bringen, muss beim MPa-Wert die Injektionsfläche (Innendurchmesser der Kanüle) herausgerechnet werden. Bei einer 0,3 mm-Kanüle wurde bei gemessenen 0,1 MPa ein Wert von 3,7 N(ewton) errechnet.

Bei computergesteuerten Applikationssystemen für Lokalanästhetika (CALA), z.B. dem System *The Wand* (Milestone Scientific, Livingston, NJ.), wird die Fließrate des injizierten Anästhetikums elektronisch gesteuert. *Hochman* et al. konnten bei einer Fließrate von 0,005 ml/sec (= 40 sec für 0,2 ml) bei 50 intraligamentalen Injektionen einen durchschnittlichen psi-Wert von 293,98 feststellen, wobei der gemessene psi-Wert (pounds per square inch) umgerechnet in der gleichen Relation wie die von uns gemessenen Werte liegen [8, 9].

Die Studie von *Hochman* et al. [9] zeigt, dass der interstitielle Druck aus dem Widerstand des spezifischen Gewebetyps resultiert und dieser mit den Gewebedichten von bestimmten anatomischen Regionen korreliert. Unterschiedliche Gewebedichten haben einen Einfluss auf die Weiterleitung der verabreichten Substanz in einem bestimmten Gebiet. Wenn das Volumen der Flüssigkeit in einem Gewebeabschnitt zunimmt, wird die Gewebematrix die einströmende nicht komprimierbare Flüssigkeit entweder aufnehmen oder weiterverteilen. Die lokale Applikation von Flüssigkeit in eine sehr dicht gepackte Gewebematrix führt zu einem raschen Anstieg des interstitiellen Gewebeflüssigkeitsdrucks, weil das Gewebe nicht in der Lage ist, die Flüssigkeit schnell in weitere Gewebebereiche zu verteilen. Dies erklärt die sehr begrenzte Ausbreitung intraligamental injizierten Anästhetikums [4, 14, 18].

Mit zunehmender Injektionszeit reduziert sich der zu überwindende Gegendruck. Offensichtlich wird das injizierte Volumen vom Gewebe langsam resorbiert, sodass der Injektionswider-

stand abnimmt. Für die klinische Anwendung bedeuten die gemessenen Ergebnisse, dass die Injektionszeit so weit verlängert werden muss, bis das injizierte Volumen gegen Minimalwiderstand ins Parodontium diffundiert.

Um unerwünschten Effekten (Elongationsgefühl, Vorkontakte, Druckschmerz nach Abklingen der Anästhesie) vorzubeugen, sollte das intraligamental injizierte Volumen so langsam und mit Minimaldruck ins Desmodont gespritzt werden, dass es zu keiner Dehnung des Alveolarfaches oder einer Verlagerung des parodontalen Flüssigkeitspolsters kommt [10].

Bei Verwendung von 0,3 mm-Kanülen ist der Injektionsdruck bei Injektionszeiten > 20 sec für 0,2 ml Anästhetikum mit durchschnittlich 0,09925 MPa so gering, dass Drucknekrosen unwahrscheinlich sind. Die bei einem Injektionsdruck von ~0,1 MPa aufgebaute Injektionskraft ist < 5 N(ewton) und liegt damit im unteren Bereich der bei Infiltrations- und Leitungsanästhesien gemessenen Werte [11].

Die neueren klinischen Ergebnisse in der Praxis bestätigen diese Schlussfolgerung aufgrund der gemessenen Werte [1, 2, 6, 15, 16, 19]. Die Anwendung mechanischer Dosierdosispritzen, z.B. des *SoftJect*-Spritzensystems, oder computergesteuerter Applikationssysteme, z.B. das CALA *The Wand* oder das *STA*-System (beide Milestone Scientific, Livingston, NJ/USA; in Deutschland: Milestone GmbH, Rödermark) für intraligamentale Injektionen ermöglicht es, Einzelzahnanästhesien bei Maßnahmen der Zahnerhaltung (Kavitäten- und Kronenpräparationen, endodontische Maßnahmen) durchzuführen, ohne dass es zu den genannten unerwünschten Effekten kommt.

Die Hypothese, dass durch eine Verlangsamung der Injektionszeit der Injektionsdruck und der Gewebegegendruck reduziert werden kann, wurde bestätigt.

Schlussfolgerung

Unter Berücksichtigung der möglicherweise nicht vollständigen Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf die klinische Behandlung zeigte sich, dass bei intraligamentalen Injektionen der natürliche Gewebewiderstand durch ei-

nen adäquaten, den anatomischen Verhältnissen angepassten Injektionsdruck zu überwinden ist, um unerwünschten Effekten wie Drucknekrosen oder Elongationsgefühl nach Abklingen der Anästhesie vorzubeugen, was auch durch die Studien von *Csides* et al. [1], *Glockmann* et al. [6], *Proth-*

mann et al. [15, 16] und *Weber* et al. [19] bestätigt wird. **DZZ**

Interessenskonflikt: Die Autoren erklären, dass kein Interessenskonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

Korrespondenzadresse

Lothar Taubenheim
Medizinjournalist VMWJ
Am Thieleshof 24
40699 Erkrath
LT.Lothar.Taubenheim@t-online.de

Literatur

- Csides M, Taubenheim L, Glockmann E: Intraligamentäre Anästhesie – Systembedingte Nebenwirkungen. *ZWR* 2009;4:158–166
- Dirnbacher T: Schmerzausschaltung – sind Leitungs- und Infiltrationsanästhesie noch vertretbar? *Wehrmed Wehrpharm* 2003;2:90–95
- Einwag J: Klinische Erfahrungen mit der intraligamentären Anästhesie. *Dtsch Zahnärztl Z* 1982;37:946–948
- Garfunkel AA, Kaufman E, Marmary Y, Galili D: Intraligamentary – intraosseous anaesthesia. A radiographic demonstration. *Int J Oral Surg* 1983;12: 334–339
- Giovannitti JA, Nique TA: Status report: the periodontal ligament injection. *J Am Dent Assoc* 1983;106:222–224
- Glockmann E, Dirnbacher T, Taubenheim L: Die intraligamentäre Anästhesie – Alternative zur konventionellen Lokalanästhesie? *Quintessenz* 2005;56: 207–216
- Glockmann E, Taubenheim L: Die intraligamentäre Anästhesie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York 2002
- Hochman MN, Friedman MJ, Williams W, Hochman CB: Interstitial tissue pressure associated with dental injections: A clinical study. *Quintessence Int* 2006;37:469–476
- Hochman MN, Friedman MJ, Williams W, Hochman CB: Interstitieller Gewebedruck bei dentalen Injektionen – Eine klinische Studie. *Quintessenz* 2006; 57:931–938
- Huber HP, Wilhelm-Höft C: Auswirkung der intraligamentären Anästhesie auf die Zahnbeweglichkeit. *Dtsch Zahnärztl Z* 1988;43:313–316
- Hüttemann RW, De Felice W: Untersuchung der Druckkraft bei der Lokalanästhesie. *ZWR* 1985;8:628–631
- Leilich G, Arndt R, Frenkel G: In-vivo-Messungen zur Ermittlung der bei der intraligamentären Injektion angewandten Kräfte. *ZWR* 1985;1: 51–53
- Malamed SF: The periodontal ligament (PDL) injection: An alternative to inferior alveolar nerve block. *Oral Surg* 1982;53:117–121
- Plagmann H-Chr, Jagenow U: Tierexperimentelle Studie zur Reaktion der desmodontalen Gewebe auf intraligamentäre Injektion. *Dtsch Zahnärztl Z* 1984; 39:677–682
- Prothmann M, Claußnetzer N, Taubenheim L, Rossaint R: Systematische Behandlung von Parodontopathien unter intraligamentärer Anästhesie. *Parodontologie* 2009;2:139–148
- Prothmann M, Taubenheim L, Rossaint R: Alternativen zu Leitungs- und Infiltrationsanästhesie. *ZWR* 2010;119: 398–405
- Rahn R, Shah PM, Schäfer V, Haindl U, Frenkel G: Intraligamentäre Anästhesie mit druckbegrenzender Spritze. *Quintessenz* 1987;8:1329–1336 (Referat 7000)
- Smith GN, Walton RE: Periodontal ligament injection: Distribution of injected solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1983;55:232–238
- Weber M, Taubenheim L, Glockmann E: Schmerzausschaltung vor indizierten endodontischen Behandlungen. *ZWR* 2006;10:421–435