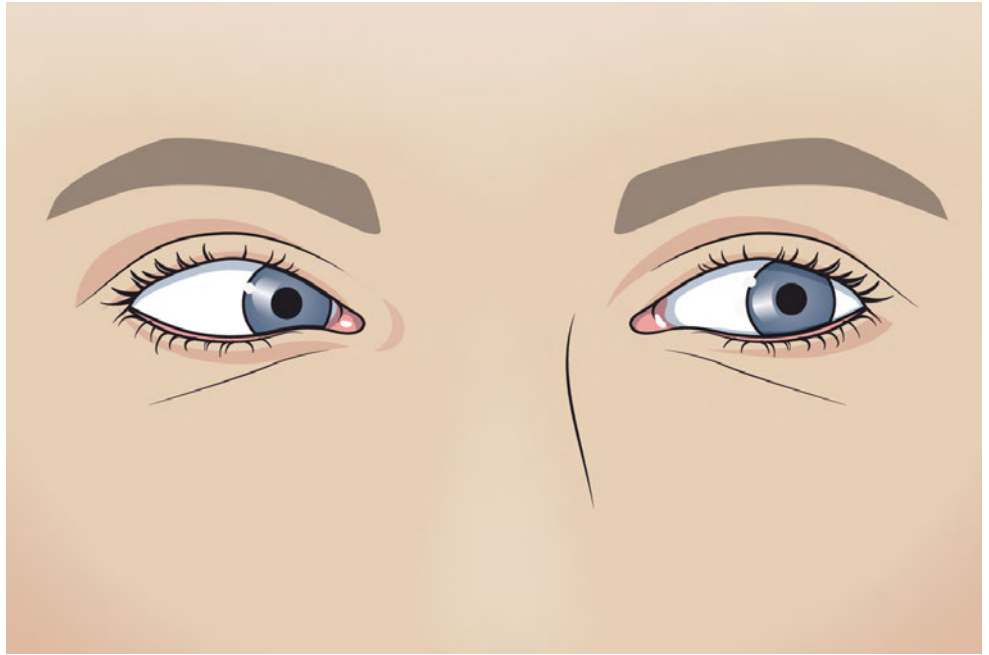


THOMAS VON ARX^{1,2}
SCOTT LOZANOFF²
MARTIN ZINKERNAGEL³

- ¹ Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern
- ² Department of Anatomy, Biochemistry and Physiology, University of Hawai'i, Honolulu, USA
- ³ Universitätsklinik für Augenheilkunde, Universitätsspital Inselspital Bern

KORRESPONDENZ

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



Ophthalmologische Komplikationen und Lokalanästhesie

Pathophysiologie und Formen der Augenkomplikationen nach intraoraler zahnärztlicher Lokalanästhesie und klinische Empfehlungen

SCHLÜSSELWÖRTER

Ophthalmologische Komplikation, intraorale Lokalanästhesie, Pathophysiologie

Bild oben: Typische klinische Situation bei Lähmung des *N. abducens* links bzw. des *M. rectus lateralis* links mit eingeschränkter Seitbewegung des linken Auges nach lateral (als Konsequenz hat der Patient Doppelbilder).

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Fortbildungsartikel berichtet über die verschiedenen Formen von ophthalmologischen Komplikationen nach zahnärztlicher Lokalanästhesie. Seit der Erstbeschreibung durch Brain 1936 erschienen in der Literatur immer wieder Fallberichte zu dieser Thematik. Klinische Studien zur Evaluation der Inzidenz von ophthalmologischen Komplikationen nach intraoraler Lokalanästhesie sind jedoch kaum vorhanden. Bisherige Angaben deuten auf eine Häufigkeit von 0,03% bis 0,13%. Die in der Literatur am häufigsten genannten ophthalmologischen Komplikationen sind Diplopie (Doppelbilder), Ptosis (Herunterhängen des Oberlides) sowie Mydriasis (Weitstellung der Pupille). Veränderungen, die nicht das Auge direkt, sondern periorbitale Struk-

turen betreffen, sind die Fazialisparese und die periorbitale Ischämie (Vasospasmus). Interessant sind die in der Literatur diskutierten pathophysiologischen Mechanismen bzw. Ursachen. Im Vordergrund steht eine versehentliche intravasale Applikation des Lokalanästhetikums. Über Arterien oder Venen kann sowohl der Wirkstoff wie auch der Vasokonstriktor zur Orbita bzw. zu Orbita-nahen Strukturen gelangen (z.B. *Sinus cavernosus*) mit nachfolgender Anästhesie von Nerven und Muskeln fernab der Mundhöhle. In der Regel treten die ophthalmologischen Komplikationen rasch nach Durchführung der Lokalanästhesie auf und verschwinden wieder nach Abklingen der Lokalanästhesie.

Einleitung

Neben der Untersuchung der Zähne und der Mundhöhle ist die intraorale Lokalanästhesie eine der häufigsten Tätigkeiten des Zahnarztes. Das Ziel der zahnärztlichen Anästhesie ist die lokale oder regionale Schmerzausschaltung, sodass der Patient während der Therapie möglichst ohne Beschwerden ist. Die Erfolgsrate der intraoralen Lokalanästhesie mit den heutigen Präparaten und Techniken ist hoch, und Nebenwirkungen sind selten (MEECHAN 2009, KATYAL 2010, YAPP ET AL. 2011, BECKER & REED 2012, KÄMMERER 2012, OGLE & MAHJOUBI 2012). Die häufigste Komplikation ist eine insuffiziente Lokalanästhesie, meist in Zusammenhang mit der Unterkiefer-Leitungsanästhesie. Selten treten Nervenverletzungen oder Hämatome und Infektionen nach Lokalanästhesie auf, und noch seltener sind Nadelbrüche (HAAS 1998, CUMMINGS ET AL. 2011, AUGELIO ET AL. 2011). Gelegentlich wird auch über neurologische Komplikationen wie Hör- oder Sehverlust nach zahnärztlicher Lokalanästhesie in der Literatur berichtet (CREAN & POWIS 1999, KANSU & YILMAZ 2013, VON ARX ET AL. 2014), wobei ophthalmologische Komplikationen häufiger beschrieben werden. Die relative Häufigkeit von ophthalmologischen Komplikationen nach intraoraler Lokalanästhesie wird mit 0,03% bis 0,13% angegeben (HIDDING & KHOURY 1991, PEÑAR-ROCHA & SANCHIS 2000).

Ziele dieser Übersichtsarbeit sind die Darstellung der verschiedenen Formen der ophthalmologischen Komplikationen nach intraoraler Lokalanästhesie sowie die Besprechung anatomischer und pathophysiologischer Aspekte. Abschliessend erfolgen klinische Empfehlungen zur Vermeidung dieser Komplikationen und zum Verhalten bei Eintritt derselben.

Pathophysiologie der ophthalmologischen Komplikationen: von der Mundhöhle zur Orbita

Seit der ersten von BRAIN 1936 beschriebenen ophthalmologischen Komplikation nach Zahnextraktion wurden verschiedene Hypothesen der Pathophysiologie bzw. Ursachen der ophthalmologischen Komplikationen nach intraoraler Lokalanästhesie diskutiert:

- versehentliche intraarterielle oder intravenöse Injektion
- Reflex-Vasospasmus
- Sympathikusblockade
- Diffusion des Anästhetikums

Intraarterielle Injektion

Eine intravasale Positionierung der Kanülenspitze lässt sich vor allem bei der Unterkiefer-Leitungsanästhesie am *Foramen mandibulae* nie mit Sicherheit ausschliessen. In der Literatur werden für diese Anästhesietechnik die höchsten Prozentwerte für positive Aspirationsproben genannt (in ca. 10–15%, MALAMED 2004). HIDDING & KHOURY (1991) konnten in einer prospektiven Studie mit 400 Unterkiefer-Leitungsanästhesien in 19,8% einen positiven Aspirationstest feststellen. Eine analoge Häufigkeit von 20% eines positiven Aspirationstestes bei 250 Unterkiefer-Leitungsanästhesien wurde auch von FRANGISKOS ET AL. (2003) beschrieben, wobei die Rate bei 9- bis 19-jährigen Patienten mit 36% signifikant höher war. Gemäss einer Studie von LUSTIG & ZUSMAN (1999) ist eine positive Aspiration besonders bei einer Nachinjektion erhöht (31,3%), wenn schon bei der Erstinjektion eine positive Aspiration festgestellt worden war. Auch eine negative Aspirationsprobe gibt keine Gewähr, dass die Kanülenspitze nicht doch im Gefäss

liegt. Das Ansaugen der Gefässwand an die Kanülenöffnung kann Grund für einen falsch negativen Aspirationstest sein. Weiter können kleinste Kopfbewegungen des Patienten oder Handbewegungen des Operateurs die Kanülenspitze nach dem Aspirationstest doch noch in das Gefäss verlagern (WILLIAMS ET AL. 2011). Problematisch ist auch eine rasche Injektion mit hohem Druck, da dadurch ein Bolus des Anästhetikums sogar gegenläufig zum Gefässstrom in Richtung der grösseren Stammgefässe verlagert werden kann (ALDRETE ET AL. 1977). Insbesondere während der Diastole kann der Injektionsdruck den arteriellen Druck übertreffen (WILLIAMS ET AL. 2011). Beim *Foramen mandibulae* sind die Gefässe bezüglich Stichverletzungen bei der Leitungsanästhesie exponierter als der *N. alveolaris inferior*, da der Nerv meist anterior liegt und deshalb durch die Lingula geschützt wird (KHOURY ET AL. 2010). Zudem ist die Distanz von der *A. alveolaris inferior* bis zu ihrer Abzweigung von der *A. maxillaris* nur kurz, so dass bei hohem Injektionsdruck ein Bolus des Anästhetikums problemlos via *A. maxillaris* und *A. meningea media* in die Orbita gelangen kann (BLAXTER & BRITTEN 1967, VERMA ET AL. 2012). Das Anästhetikum kann dann via *A. alveolaris inferior* oder *A. alveolaris superior posterior* in die *A. maxillaris* und von dort über die *A. meningea media* zur mittleren Schädelgrube gelangen (PRETTERKLIEBER ET AL. 1991) (Abb. 1). Gelegentlich zweigen zusätzliche Arterien vom Anfangsteil der *A. maxillaris*, d. h. in einem Bereich der *A. maxillaris* wo diese in der *Fossa infratemporalis* nahe am *Ramus mandibulae* bzw. des *N. alveolaris inferior* nach vorne zieht, in Richtung mittlere Schädelgrube ab (SCOTT ET AL. 2007). Die *A. meningea media* bildet oft Anastomosen mit der *A. lacrimalis*, welche aus der *A. ophthalmica* stammt (PERRINI ET AL. 2007) (Abb. 2). In Einzelfällen findet sich sogar ausschliesslich eine arterielle Versorgung der Orbita über Anastomosen aus der *A. meningea media* (SINGH & DASS 1960, HAYREH & DASS 1962, LIU & RHOTON 2001). Eine direkte Injektion in die *A. maxillaris* ist ebenfalls möglich, wenn diese eine atypische Schlaufenform nach unten («looping») bis in die Nähe des *Foramen mandibulae* aufweist (RODA & BLANTON 1994, BLANTON & JESKE 2003). Normalerweise beträgt die vertikale Distanz zwischen *A. maxillaris* und *Foramen mandibulae* 17 mm, bei Fällen mit «looping» jedoch nur 9 mm (LACOUTURE ET AL. 1983).

Intravenöse Injektion

Im Tuberbereich bzw. Retromaxillärraum (aber auch bei den hohen Unterkiefer-Leitungsanästhesien nach Gow-Gates oder Varizani-Akinosi) kann die Kanülenspitze beim Vorschieben der Spritze den Knochenkontakt verlieren und in den Venenplexus der Infratemporalregion (seltener in die *A. alveolaris posterior superior*) gelangen (FISH ET AL. 1989, FREUEN ET AL. 2007, KINI ET AL. 2012, HAAS 2011, STEENEN ET AL. 2012). Der venöse Plexus *pterygoideus* kommuniziert über kleine Venen durch das *Foramen ovale* mit dem *Sinus cavernosus* (oder alternativ via *Fissura orbitalis inferior* mit der *V. ophthalmica* und von dort mit dem *Sinus cavernosus*), der am Boden der vorderen Schädelgrube lateral der *Sella turcica* liegt (Abb. 3). Durch den *Sinus cavernosus* verlaufen die *A. carotis interna* sowie der *N. abducens* (Hirnnerv VI). In der lateralen Wand des *Sinus cavernosus* ziehen der *N. oculomotorius* (III), der *N. trochlearis* (IV) sowie der zweite und der dritte Ast des *N. trigeminus* (V) in Richtung Orbita (Abb. 4). Neben einer intravenösen Injektion im retromaxillären Raum ist auch bei der Leitungsanästhesie am *Foramen mandibulae* eine intravasale Injektion in die *V. alveolaris inferior* möglich. Von dort kann das Anästhetikum wiederum

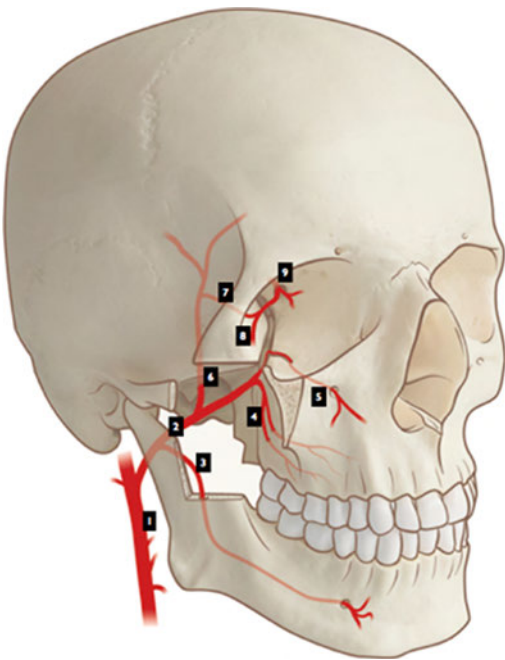


Abb. 1 Schematische Darstellung der arteriellen Verbindungswege: (1) *A. carotis externa*, (2) *A. maxillaris*, (3) *A. alveolaris inferior*, (4) *A. alveolaris superior posterior*, (5) *A. infraorbitalis*, (6) *A. meningea media*, (7) Anastomose, (8) *A. lacrimalis*, (9) *A. ophthalmica*.

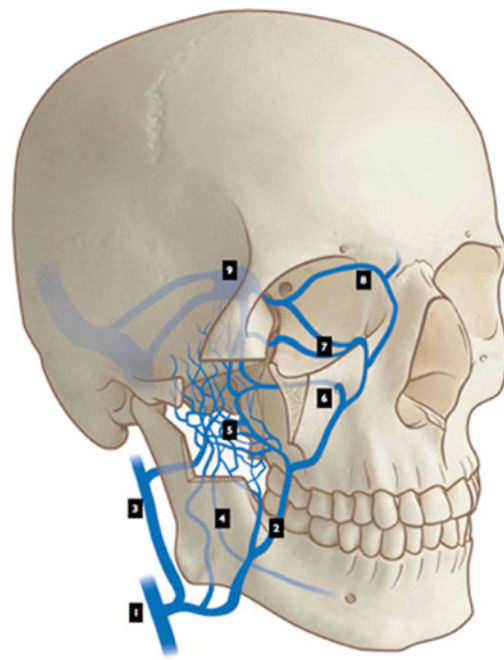


Abb. 3 Schematische Darstellung der venösen Verbindungswege: (1) *V. jugularis interna*, (2) *V. facialis*, (3) *V. retromandibularis*, (4) *V. alveolaris inferior*, (5) Plexus pterygoideus, (6) *V. infraorbitalis*, (7) *Vv. ophthalmicae inferiores*, (8) *V. ophthalmica superior*, (9) *Sinus cavernosus*.

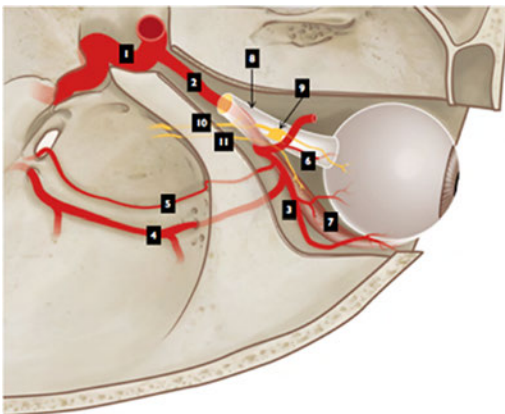


Abb. 2 Schematische Darstellung der Anastomosen zwischen *A. meningea media* und *A. lacrimalis*: (1) *A. carotis interna*, (2) *A. ophthalmica*, (3) *A. lacrimalis*, (4) Anastomose von der *A. meningea media*, (5) Anastomose von der *A. meningea accessoria*, (6) *A. centralis retinae*, (7) *M. rectus lateralis*, (8) *N. opticus*, (9) Ganglion ciliare, (10) *N. oculomotorius*, (11) *N. abducens*.

via Plexus pterygoideus zum *Sinus cavernosus* gelangen mit Beeinträchtigung der erwähnten Hirnnerven. Da die Venen im Kopfbereich keine Venenklappen aufweisen ist ein retrograder Fluss über die erwähnten venösen Strukturen denkbar. Einzelne Autoren spekulieren auch über eine arterio-venöse Anastomose zwischen der *V. ophthalmica superior* und der *A. ophthalmica* (GOLDENBERG 1990).

Reflex-Vasospasmus

Eine mechanische Verletzung einer Arterienwand im Versorgungsgebiet der *A. carotis communis* durch die Injektionsnadel kann den *N. sympathicus* aktivieren und zu Gefäßspasmen führen (KINI ET AL. 2012, VERMA ET AL. 2012, STEENEN ET AL. 2012). Diese sind im Hautbereich meist periorbital durch Vasospasmus der *A. infraorbitalis*, im Wangenbereich durch Vasospasmus der *A. zygomaticofacialis*, im Bereich der Oberlippe (Vasospas-

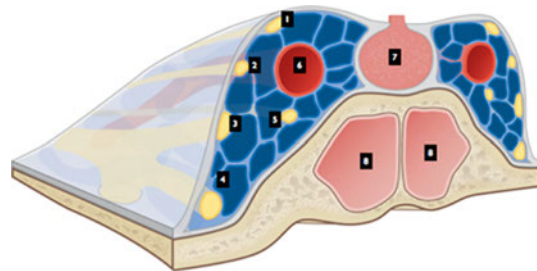


Abb. 4 Schematische Darstellung der neurovaskulären Strukturen, die durch den *Sinus cavernosus* ziehen: (1) *N. oculomotorius*, (2) *N. trochlearis*, (3) *N. ophthalmicus* (erster Ast des *N. trigeminus*), (4) *N. maxillaris* (zweiter Ast des *N. trigeminus*), (5) *N. abducens*, (6) *A. carotis interna* mit Plexus sympathicus. Zusätzlich sind die Hypophyse (7) und der bilaterale *Sinus sphenoidalis* (8) dargestellt.

mus der *A. labialis superior* oder *A. infraorbitalis*) gut sichtbar (KRONMAN & GIUNTA 1987, SCOTT ET AL. 2007). Intraoral kann auch die Mukosa retromaxillär bzw. vestibulär der Oberkiefermolaren durch Vasospasmus der *A. alveolaris posterior superior* betroffen sein, oder palatinal durch Vasospasmus der *A. palatina major*. Ein einschneidender heftiger Schmerz im Orbitabereich kann durch einen reaktiven Vasospasmus der *A. ophthalmica* ausgelöst werden, als fortgeleiteter Sympathikusreiz nach Gefäßwandverletzung sowohl bei einer Lokalanästhesie retromaxillär als auch bei einer Leitungsanästhesie am *Foramen mandibulae*.

Sympathikusblockade

Gegensätzlich zur beschriebenen angiospastischen Reaktion kann eine Anästhesie postganglionärer sympathischer Fasern im postero-lateralen Pharyngealbereich zu Gefässerweiterungen, zu Pupillenkonstriktion, Ptosis des betroffenen Augenlides, evtl. Enophthalmus sowie einem Anstieg der Hauttemperatur im Hals- und Gesichtsbereich führen (Horner-Syndrom) (CAMPBELL ET AL. 1979).

Diffusion des Anästhetikums

Die Diffusion des Lokalanästhetikums von retromaxillär bzw. vom Bereich des *Foramen mandibulae* in Richtung Orbita wird durch verschiedene Faktoren begünstigt. Da eindeutige anatomische Barrieren in diesen Kiefer- und Gesichtsregionen fehlen, besteht die Möglichkeit der Diffusion entlang der Blut- und Lymphgefäße sowie der Nervenbahnen via *Fossa pterygo-palatina* und *Fissura orbitalis inferior* in die Orbita, aber auch via *Canalis palatinus major* (MAGLIOCCA ET AL. 2006, KINI ET AL. 2012, STEENEN ET AL. 2012). In allen Fällen kann das Lokalanästhetikum bis zum Apex der Orbita diffundieren und somit mehrere Strukturen der Orbita (Nerven, Gefäße, Muskeln) neurologisch beeinflussen. Als weiterer Faktor begünstigt eine nach hinten und unten geneigte Kopfstellung die Diffusion des intraoral applizierten Lokalanästhetikums nach dorso-kranial. Gerade bei den oben erwähnten Anästhesietechniken wird der Patient oft in Rückenlage anästhesiert. Schliesslich tragen auch die Diffusionseigenschaften der heutigen Lokalanästhesie zu einer ungewollten Verbreitung der Wirkstoffe im Gewebe bei. Von verschiedenen Autoren wurde vor allem auf die hohe Diffusionseigenschaft von Articain hingewiesen (WILKIE 2000, CHOI ET AL. 2009). Gerade bei OK-Anästhesietechniken vestibulär im Molarenbereich könnte eine erhöhte Diffusionseigenschaft ophthalmologische Komplikationen wegen der topografischen Nähe der Injektionsstelle zur Orbita erklären (BOYNES ET AL. 2010).

Formen der ophthalmologischen Komplikationen

Bei den Formen der ophthalmologischen Komplikationen können wir folgende Störungen unterscheiden (Abb. 5, Tab. 1):

- die Komplikation betrifft die Sehleistung (Amaurose, Akkommodationsstörung, Miosis und Mydriasis)
- die Komplikation betrifft die Motilität bzw. Position des Bulbus (Diplopie, Ophthalmoplegie, Nystagmus, Enophthalmus)
- die Komplikation betrifft periorbitale Strukturen (Ptosis, Fazialisparese, periorbitale Ischämie der Haut)

Störungen der Sehleistung

Amaurose

Unter einer Amaurose versteht man die totale Erblindung mit vollständigem Fehlen jeglicher Lichtempfindung. Die bei einer Amaurose im Zusammenhang mit einer intraoralen Lokalanästhesie betroffenen Strukturen des Auges umfassen die Retina und den Sehnerv (*N. opticus*, Hirnnerv II) sowie zusätzlich die *A. ophthalmica* und die *A. centralis retinae*. In der Literatur wurden bis heute 14 Fälle mit Amaurose beschrieben; dabei in elf Fällen mit transienter und in drei Fällen mit permanenter Erblindung (VON ARX ET AL. 2014). Interessant ist der Fallbericht über einen 39-jährigen Patienten, der seine einseitige Erblindung erst 30 Minuten nach der Lokalanästhesie feststellte, als er in einen Autounfall verwickelt wurde (BLAXTER & BRITTEN 1967). Eine bei einem 10-jährigen Mädchen beschriebene Amaurose nach Unterkiefer-Leitungsanästhesie wird in bisherigen Literaturübersichten als ophthalmologische Komplikation nach Lokalanästhesie mitberücksichtigt, ist jedoch gemäss den Autoren des Fallberichtes nicht auf die Lokalanästhesie, sondern auf eine sogenannte «hysterische Konversion» zurückzuführen (CLARKE & CLARKE 1987).

Die Amaurose als Komplikation nach intraoraler Lokalanästhesie ist entweder auf eine direkte Blockade des *N. opticus* durch das verschleppte Anästhetikum oder indirekt durch eine

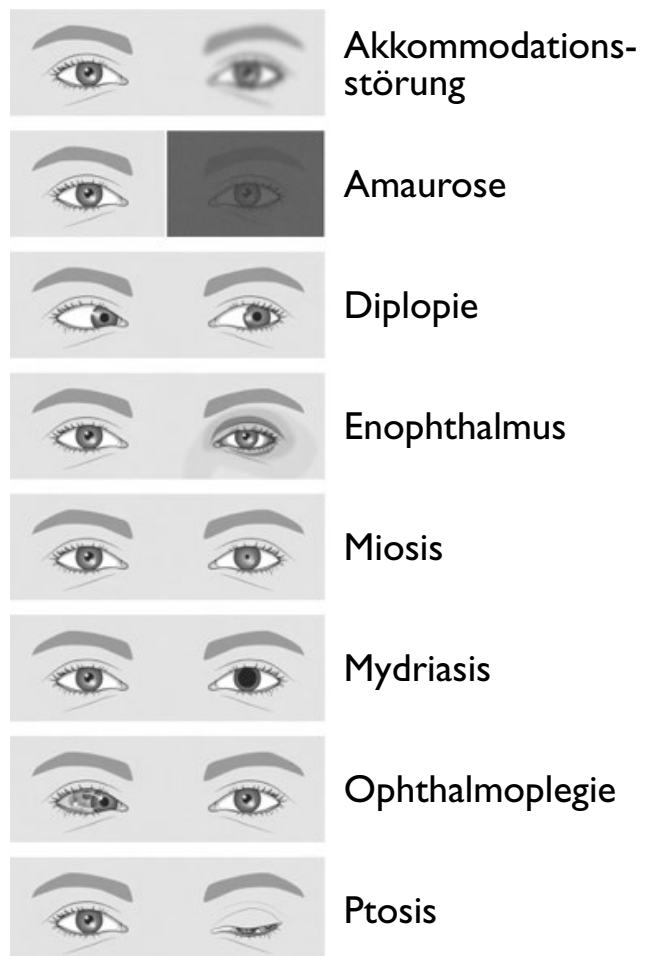


Abb. 5 Grafische Darstellung der häufigsten ophthalmologischen Komplikationen nach intraoraler Lokalanästhesie (die Komplikation ist jeweils im linken Patientenaugen gezeichnet).

Ischämie nach Vasospasmus der *A. centralis retinae* infolge Sympathikusreiz bzw. Effekt des Vasokonstriktors zurückzuführen (TOMAZZOLI-GEROSA ET AL. 1988). Als weitere Ursachen können Lokalanästhetika eine «ölige» Embolisation der *A. centralis retinae* verursachen oder direkt toxisch auf die Retinazellen wirken (GROSSKREUTZ ET AL. 1999, VERMA ET AL. 2013).

Akkommodationsstörung

Die Akkommodation des Auges bezeichnet die Änderung der Brennweite der Augenlinse, um sowohl nahe wie auch ferne Objekte scharf sehen zu können. Die Anpassung der Linse erfolgt durch den *M. ciliaris*, welcher über postganglionäre parasympathische Fasern (*Nn. ciliares breves*) aus dem *Ganglion ciliare* innerviert wird. Die entsprechenden präganglionären Fasern gelangen via *N. oculomotorius* (Hirnnerv III) aus dem Gehirn zu diesem Ganglion. Eine Lähmung des *M. ciliaris* bzw. eine Anästhesie der *Nn. ciliares breves* oder des *N. oculomotorius* resultiert in einer Akkommodationsstörung, und der Patient kann nahe Objekte nicht mehr scharf sehen. In der Literatur sind bis heute nur vier Fälle einer Akkommodationsstörung im Zusammenhang mit einer intraoralen Lokalanästhesie beschrieben worden (VON ARX ET AL. 2014).

Pathophysiologisch kann als Folge einer aufsteigenden Verschleppung des Lokalanästhetikums zur *A. lacrimalis* bzw. *A. ophthalmica* eine Anästhesie der parasympathischen Nervenfasern bzw. des *Ganglion ciliare* auftreten oder eine

Tab.1 Ophthalmologische Komplikationen nach intraoraler Lokalanästhesie (in alphabetischer Reihenfolge): betroffene anatomische Strukturen und pathophysiologische Mechanismen

Ophthalmologische Komplikation	Betroffene anatomische Strukturen	Pathophysiologische Mechanismen	Kommentare
Akkommodationsstörung	Linse / <i>M. ciliaris</i> /parasymphatische Fasern des <i>N. oculomotorius</i> / <i>Ganglion ciliare</i>	Blockade der parasymphatischen Fasern des <i>N. oculomotorius</i> oder Blockade/Ischämie des <i>M. ciliaris</i>	
Amaurose	<i>N. opticus</i> , Retina	Blockade des <i>N. opticus</i> oder der Retina, oder Vasospasmus der <i>A. ophthalmica</i> oder der <i>A. centralis retinae</i>	
Diplopie	Muskeln der Augenbewegungen (meistens <i>M. rectus lateralis</i>)/ <i>N. oculomotorius</i> / <i>N. trochlearis</i> / <i>N. abducens</i>	Blockade einer der motorischen Nerven der Muskeln der Augenbewegungen oder Blockade/Ischämie einer dieser Muskeln	
Enophthalmus	<i>M. orbitalis</i> /sympathische Fasern/ <i>Ganglion ciliare</i> / <i>Ganglion stellatum</i>	Blockade des <i>N. sympathicus</i>	Kann im Rahmen eines Horner-Syndroms auftreten
Fazialisparese	<i>M. orbicularis oculi</i> (bzw. mimische Muskulatur)/ <i>N. facialis</i> / <i>A. stylomastoidea</i>	Akute Form: Blockade des <i>N. facialis</i> Verzögerte Form: 1) Vasospasmus der <i>A. stylomastoidea</i> 2) Reaktivierung latenter Viren	
Miosis	<i>M. dilatator pupillae</i> /sympathische Fasern/ <i>Ganglion ciliare</i> / <i>Ganglion stellatum</i>	Blockade des <i>N. sympathicus</i>	Kann im Rahmen eines Horner-Syndroms auftreten
Mydriasis	<i>M. sphincter pupillae</i> /parasymphatische Fasern des <i>N. oculomotorius</i> / <i>Ganglion ciliare</i>	Blockade der parasymphatischen Fasern des <i>N. oculomotorius</i> oder Blockade/Ischämie des <i>M. sphincter pupillae</i>	
Nystagmus	Muskeln der Augenbewegungen/Gleichgewichtsorgan bzw. <i>N. vestibulocochlearis</i>	Blockade des <i>N. vestibulocochlearis</i>	
Ophthalmoplegie	Alle Muskeln der Augenbewegungen/ <i>N. oculomotorius</i> / <i>N. trochlearis</i> / <i>N. abducens</i>	Blockade des <i>N. oculomotorius</i> / <i>N. trochlearis</i> / <i>N. abducens</i> oder Blockade/Ischämie aller Muskeln der Augenbewegungen	
Periorbitale Ischämie von Haut (und/oder Mukosa)	<i>A. infraorbitalis</i> / <i>A. zygomaticofacialis</i> / <i>A. labialis superior</i> / <i>A. alveolaris superior posterior</i> / <i>A. palatina major</i> /sympathische Fasern	Stimulierung des <i>N. sympathicus</i>	
Ptosis	1) <i>M. levator palpebrae superioris</i> / <i>N. oculomotorius</i> / <i>Ganglion ciliare</i> 2) <i>M. tarsalis superior</i> /sympathische Fasern/ <i>Ganglion ciliare</i> / <i>Ganglion stellatum</i>	1) Blockade des <i>N. oculomotorius</i> oder Blockade/Ischämie des <i>M. levator palpebrae superioris</i> 2) Blockade des <i>N. sympathicus</i> oder Blockade/Ischämie des <i>M. tarsalis superior</i>	1) vollständige Ptosis 2) partielle Ptosis; kann im Rahmen eines Horner-Syndroms auftreten

Lähmung bzw. Ischämie des Ziliarmuskels eine Akkommodationsstörung verursachen.

Miosis

Die Regulierung der Pupillenweite erfolgt über den *M. sphincter pupillae* (Verengung) und den *M. dilatator pupillae* (Erweiterung). Wird der letztere Muskel oder die ihn autonom innervierenden *N.-sympathicus*-Fasern gelähmt bzw. anästhesiert, kommt es zu einer unerwünschten Engstellung der Pupille (Miosis). Eine Miosis wurde bisher in fünf Fällen nach intraoraler Lokalanästhesie dokumentiert (VON ARX ET AL. 2014), wobei die Miosis im Zusammenhang mit einem Horner-Syndrom auftrat (CAMPBELL ET AL. 1979, PEÑARROCHA & SANCHIS 2000).

Beim Horner-Syndrom kommt es infolge einer Sympathikusblockade zur Lähmung der sympathisch innervierten Muskeln *M. orbitalis* (verursacht Enophthalmus), *M. dilatator pupillae*

(verursacht Miosis) und *M. tarsalis superior* (verursacht partielle Ptosis). Bei Patienten mit einem Horner-Syndrom nach Anästhesie des *N. alveolaris posterior superior* ist ein Sympathikusblock des *Ganglion ciliare* viel wahrscheinlicher als des *Ganglion stellatum* (PEÑARROCHA & SANCHIS 2000). CAMPBELL ET AL. (1979) beschrieben hingegen eine Patientin, die nach Unterkiefer-Leitungsanästhesie in der «Pterygomandibular-Loge» gleichseitig eine Miosis, eine Ptosis, einen Temperaturanstieg in Arm und Hand sowie eine heisere Stimme zeigte. Alle Symptome deuteten auf eine Sympathikusblockade im Bereich des *Ganglion stellatum*.

Mydriasis

Mydriasis bezeichnet die pathologische Weitstellung der Pupille. Bei einseitigem Ausfall der parasymphatischen Versorgung (Mydriasis) fehlt sowohl der direkte wie auch der konsensuelle

Lichtreflex im betroffenen Auge (FISH ET AL. 1989). Eine Mydriasis nach intraoraler Lokalanästhesie wurde bis heute bei 16 Patienten beschrieben (VON ARX ET AL. 2014). Pathophysiologisch entsteht die Mydriasis durch eine Lähmung des *M. sphincter pupillae* bzw. infolge Anästhesie parasymphatischer Fasern, die vom *N. oculomotorius* zum *Ganglion ciliare* und von dort via *Nn. ciliares breves* zum Pupillenringmuskel gelangen. Auch eine Ischämie der das *Ganglion ciliare* versorgenden Arterien, die von der *A. lacrimalis* abstammen, kann eine Mydriasis verursachen. Letzterer Mechanismus dürfte erklären, weshalb die Mydriasis bei jedem dritten in der Literatur beschriebenen Fall länger als fünf Stunden andauerte (VON ARX ET AL. 2014).

Störungen der Augenmotilität bzw. der Bulbusposition

Diplopie

Die koordinierte Bewegung der Augen beruht auf einem komplexen Zusammenspiel der sechs extrinsischen Augenmuskeln *M. rectus superior/medialis/lateralis/inferior* sowie *M. obliquus superior/inferior*. Die motorische Innervation dieser Muskeln erfolgt durch die drei Hirnnerven *N. oculomotorius* (Hirnnerv III), *N. trochlearis* (IV) und *N. abducens* (VI). Durch eine Anästhesie bzw. Ischämie einer oder mehrerer der erwähnten Augenmuskeln bzw. motorischen Nerven kommt es zu einer Störung der Augenmotilität und somit zu Doppelbildern (Diplopie).

Von allen in Zusammenhang mit der intraoralen Lokalanästhesie auftretenden ophthalmologischen Komplikationen ist die Diplopie mit 43 dokumentierten Fällen die in der Literatur am häufigsten beschriebene Komplikation (VON ARX ET AL. 2014). In 30 dieser 43 Fälle mit Diplopie waren Informationen zum betroffenen Augenmuskel vorhanden. Bei 26 dieser 30 Patienten (86,7%) kam es zu einer Lähmung des *M. rectus lateralis* bzw. Anästhesie des ihn versorgenden *N. abducens*. Diese hohe Anzahl von Lähmungen des *M. rectus lateralis* unter allen Diplopiefällen kann dadurch erklärt werden, dass der *N. abducens* im Orbitafundus exponiert auf der Aussenfläche des Muskels liegt (STEENEN ET AL. 2012). In nur drei Fällen war der *M. rectus medialis* (Innervation durch *N. oculomotorius*) und in nur einem Fall der *M. obliquus superior* (Innervation durch *N. trochlearis*) betroffen.

Strabismus (Schielen) bezeichnet eine Gleichgewichtsstörung der Augenmuskulatur mit Fehlstellung der Augen zueinander. Strabismus kann entweder komitant, das heisst mit konstantem Schielwinkel, oder inkomitant mit variierendem Schielwinkel sein. Der komitante Strabismus ist in der Regel bei Kindern zu finden, wohingegen der inkomitante Strabismus durch Muskel- oder Nervenlähmungen hervorgerufen wird. Bei Letzterem tritt in der Regel Diplopie auf. Die in der Literatur erwähnten Einzelfälle mit Strabismus nach intraoraler Lokalanästhesie waren nicht eindeutig von einer Diplopie abzugrenzen und eventuell mit Letzterer verwechselt worden (GOLDENBERG 1983, SPIERER & SPIERER 1999).

Ophthalmoplegie

Bei einer totalen Lähmung der extrinsischen Augenmuskulatur (Ophthalmoplegie) verharrt das Auge in seiner Ruhestellung. Über eine solche Komplikation wurde bisher in vier Fällen berichtet (VON ARX ET AL. 2014). Damit eine komplette Ophthalmoplegie eintritt, müssen alle drei Hirnnerven *N. oculomotorius*, *N. trochlearis* und *N. abducens* anästhesiert sein. Pathophysiologisch ist deshalb eine intravenöse Injektion mit Verschleppung des Lokalanästhetikums in den *Sinus cavernosus* am wahrscheinlichsten (STEENEN ET AL. 2012). In allen vier Fallberichten mit Ophthalmoplegie traten jeweils auch multiple andere oph-

thalmologische Komplikationen (drei bis fünf pro Patient) nach intraoraler Lokalanästhesie auf, was die «*Sinus cavernosus*»-Beteiligung untermauert.

Enophthalmus

Der Begriff Enophthalmus bezeichnet das Zurücksinken des Augapfels in die Augenhöhle. In die bindegewebige Hülle (Periorbita), welche die Augenhöhle auskleidet und den Augapfel umgibt, sind glatte Muskelfasern eingelagert (*M. orbitalis*). Diese über den *N. sympathicus* innervierten Muskelfasern spannen die Periorbita und drücken den Augapfel leicht nach vorne. Bei Anästhesie bzw. Paresis des *N. sympathicus* kommt es deshalb zum Einsinken des Augapfels. In der Literatur wurden bis heute vier Fälle mit Enophthalmus nach intraoraler Lokalanästhesie beschrieben (VON ARX ET AL. 2014). Alle vier Patienten wiesen auch eine Miosis auf, und drei dieser Patienten hatten zusätzlich eine Ptosis (= Horner-Syndrom oder Horner-Trias). Ursächlich ist eine Sympathikusblockade (siehe Abschnitt «Miosis»).

Nystagmus

Die (physiologisch oder pathologisch) rhythmischen Bewegungen der Augen (Augenzittern) werden als Nystagmus bezeichnet. Nystagmus ist ein typisches Symptom bei Schwindel. Bei den bis heute in der Literatur beschriebenen Fällen mit Nystagmus nach intraoraler Lokalanästhesie hatten die Patienten auch Doppelbilder und Schwindel (Vertigo) (MADRID ET AL. 1990). Letzteres Zeichen deutet auf einen Ausfall des *N. vestibulocochlearis* (Hirnnerv VIII) hin, also wahrscheinlich ohne direkte ophthalmologische Beteiligung.

Störungen periorbitaler Strukturen

Ptosis

Ein teilweises oder vollständiges Herabhängen des Augenoberlides wird als Ptosis bezeichnet. Bei Lähmung des *M. levator palpebrae superioris* bzw. des ihn versorgenden *N. oculomotorius* senkt sich das Oberlid nahezu vollständig über das Auge. Bei Lähmung des *M. tarsalis superior* bzw. der ihn innervierenden sympathischen Nervenfasern ist die Ptosis nur schwach vorhanden. Mit 18 Fällen ist die Ptosis die am zweithäufigsten beschriebene ophthalmologische Komplikation nach intraoraler Lokalanästhesie (VON ARX ET AL. 2014). Bei vier Patienten trat die Diplopie im Rahmen eines Horner-Syndroms auf und war deshalb durch eine Sympathikusblockade verursacht (Lähmung des *M. tarsalis superior*). In den anderen 14 Fällen kommt sowohl eine Anästhesie des *N. oculomotorius* mit Lähmung des *M. levator palpebrae superioris*, eine Ischämie des zuführenden Gefässes oder auch eine Sympathikusblockade in Frage (KINI ET AL. 2012). In den Fallberichten werden die beiden Formen der Ptosis nicht immer differenziert, sodass Rückschlüsse auf die Pathophysiologie nicht eindeutig möglich sind.

Fazialisparese

Die Fazialisparese ist keine eigentliche ophthalmologische Komplikation und betrifft das Auge nur indirekt durch Lähmung des Augenringmuskels (*M. orbicularis oculi*). Letzterer Muskel gehört zur Gesichts- oder sogenannten mimischen Muskulatur welche ausschliesslich motorisch durch den *N. facialis* (Hirnnerv VII) versorgt wird. Die versehentliche Anästhesie des *N. facialis* retromandibulär bei der Unterkiefer-Leitungsanästhesie führt zu einer Lähmung der Gesichtsmuskulatur (Fazialisparese oder Bell'sche Lähmung). Bei einer Lähmung des Augenringmuskels können die Patienten das

betroffene Auge nicht mehr zusammenknäufen (Lagophthalmus). Dies kann zu einer Schädigung der Hornhaut und bis zur Erblindung führen. In der Literatur werden zwei verschiedene Formen der Fazialislähmung nach akzidenteller Anästhesie des *N. facialis* beschrieben (CHEVALIER ET AL. 2010). Eine akute Form, die unmittelbar nach der Lokalanästhesie auftritt und nur wenige Stunden andauert, sowie eine verzögerte Form, die erst nach mehreren Stunden oder Tagen einsetzt und nur sehr langsam abklingt (Tage bis Wochen). Bei der akuten Form wird der *N. facialis* direkt durch die intraorale Anästhesie ausgeschaltet, entweder nach Perforation der Kapsel der *Glandula parotis* oder bei retromandibulär aberrierendem Verlauf des *N. facialis*. Bei der verzögerten Form der Fazialislähmung werden zwei Hypothesen diskutiert (TIWARI & KEANE 1970, SHUAIB & LEE 1990, TAZI ET AL. 2003, CHEVALIER ET AL. 2010): (a) Ischämie des *N. facialis* nach reflektorisch bedingtem Vasospasmus der *A. stylomastoidea* oder (b) durch die Lokalanästhesie ausgelöste Reaktivierung latenter Herpes-simplex-Viren (HSV-1) oder Varizella-Zoster-Viren (VZV) mit aufsteigender Infektion des *N. facialis*. Speicheluntersuchungen ergaben bei Patienten mit idiopathischer Fazialisparese (Bell'sche Lähmung) gegenüber Kontrollpatienten eine Häufung reaktivierter HSV-1 (FURUTA ET AL. 1998). Die gleichen Autoren konnten in einer anderen Studie auch einen Zusammenhang von reaktivierten VZV mit verzögerter Fazialisparese nachweisen (FURUTA ET AL. 2000).

Periorbitale Ischämie der Haut

Diese Veränderung nach intraoraler Lokalanästhesie haben wahrscheinlich schon die meisten Zahnärzte/Zahnärztinnen beobachten können. Die Ischämie tritt meist sofort auf und klingt innerhalb weniger Minuten wieder ab. Ursache ist eine Arterienwandverletzung durch die Injektionsnadel mit reaktiver Vasokonstriktion bis Vasospasmus durch Stimulierung des *N. sympathicus*. Im betroffenen Haut- oder Schleimhautareal imponiert ein scharf umschriebenes weisses Areal. In der Literatur wurden regelmässig Fälle mit periorbitalem Vasospasmus nach intraoraler Lokalanästhesie beschrieben (BLAXTER & BRITTON 1967, GOLDENBERG 1983, KRONMAN & GIUNTA 1987, HEASMAN & REID 1995, WEBBER ET AL. 2001, UCKAN ET AL. 2006, SCOTT ET AL. 2007, PAUL ET AL. 2009, AL-SANDOOK & AL-SARAJ 2010, WILLIAMS ET AL. 2011). Da die vasomotorische Kontrolle der Gefässe im Gesicht hauptsächlich unter vasodilatatorischer Kontrolle steht, dauern über *N.-sympathicus*-Reizung verursachte Angiospasmen mit Hautischämien in der Regel nur wenige Minuten, und die Hautfarbe normalisiert sich rasch wieder (KRONMAN & GIUNTA 1987).

Klinische Empfehlungen

Die wahrscheinlichste Ursache der meisten beschriebenen ophthalmologischen Komplikationen ist eine versehentliche intravasculäre Applikation des Lokalanästhetikums (inklusive Vasokonstriktor) mit Verschleppung zu Gefässen und Nerven, die das Auge versorgen. Unter Berücksichtigung der diskutierten anatomischen und pathophysiologischen Ursachen ophthalmologischer Komplikationen nach intraoraler Lokalanästhesie lässt sich diese Problematik nicht vollständig umgehen. Zur Risikominimierung sind intravasale Applikationen des Lokalanästhetikums zu vermeiden. Dabei ist folgendes zu beachten: (I) knochen-nahe Führung der Kanülenspitze, (II) Durchführung des Aspirationstestes in mindestens zwei Ebenen, (III) sachte «gefühlvolle» Aspiration, da eine forcierte Aspiration eher eine falsch-negative Aspirationsprobe bewirkt, und (IV) langsames

Injizieren des Anästhetikums mit nur geringem Druck (CHOI ET AL. 2009, WILLIAMS ET AL. 2011, STEENEN ET AL. 2012).

Da die intraorale Lokalanästhesie eine der häufigsten wenn nicht sogar die häufigste Tätigkeit von Zahnärztinnen und Zahnärzten ist, sind Kenntnisse über mögliche ophthalmologische Komplikationen sowie über ihre Ursachen von klinischem Interesse. Anatomische und pathophysiologische Gegebenheiten können in den meisten Fällen das Auftreten dieser ophthalmologischen Komplikationen erklären. Für die Behandlerin und den Behandler ist wichtig, die Patienten zu informieren, zu beruhigen und zu beobachten. Gegebenenfalls kann das betroffene Auge mit Gaze abgedeckt werden, um im Falle von Lähmungen der extraokulären Muskeln Doppelbilder zu vermeiden oder bei der Fazialisparese das Auge zu schützen. Idealerweise sollte der Patient von einer anderen erwachsenen Person nach Hause begleitet werden und das Lenken von Fahrzeugen bzw. die Bedienung von Maschinen unterlassen, bis sich die Sehfunktion wieder vollständig normalisiert hat (SCOTT ET AL. 2007). Wenn die ophthalmologische Komplikation länger als sechs Stunden andauert sollte ein Augenarzt konsultiert werden, da die beschriebenen ophthalmologischen Veränderungen auch durch andere Erkrankungen verursacht werden können, zum Beispiel infolge einer Sinusvenenthrombose oder wegen eines zerebralen arteriellen Aneurysmas. Bei der verzögerten Form der Fazialisparese mit viraler Begleitkomplikation wird eine medikamentöse Therapie mit Kortikosteroiden empfohlen, wobei eine gleichzeitige antivirale Therapie umstritten ist (ENGSTRÖM ET AL. 2008, CHEVALIER ET AL. 2010, AXELSSON ET AL. 2012).

Verdankung

Die Autoren danken Bernadette Rawyler, Grafikerin und medizinische Zeichnerin, Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern, für die Anfertigung der schematischen Zeichnungen.

Abstract

VON ARX T, LOZANOFF S, ZINKERNAGEL M: **Ophthalmologic complications and local anesthesia. Pathophysiology and types of eye complications after intraoral dental anesthesia, and clinical recommendations** (in German). SWISS DENTAL JOURNAL SSO 124: 1189–1196 (2014)

The present article reviews the different types of ophthalmologic complications following administration of intraoral local anesthesia. Since the first report by Brain in 1936, case reports about that topic have been published regularly in the literature. However, clinical studies evaluating the incidence of ophthalmologic complications after intraoral local anesthesia are rarely available. Previous data point to a frequency ranging from 0.03% to 0.13%. The most frequently described ophthalmologic complications include diplopia (double vision), ptosis (drooping of upper eyelid), and mydriasis (dilatation of pupil). Disorders that rather affect periorbital structures than the eye directly include facial paralysis and periorbital blanching (angiospasm). Diverse pathophysiologic mechanisms and causes have been reported in the literature, with the inadvertent intravascular administration of the local anesthetic considered the primary reason. The agent as well as the vasopressor is transported retrogradely via arteries or veins to the orbit or to periorbital structures (such as the cavernous sinus) with subsequent anesthesia of nerves and paralysis of muscles distant from the oral cavity. In general the ophthalmologic complications begin shortly after administration of the local anesthesia, and disappear once the local anesthesia has subsided.

Literatur

- ALDRETE J A, NARANG R, SADA T, TAN LIEM S, MILLER G P: Reverse carotid flow – a possible explanation for some reactions to local anesthetic. *J Am Dent Assoc* 94: 1142–1145 (1977)
- AL-SANDOOK T, AL-SARAJ A: Ocular complications after inferior alveolar nerve block: a case report. *J Calif Dent Assoc* 38: 57–59 (2010)
- AUGELIO M, VON JACKOWSKI J, GRÄTZ K W, JACOBSEN C: Needle breakage during local anesthesia in the oral cavity – a retrospective of the last 50 years with guidelines for treatment and prevention. *Clin Oral Invest* 15: 3–8 (2011)
- AXELSSON S, BERG T, JONSSON L, ENGSTRÖM M, KANERVA M, STJERNQUIST-DESATNIK A: Bell's palsy – the effect of prednisolone and/or valaciclovir versus placebo in relation to baseline severity in a randomized controlled trial. *Clin Otolaryngol* 37: 283–290 (2012)
- BECKER D E, REED KL: Local Anesthetics: review of pharmacological considerations. *Anesth Prog* 59: 90–101 (2012)
- BOYNES S G, ECHEVERRIA Z, ABDULWAHAB M: Ocular complications associated with local anesthesia administration in dentistry. *Dent Clin North Am* 54: 677–686 (2010)
- BLANTON P L, JESKE A H: The key to profound local anesthesia. *Neuroanatomy*. *J Am Dent Assoc* 134: 753–760 (2003)
- BLAXTER P L, BRITTEN M J: Transient amaurosis after mandibular nerve block. *Br Med J* 1: 681 (1967)
- BRAIN W R: Third nerve palsy following dental extraction. *Arch Ophthalmol* 51: 959 (1936)
- CAMPBELL R L, MERCURI L G, VAN SICKLES J: Cervical sympathetic block following intraoral local anesthesia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 47: 223–226 (1979)
- CHEVALIER V, ARBAB R, TEA S H, ROUX M: Facial palsy after inferior alveolar nerve block: case report and review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg* 39: 1139–1142 (2010)
- CHOI E H, SEO J Y, JUNG B Y, PARK W: Diplopia after inferior alveolar nerve block anesthesia: Report of 2 cases and literature review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 107: e21–e24 (2009)
- CLARKE J R, CLARKE D J: Hysterical blindness during dental anaesthesia. *Br Dent J* 162: 267 (1987)
- CREAN S J, POWIS A: Neurological complications of local anaesthetics in dentistry. *Dent Update* 26: 344–349 (1999)
- CUMMINGS D R, YAMASHITA D D, McANDREWS J P: Complications of local anesthesia used in oral and maxillofacial surgery. *Oral Maxillofacial Surg Clin N Am* 23: 369–377 (2011)
- ENGSTRÖM M, BERG T, STJERNQUIST-DESATNIK A, AXELSSON S, PITKÄRANTA A, HULTCRANTZ M, KANERVA M, HANNER P, JONSSON L: Prednisolone and valaciclovir in Bell's palsy: a randomized, double-blind, placebo-controlled, multicentre trial. *Lancet Neurol* 7: 993–1000 (2008)
- FISH L R, McINTIRE D N, JOHNSON L: Temporary paralysis of cranial nerves III, IV, and VI after a Gow-Gates injection. *J Am Dent Assoc* 119: 127–130 (1989)
- FRANGISKOS F, STAVROU E, MERENDITIS N, TSITSOGIANIS H, VARDAS E, ANTONOPOULOU I: Incidence of penetration of a blood vessel during inferior alveolar nerve block. *Br J Oral Maxillofac Surg* 41: 188–189 (2003)
- FREUEN N D, FEIL B A, NORTON N S: The clinical anatomy of complications observed in a posterior superior alveolar nerve block. *FASEB J* 21: 776–784 (2007)
- FURUTA Y, FUKUDA S, CHIDA E, TAKASU T, OHTANI F, INUYAMA Y, NAGASHIMA K: Reactivation of herpes simplex virus type 1 in patients with Bell's palsy. *J Med Virol* 54: 162–166 (1998)
- FURUTA Y, OHTANI F, FUKUDA S, INUYAMA Y, NAGASHIMA K: Reactivation of varicella-zoster virus in delayed facial palsy after dental treatment and oro-facial surgery. *J Med Virol* 62: 42–45 (2000)
- GOLDENBERG A S: Diplopia resulting from a mandibular injection. *J Endod* 9: 261–262 (1983)
- GOLDENBERG A S: Transient diplopia from a posterior alveolar injection. *J Endod* 16: 550–551 (1990)
- GROSSKREUTZ C L, KATOWITZ W R, FREEMAN E E, DREYER E B: Lidocaine toxicity to rat retinal ganglion cells. *Curr Eye Res* 18: 363–367 (1999)
- HAAS D A: Localized complications from local anesthesia. *J Calif Dent Assoc* 26: 677–682 (1998)
- HAAS D A: Alternative mandibular nerve block techniques: a review of the Gow-Gates and Akinosi-Vazirani closed-mouth mandibular nerve block techniques. *J Am Dent Assoc* 142 (Suppl 3): 8–12 (2011)
- HAYREH S S, DASS R: The ophthalmic artery: I. Origin and intracranial and intra-canalicular course. *Br J Ophthalmol* 46: 65–98 (1962)
- HEASMAN P A, REID G: An unusual sequela to an inferior dental block injection. *Br Dent J* 179: 97–98 (1995)
- HIDDING J, KHOURY F: General complications in dental local anesthesia (in German: Allgemeine Komplikationen bei der zahnärztlichen Lokal-anästhesie). *Dtsch Zahnärztl Z* 46: 834–836 (1991)
- KÄMMERER P W, PALARIE V, DAUBLÄNDER M, BICER C, SHABAZFAR N, BRÜLLMANN D, AL-NAWAS B: Comparison of 4% articaine with epinephrine (1:100,000) and without epinephrine in inferior alveolar block for tooth extraction: double-blind randomized clinical trial of anesthetic efficacy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol* 113: 495–496 (2012)
- KANSU L, YILMAZ I: Sudden hearing loss after dental treatment. *J Oral Maxillofac Surg* 71: 1318–1321 (2013)
- KATYAL V: The efficacy and safety of articaine versus lignocaine in dental treatments: a meta-analysis. *J Dent* 38: 307–317 (2010)
- KHOURY J, MIHAILIDIS S, GHABRIEL M, TOWNSEND G: Anatomical relationships within the human pterygomandibular space: relevance to local anesthesia. *Clin Anesth* 23: 936–944 (2010)
- KINI Y K, KHARKAR V R, KINI A Y: Transient diplopia with ipsilateral abducens nerve palsy and ptosis following a maxillary local anesthetic injection. *Oral Maxillofac Surg* 16: 373–375 (2012)
- KRONMAN J H, GIUNTA J L: Reflex vasoconstriction following dental injections. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 63: 542–544 (1987)
- LACOUTURE C, BLANTON P L, HAIRSTON L E: The anatomy of the maxillary artery in the infratemporal fossa in relationship to oral injections. *Anat Rec* 205: 104A (1982)
- LIU Q, RHOTON A L: Middle meningeal origin of the ophthalmic artery. *Neurosurg* 49: 401–407 (2001)
- LUSTIG J P, ZUSMAN S P: Immediate complications of local anesthesia administered to 1007 consecutive patients. *J Am Dent Assoc* 130: 496–499 (1999)
- MADRID C, DURAN D, GANTE P, REYNES P: Ophthalmic accidents during local-regional anesthesia in dentistry: clinical aspects, anatomic routes (in French: Accident ophtalmiques des anesthésies loco-régionales en odontologie. Aspects cliniques, voies anatomiques). *Actual Odontostomatol* 170: 271–283 (1990)
- MAGLIOCCA K R, KESSEL N C, CORTRIGHT G W: Transient diplopia following maxillary local anesthetic injection. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 101: 730–733 (2006)
- MALAMED S F: Handbook of Local Anesthesia. 5th edition. Mosby Inc, Maryland Heights/Missouri (2004)
- MEECHAN J G: Aspirations and solutions – a 20 year journey through dental local anaesthetics. *Surgeon* 7: 358–361 (2009)
- OGLE O E, MAHJOUBI G: Local anesthesia: agents, techniques, and complications. *Dent Clin North Am* 56: 133–148 (2012)
- PAUL R, ANAND R, WRAY P, D'SA S, BRENNAN P A: An unusual complication of an inferior dental nerve block: a case report. *Br Dent J* 206: 9–10 (2009).
- PEÑARROCHA M, SANCHIS J M: Ophthalmologic complications after intraoral local anesthesia with articaine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 90: 21–24 (2000)
- PERRINI P, CARDIA A, FRASER K, LANZINO G: A microsurgical study of the anatomy and course of the ophthalmic artery and its possibly dangerous anastomoses. *J Neurosurg* 106: 142–150 (2007)
- PRETTERKLIBER M L, SKOOPAKOFF C, MAYR R: The human maxillary artery reinvestigated. I: topographical relations in the infratemporal fossa. *Acta Anat* 142: 281–287 (1991)
- RODA R S, BLANTON P L: The anatomy of local anesthesia. *Quintessence Int* 25: 27–28 (1994)
- SCOTT J K, MOXHAM B J, DOWNIE I P: Upper lip blanching and diplopia associated with local anaesthesia of the inferior alveolar nerve. *Br Dent J* 202: 32–33 (2007)
- SHUAIB A, LEE M A: Recurrent peripheral facial nerve palsy after dental procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 70: 738–740 (1990)
- SINGH S, DASS R: The central artery of the retina. I. Origin and course. *Br J Ophthalmol* 44: 193–212 (1960)
- SPIERER A, SPIERER S: Transient extraocular muscle palsy resulting from inferior alveolar nerve block in children. *J Clin Pediatr Dent* 24: 29–30 (1999)
- STEENEN S A, DUBOIS L, SAEED P, DE LANGE J: Ophthalmologic complications after intraoral local anesthesia: case report and review of literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 113: e1–e5 (2012)
- TAZI M, SOICHOT P, PERRIN D: Facial palsy following dental extraction: report of 2 cases. *J Oral Maxillofac Surg* 61: 840–844 (2003)
- TIWARI I B, KEANE T: Hemifacial palsy after inferior dental block for dental treatment. *Br Med J* March 28; 1(5699): 798 (1970)
- TOMAZZOLI-GEROSA L, MARCHINI G, MONACO A: Amaurosis and atrophy of the optic nerve: an unusual complication of mandibular-nerve anesthesia. *Ann Ophthalmol* 20: 170–171 (1988)
- UCKAN S, CILASUN U, ERKMAN O: Rare ocular and cutaneous complication of inferior alveolar nerve block. *J Oral Maxillofac Surg* 64: 719–721 (2006)
- VERMA D K, RAJAN R, PRAHU S: Ipsilateral, isolated amaurosis after inferior alveolar nerve block: report of two rare cases. *Oral Maxillofac Surg* 17: 73–75 (2013)
- VON ARX T, LOZANOFF S, ZINKERNAGEL M: Ophthalmologic complications after intraoral local anesthesia: an analysis of 65 published case reports. *Swiss Dent J* 124: 784–795 (2014)
- WEBBER B, ORLANSKY H, LIPTON C, STEVENS M: Complications of an intra-arterial injection from an inferior alveolar nerve block. *J Am Dent Assoc* 132: 1702–1704 (2001)
- WILKIE G J: Temporary uniocular blindness and ophthalmoplegia associated with a mandibular block injection. A case report. *Aust Dent J* 45: 131–133 (2000)
- WILLIAMS J V, WILLIAMS L R, COLBERT S D, REVINGTON P J: Amaurosis, ophthalmoplegia, ptosis, mydriasis and periocular blanching following inferior alveolar nerve anaesthesia. *Oral Maxillofac Surg* 15: 67–70 (2011)
- YAPP K E, HOPCRAFT M S, PARASHOS P: Articaine: a review of the literature. *Br Dent J* 210: 323–329 (2011)