

D i p l o m a r b e i t

Einfluss von Veränderungen des atmosphärischen Drucks auf Zähne – eine Literaturrecherche

eingereicht von

Ulrike Unterberger

Mat.Nr.: 0110640

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der Zahnheilkunde

(Dr. med. dent.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Klinische Abteilung für Zahnersatzkunde

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dr. Rudolf O. Bratschko

Univ.-Ass. Dr. Susanne Platzer

Graz, Februar 2009

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

(Unterschrift)

V o r w o r t

Im Rahmen der Absolvierung der freien Wahlfächer für das Studium der Zahn- und Humanmedizin, kam ich zum ersten Mal in Kontakt mit den Begriffen Barotrauma und Barodontalgie. Im freien Wahlfach „Alpin- und Höhenmedizin“ berichtete Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Domej über diese noch immer relativ wenig bekannten, vor allem aber unterbewerteten Phänomene.

Von diesem Zeitpunkt an, versuchte ich das Thema Barodontalgie in meiner Diplomarbeit zu behandeln, und mit der Hilfe von Univ.-Prof. Dr. R. O. Bratschko und Univ.-Ass. Dr. Susanne Platzer ist mir dieser Wunsch dann auch erfüllt worden. Ihnen möchte ich an dieser Stelle auch besonders danken.

Inhaltsverzeichnis

1) Zusammenfassung	1
Summary	2
2) Einleitung	
2.1 Definitionen und geschichtlicher Hintergrund.....	3
2.2 Überblick.....	5
2.2.1 Anatomie und Physiologie	5
2.2.2 Physik	9
2.3 Einteilung der Barodontalgie.....	12
2.4 Entstehung.....	14
2.4.1 Entstehungshypothesen	14
2.4.2 Phänomen der Barodontalgie bei gesunden Zähnen.....	17
2.5 Diagnostik.....	18
2.5.1 Charakterisierung des Barodontalgie-Schmerzes und Diagnosefindung.....	18
2.5.2 Differentialdiagnose: Barosinusitis.....	21
2.6 Studien zu Häufigkeit , Prädisposition und gefundener Pathologie....	24
2.7 Prophylaxeempfehlungen und Therapiekonzept.....	30
3) Konklusion	34
4) Vorschläge für die weiterführende Forschung	36
Ausblick und Zukunft(-swünsche).....	37
5) Literaturverzeichnis	38
6) Lebenslauf	45

1) Zusammenfassung

Diese Diplomarbeit befasst sich mit dem Thema Barotrauma, im speziellen mit der Barodontalgie und der Barosinusitis, mittels einer Literaturrecherche.

Unter dem Begriff der Barodontalgie versteht man all jene Schmerzzustände der Zähne, welche unter plötzlichen Veränderungen des Umgebungsdruckes auftreten, wobei ansonsten Beschwerdefreiheit vorherrscht. Obwohl Barodontalgie insgesamt selten auftritt, sollte sie nicht unbeachtet bleiben. Meistens sind Taucher, Piloten und Flugpersonal aber auch Alpinisten beim Höhenbergsteigen betroffen.

Ursache für die verschiedenen Symptome ist eingeschlossene oder zumindest hin und her pendelnde Luft, die sich ausdehnt oder komprimiert wird, und somit das Nervensystem reizt. Die ausgelösten Schmerzen können für den Patienten/ die Patientin so ausarten, dass dieser/ diese handlungsunfähig wird. An den betroffenen Zähnen selbst kann der Über- bzw. Unterdruck unbehandelt und je nach Stärke bis zu einer Fraktur führen (Odontocrexis).

Differentialdiagnostisch gesehen sind anderen Hohlräume, insbesondere die Kieferhöhle, zu beachten. Liegt eine Entzündung vor, kann es hier zur Barosinusitis kommen, welche in ihren Symptomen der Barodontalgie sehr ähnelt.

Die Therapie besteht je nach Symptom immer in der Beseitigung seiner ursächlichen Pathologie und umfasst somit alle zahnmedizinischen Tätigkeiten. Bedeutungsvoller scheint allerdings die Prophylaxe zu sein. Ein Patient gilt dann als geheilt, wenn er oder sie sich wieder beschwerdefrei den auslösenden Druckschwankungen aussetzen kann.

In der Zukunft nützt die Barodontalgie eventuell dazu, frühzeitig kariöse Läsionen oder defekte Restaurationsränder zu diagnostizieren.

S u m m a r y

This paper reports about the phenomenons of barotraumatology, especially barodontalgia and barosinusitis, in doing a research in literature.

Barodontalgia is any dental pain that is induced by sudden changes of the ambient pressure in an otherwise asymptomatic tooth. Although barodontalgia is not so common, it should not stay unnoticed. Mostly divers, aviation personnel, air travellers and sportsmen doing extreme mountain climbing suffer from this illness.

The etiology for the different symptoms is related to any kind of air that ist trapped or at least commutes within the tooth. Gas expansion or contraction leads to activation of the nervous system. The pain can lead to a massive decrease in performance with an potentially disastrous outcome. On the affected tooth itself the pressure can even cause a fracture (odontocrexis).

For differential diagnosis attention must also be payed on every other bodycavity, especially the sinus maxillaris. If inflammation takes place barosinusitis can occur, which in it's symptoms is similar to barodontalgia.

The therapy to dispose the pathology always follows the individual symptoms and therefore it must include every treatment a dentist offers. However prophylaxis seems to be the most important thing to be considered. The patient is healthy again, if he or she doesn't show any symptoms when receiving pressure changes.

In our future barodontalgia may perhaps help to detect carious lesions or defect margins of restorations.

2) Einleitung

2.1 Definitionen und geschichtlicher Hintergrund

Grundsätzlich kann jeder Teil des menschlichen Körpers ein Barotrauma erleiden. Auf Kopf und Gesicht bezogen, ziehen starke Druckschwankungen eine Barootitis Media, eine Barosinusitis und barotrauma-bedingten Kopfschmerz, sowie ein dentales Barotrauma, die Barodontalgie, nach sich.

Die Barodontalgie ist definiert als akuter Zahnschmerz mit großer Intensität, welcher in Zusammenhang mit plötzlichen Veränderungen des Umgebungsdrucks auftritt (SENIA et al., 1985; AL-HAJRI u. AL-MADI, 2006). In der Literatur werden vor allem konservierend, endodontisch und parodontologisch betroffene Zähne als Prädilektionsstellen angegeben.

Kurzfristigen Druckschwankungen sind Personen unterworfen, welche sich berufsbedingt oder in ihrer Freizeit großen Höhen, aber auch Tiefen aussetzen müssen. Dazu gehören fliegendes Personal, Taucher, sowie Höhenbergsteiger. Sie sind somit prädisponiert an Barodontalgie zu erkranken.

Erstmals bei Fallschirmspringern und Piloten des 1. Weltkrieges als Aerodontalgie beschrieben, konnte dieses Phänomen in der Folge auch bei Tauchern, Höhenbergsteigern, sowie medizinischem Personal, welches in Druckkammern arbeitet, beobachtet werden. Zu Beginn der Forschung wurden daher zusätzlich noch die Synonyme Aerodontopathie, Dsybarismus und Druckfallstörung verwendet.

Der Begriff der Barodontalgie hat sich in der modernen Nomenklatur durchgesetzt und umfasst nunmehr all jene Schmerzzustände der Zähne, welche unter Veränderungen des Umgebungsdruckes auftreten.

In der Literatur existiert nur eine geringe Anzahl an Untersuchungen oder Studien zum Thema Barodontalgie oder Barosinusitis. Die zahlreichsten und vor allem fundiertesten Forschungsergebnisse brachten Beobachtungen im militärischen Bereich.

Es wurde erkannt, dass Piloten oder Kampftaucher durch Barodontalgie in ihrer Handlungs- und Entscheidungsfähigkeit massiv beeinträchtigt werden, was mitunter

lebensbedrohliche Ausmaße für die Betroffenen selbst, aber auch für Menschen in ihrem direkten Umfeld, hervorruft.

Diese Tatsache gilt auch für Höhenbergsteiger, da sich diese ja nicht, wie militärisches Personal, in regelmäßiger medizinischer Kontrolle befinden. Eventuelle dentale Prädilektionstellen werden dadurch oft zu spät oder gar nicht erkannt und die Wahrscheinlichkeit, an Barodontalgie und Barosinusitis zu erkranken, steigt.

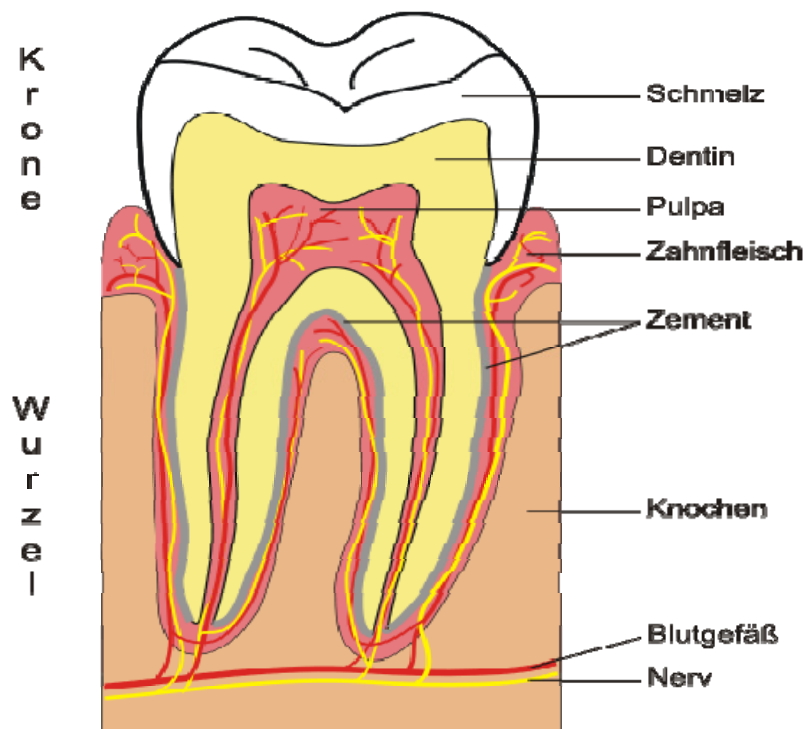
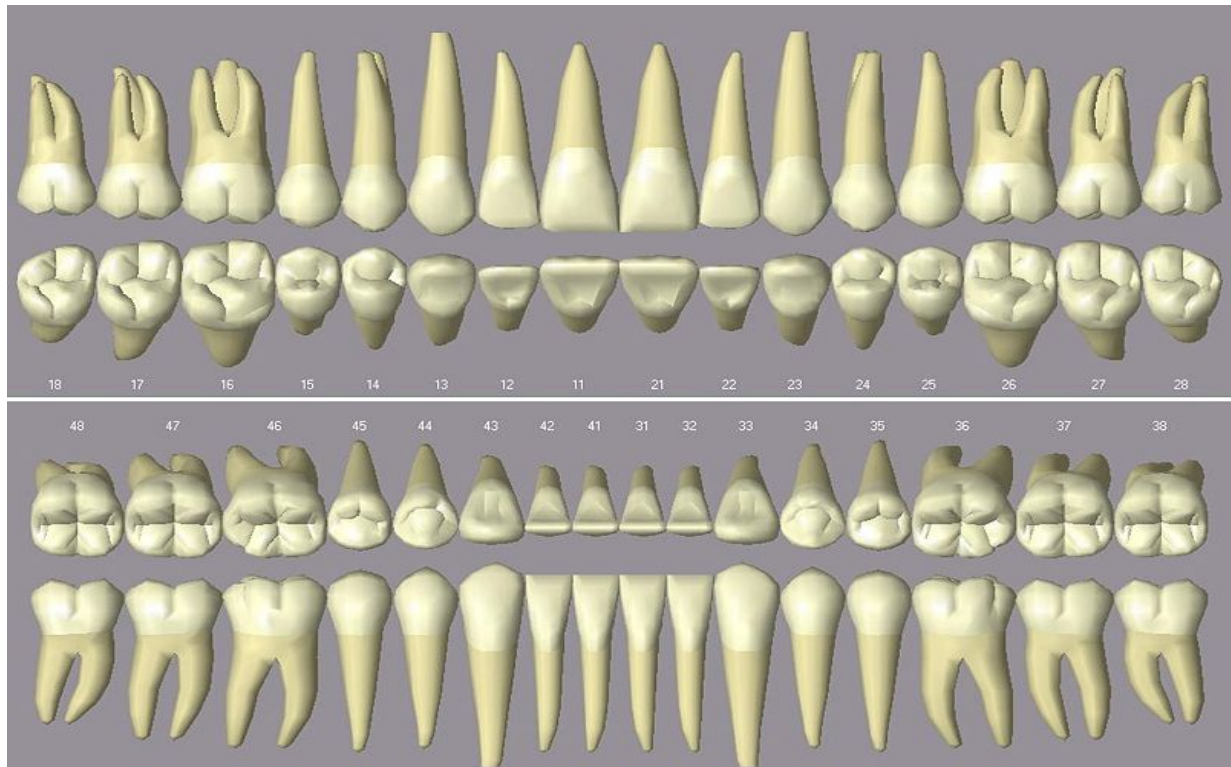
Deshalb erscheint es von großer Wichtigkeit, das Bewusstsein bei Zahnärzten/ Zahnärztinnen und Patienten/ Patientinnen besonders für die Erkrankung Barodontalgie zu schärfen, wirksame Prophylaxekonzepte zu erarbeiten und Therapieansätze hervorzubringen, denn bis jetzt wurden noch keine evidenzbasierten Richtlinien für den Umgang mit Barodontalgie und Barosinusitis erstellt.

Im Rahmen der Literaturrecherche präsentieren sich Studien von durchaus großem Ausmaß, sowie detaillierte Untersuchungen anhand einzelner Fälle. Prinzipiell lassen sich Arbeiten an fliegendem Personal und an Tauchern unterscheiden. Es existieren jedoch ansonsten ebenso allgemeine Betrachtungsweisen, die aufgrund bestehender Entstehungshypothesen durchgeführt wurden. Meistens zogen die Autoren rein retrospektiv durch eingehende Befragung der Betroffenen ihre Schlüsse. Weiters gewann man insbesondere durch in-vitro-Studien, Erkenntnisse über die potentiellen Auslöser der Erkrankung und deren Auswirkungen. Nur durch diese erscheint es erreichbar, bestimmte auslösende Bedingungen der Barodontalgie und Barosinusitis nachzuvollziehen und nachzuahmen.

Wichtig erschien für alle Autoren die lückenlose zahnmedizinische Dokumentation, denn in nahezu jeder Untersuchung zeigen sich die Schwierigkeiten in Bezug auf Einteilungsmöglichkeiten, (Differential-)Diagnose und Therapie.

2.2 Überblick

2.2.1 Anatomie und Physiologie



Das bleibende Gebiss jedes Menschen besteht bei Abwesenheit von Anomalien pro Quadrant aus zwei Schneidezähnen (Incisivi), einem Eckzahn (Caninus), zwei Prämolaren und drei Molaren. Jeder voll entwickelte, ausgereifte Zahn wird durch den Zahnhalteapparat (das Desmodont) im Alveolarknochen gehalten, in Krone und Wurzel unterteilt und besteht aus den drei (Hart-)Gewebe Schmelz, Dentin und Zement.

Im Inneren des Zahnes befindet sich das Pulpenkavum, welches Blutgefäße (Arterien und Venen), Lymphgefäße und Nervengewebe beinhaltet (GÄNGLER et al., 2005).

Zahnschmelz besteht zum Hauptteil aus anorganischem Material. Kalzium-Phosphat-Verbindungen (Apatitverbindungen) kristallisieren und reifen in der Folge (Schmelzprismenentstehung). Ameloblasten sind dafür verantwortlich. Im Durchlichtmikroskop zeigen die Retzius-Streifen die Phasen, in denen die Ameloblasten nicht aktiv sind, diese sind somit Zeichen des Wachstums.

Die Schmelzprismen können in drei verschiedenen Prismenverbänden vorliegen:

- Schlüssellochtyp
- Hufeisentyp
- zylindrischer Typ

Als härteste Substanz im menschlichen Körper, ist der Schmelz zwischen 2,8 und 3 mm dick (HELLWIG et al., 2003).

Seine genaue Zusammensetzung (Kalzium, Phosphat, Karbonat, Magnesium, Natrium und etliche Spurenelemente, wie Fluor, Strontium, Selen, Vanadium, Molybdän, Mangan, Zink und Zinn) wird von verschiedenen Faktoren bestimmt. Dazu gehören etwa die Ernährung, das Alter, aber auch die Einnahme bestimmter Medikamente (GÄNGLER et al., 2005).

Magnesium und Karbonatanteil bestimmen die Schmelzdichte. Saure Stoffwechselprodukte von Bakterien in der Plaque sind im Stande Schmelz zu demineralisieren. Diese schädlichen Produkte entstehen hauptsächlich durch Vergärung von leicht aufschließbaren Mono- bzw. Disacchariden und hydrolysierbaren Polysacchariden. Die kritische Schwelle liegt bei einem pH-Wert von 5,0 bis 5,5. Der Schmelz wird somit soweit geschwächt, dass sich Karies bis ins Dentin ausbreiten kann (HELLWIG et al., 2003).

Die Demineralisation ist jedoch bei Beseitigung der Säuren durch den Speichel und effektive Mundhygiene noch reversibel. Somit unterliegt Schmelz einer ständigen De- und Remineralisation („Ionenwippe“). Zu den Schmelz-destruierenden Vorgängen gehören Erosion (Karies), Abrasion, als Folge der physiologischen Mastikation, und Attrition, welche eine Folge von Parafunktion und Zahnputzdefekten darstellt (GÄNGLER et al., 2005).

Dentin besteht aus 20% organischem (Kollagen und kollagenartige Verbindungen) und 70% anorganischem Gewebe. Die Odontoblasten, die für dessen Entstehung verantwortlich sind, reichen mit ihren Fortsätzen weit in die Dentinkanälchen (Tubuli) und spielen eine große Rolle im Reizleitungssystem. Kommt es durch mechanische Stimulation oder pH-Wert-Änderungen zu einer Flüssigkeitsbewegung in den Tubuli, so verspürt man einen Schmerzreiz (HELLWIG et al., 2003).

An der Schmelz-Dentin-Grenze ist eine durchschnittliche Zahl von 10 - 25 000 Dentintubuli pro mm² zu finden, an der Dentin-Pulpa-Grenze hingegen beträgt sie bereits 30 – 50 000 pro mm² (GÄNGLER et al., 2005).

Durch den geringeren Mineralisationsgrad bietet Dentin destruktiven Vorgängen weniger Widerstand und somit schreiten diese, sofern sie unbehandelt bleiben, bis zur Pulpa hin fort. Unter Therapie kann sich jedoch Reaktionsdentin (auch als Tertiärdentin, irreguläres Dentin, Osteodentin oder reaktives Dentin bezeichnet) zum erneuten Schutz der Pulpa bilden (HELLWIG et al., 2003).

Zement ist das einzige Gewebe, das sich unter entsprechenden Voraussetzungen zeitlebens regenerieren kann, sollte es durch Karies oder durch zahnmedizinische Manipulation (deep scaling, kieferorthopädische Zahnbewegung) resorbiert oder entfernt worden sein. Er bedeckt die Wurzeloberfläche und Teile der apikalen Wurzelkanalwände. An ihm inserieren die Sharpey`schen Fasern des Desmodonts und somit ist er ebenso ein Teil des Parodonts.

Histologisch lassen sich mehrere Zementarten unterscheiden:

- azellulär-afibrillär
- azellulär-fibrillär (- Eigenfaserzement
- Gemischtfaserzement)
- zellulär-fibrillär (- Gemischtfaserzement
- Eigenfaserzement)

Das Pulpengewebe ist ein fibroblastenreiches, immens vaskularisiertes und gut innerviertes Bindegewebe, welches individuell unterschiedlich auf verschieden starke Reize reagiert.

Eine (Reiz-)Pulpitis kann reversibel sein und der Zahn erholt sich wieder vollständig oder sie schreitet fort, was zum unbemerkten, öfter aber schmerzhaften, Absterben des Nervengewebes führt. Es zeigen sich die typischen Symptome einer Entzündung: Dolor, Rubor, Calor, Tumor und schließlich Functio laesa. Die Genese reicht von infektiös-toxisch oder traumatisch bedingten, bis hin zu iatrogen verursachten Schäden an der Pulpa (HELLWIG et al., 2003).

Die Einteilung der Pulpitis erfolgt in fünf Gruppen:

- Pulpitis chronica clausa
- Pulpitis chronica aperta ulcerosa
- Pulpitis chronica aperta granulomatosa
- Pulpitis acuta partialis
- Pulpitis acuta totalis

Der unbehandelten Pulpitis folgt eine apicale Parodontitis, welche ebenso eine Einteilung in fünf Klassen findet:

- Parodontitis apicalis chronica fibrosa
- Parodontitis apicalis chronica diffusa
- Parodontitis apicalis chronica granulomatosa
- Parodontitis apicalis chronica cystosa
- Parodontitis apicalis chronica acuta

Die Reizleitung funktioniert einerseits über ein Nervengeflecht in der Kronenpulpa, den sogenannten Raschkow-Plexus, und andererseits über freie Nervenendigungen, die bis ins Prädentin reichen. Nozizeptoren werden aktiviert. Sie reagieren auf kräftige mechanische Reize, starke Erwärmung oder Abkühlung.

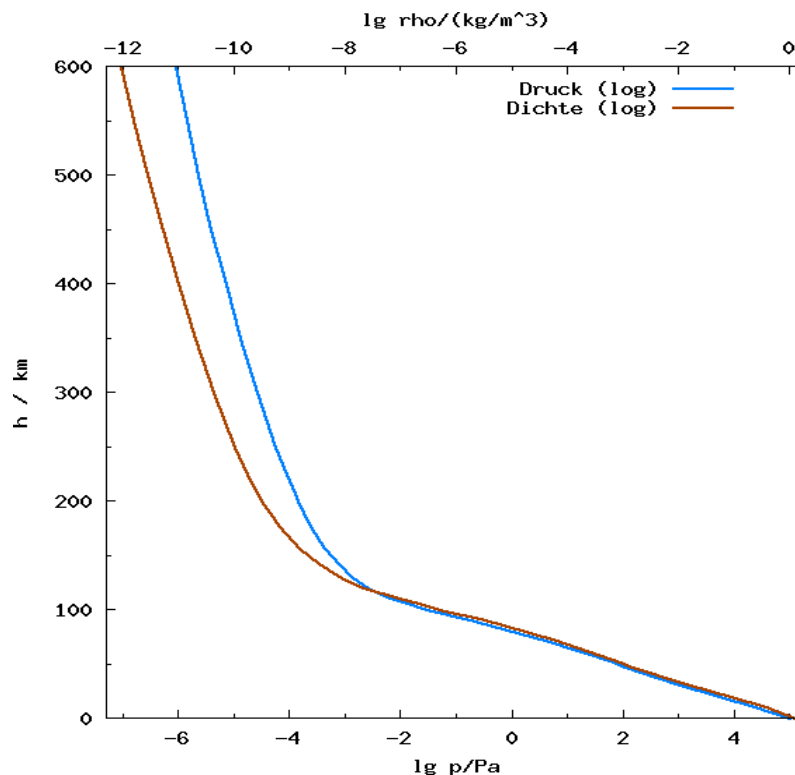
Weiters können Schmerzmediatoren, wie Bradykinin, Prostaglandin, Histamin, Leukotriene, dem Zentralnervensystem die Information schnell überliefern.

Der ausgelöste Reiz „Schmerz“ soll erstens physiologisch als Schutzfunktion und zweitens pathologisch als Hinweis auf Entzündung gesehen werden (GÄNGLER et al., 2005).

2.2.2 Physik

Druck ist definiert als (die wirkende) Kraft pro (Angriffs-)Fläche. Der Luftdruck an einem beliebigen Ort der Erdatmosphäre ist definiert als der (hydrostatische) Druck der Luft, der am jeweiligen Ort herrscht. Hierbei ist es die Schwerkraft, die den Druck bewirkt. Druck wird mit einem Barometer gemessen.

Der mittlere Luftdruck der Atmosphäre beträgt auf Meereshöhe $101325 \text{ Pa} = 1013,25 \text{ hPa}$ (Hektopascal) = $1,01325 \text{ bar} = 1013,25 \text{ mbar}$ (Millibar) und ist somit ein Teil der Normalbedingungen.



Druck und Dichte nach barometrischer Höhenformel

Der Luftdruck sinkt schnell mit steigender Höhe ab, da die einzelnen Gase eine leichte Kompressibilität haben. In Bodennähe um etwa 1 hPa (= 1 Millibar) je 8 Meter. Infolge der hohen Kompressibilität der Luft werden die unteren Luftschichten, die einem höheren Luftdruck ausgesetzt sind, stärker komprimiert. Der Luftdruck kann somit angenähert durch eine Exponentialfunktion beschrieben werden.

Bei einer konstant angenommenen Temperatur von 0 °C beträgt der Druck in der Höhe H :

$$p(H) = p_0 \exp(-H/7990\text{m})$$

Daraus ergibt sich halber Luftdruck in etwa 5500m Höhe, 316,7 hPa in 8800m und nur mehr 10 % des Bodenwertes in ca. 18400 m über dem Meer.

Der Luftdruck ist weiters noch einer täglich wiederkehrenden Periodik unterworfen, die zwei Maximalwerte und zwei Minimalwerte pro Tag aufweist. Er folgt dabei den Schwankungen der herrschenden Lufttemperatur, wodurch sich ein stärkerer 12-Stunden-Rhythmus (als semicircadian bezeichnet) und ein schwächerer 24-Stunden-Rhythmus (circadian) zeigen. Die Maxima finden sich gegen 10 und 22 Uhr, die Minima gegen 4 und 16 Uhr (Sommerzeit beachten). Die Amplituden der Druckschwankungen sind Breitengradabhängig. Sie überschreiten aber 5% in der Regel nicht. In Äquatornähe liegen die Schwankungen bei Werten bis zu 5 hPa. In den mittleren Breiten liegen die Schwankungen bei etwa 0,5 bis 1 hPa.

Die Kenntnis des örtlichen Tagesverlaufs des Luftdrucks erhöht die Aussagekraft eines Barogramms zur Einschätzung des Wettergeschehens, insbesondere in tropischen Gebieten. Direkt zu beobachten ist der Tagesverlauf in der Regel jedoch nicht, da er von dynamischen Luftdruckschwankungen überlagert wird. Nur bei hinreichend genauer Messapparatur und stabilen Hochdruckwetterlagen ist es möglich, diese Schwankungen ungestört zu beobachten. Wichtig ist die Messung des Luftdrucks in der Meteorologie, der Schiff- und der Luftfahrt.

Was das Mischungsverhältnis der Luft betrifft, so ist dies in allen Höhenlagen gleich. Der O₂-Partialdruck beträgt immer circa die Hälfte des herrschenden Luftdrucks. Im Bereich von 2000 bis 4000 m Höhe liegt der alveoläre PO₂ bei 50 mmHg, in 7000 m Höhe kann er auf 37 mmHg abfallen und in 8800m beträgt er ohne vorherige Akklimatisation nur mehr 25 mmHg.

Der hydrostatische Druck hingegen nimmt pro zehn Meter Wassertiefe um circa 1000 hPa zu. Beim Tieftauchen mit Atemanhalten hat sich somit in zehn Meter Tiefe der Druck bereits verdoppelt. Das erklärt wiederum, weshalb Schnorcheln nur bis zu einer Tiefe von 30 bis 35 cm möglich ist (www.wikipedia.de).

Es sind besonders drei physikalische Gesetze zu beachten:

- Das **Gesetz von Boyle-Mariotte**, welches aussagt, dass der Druck idealer Gase bei gleich bleibender Temperatur und gleich bleibender Stoffmenge umgekehrt proportional zu ihrem Volumen ist. Erhöht man den Druck auf irgendein Gas, wird durch den erhöhten Druck dessen Volumen verkleinert. Verringert man den Druck, so dehnt es sich wiederum aus.

Für $T = \text{const}$ und $n = \text{const}$ gilt dann:

$$p \sim \frac{1}{V} \quad p \cdot V = \text{const} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

- Das **Gesetz von Gay-Lussac**, das besagt, dass das Volumen idealer Gase bei gleich bleibendem Druck und gleich bleibender Stoffmenge direkt proportional zur Temperatur ist. Es dehnt sich also ein Gas bei Erwärmung aus und zieht sich umgekehrt bei Abkühlung zusammen.

Für $p = \text{const}$ und $n = \text{const}$ gilt somit:

$$T \sim V \quad \frac{V}{T} = \text{const} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

- Zuletzt das **Pascal'sche Gesetz**, das bestätigt, dass sich ein bestimmter Druck, der auf eine Flüssigkeit ausgeübt wird, in alle Richtungen gleich stark verteilt bzw. ausbreitet. Man spricht dann insofern von einem Stempeldruck, wenn ein Druck durch Krafteinwirkung auf die Begrenzungen des Flüssigkeitsvolumens ausgeübt wird. Dieser Druck führt infolge der elastischen Kräfte zwischen den Flüssigkeitsteilchen zu einer im gesamten Volumen konstanten Druckverteilung (SEIBT, 2001).

2.3 Einteilung der Barodontalgie

FERJENTSIK und AKER (1982) klassifizierten die Barodontalgie in vier Gruppen, basierend auf den Leitsymptomen nach klinischer und radiologischer Untersuchung und den daraus resultierenden Therapieanschlüssen.

Die Fédération Dentaire Internationale übernahm später diese Einteilung.

	Leitsymptom	Klinische Ergebnisse	Diagnose	Therapie
Klasse 1	plötzlich auftretender, heftiger Schmerz beim Aufstieg (Dekompression), allerdings asymptomatisch während Abstieg (Kompression) und danach	Karies oder insuffiziente Restauration, vitaler Zahn, RÖ zeigt keine apikale Pathologie	akute Pulpitis	temporär Zinkoxid-Eugenol-Zement, nach 14 Tagen suffiziente Endodontie und restaurative Versorgung
Klasse 2	dumpfer, pochender Schmerz beim Aufstieg, allerdings asymptomatisch während Abstieg und danach	tiefe Karies und ausgedehnte Restauration, vitaler oder devitaler Zahn, RÖ zeigt keine apikale Pathologie	chronische Pulpitis	suffiziente Endodontie oder Extraktion, wenn Zahn nicht erhaltungswürdig
Klasse 3	dumpfer, pochender Schmerz beim Abstieg, allerdings asymptomatisch während Aufstieg und danach	Karies und Restauration, devitaler Zahn, RÖ zeigt apikale Pathologie	nekrotische Pulpa	suffiziente Endodontie oder Extraktion, wenn Zahn nicht erhaltungswürdig
Klasse 4	Schwerer persistierender Schmerz nach Auf- oder Abstieg	Karies und Restauration, devitaler Zahn, RÖ zeigt apikale Pathologie	periapikaler Abszess oder Zyste	(chirurgische) Endodontie oder Extraktion, wenn Zahn nicht erhaltungswürdig

Weitere Möglichkeiten einer Einteilung entstanden durch ADLER (1964). Er differenzierte zwischen eingeschlossener Luft, entstanden durch eine zahnmedizinische Tätigkeit oder durch einen entzündlichen Prozess. Sowie durch STROHAVER et al. (1972), welcher einen direkten und einen indirekten Typ

unterschied. Diese Einteilung soll ebenso mit der folgenden Tabelle veranschaulicht werden.

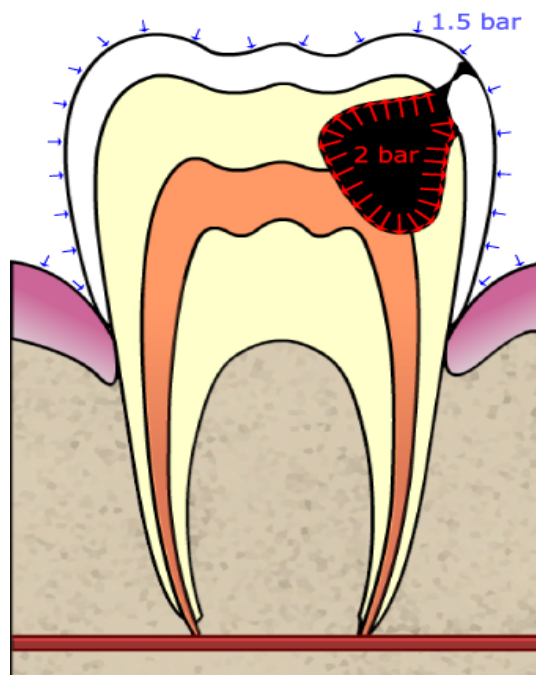
	Direkter Typ (bezogen auf eine Erkrankung der Pulpa mit oder ohne periapikaler Beteiligung)	Indirekter Typ
Genese	Pulpitis mit/ ohne apikaler Parodontitis	Barosinusitis, Barootitis Media
Erscheinen	<u>bei Pulpitis:</u> Schmerz beim Aufstieg <u>bei periapikaler Parodontitis:</u> Schmerz während Aufstieg und beim Landen	Schmerz während des Abstiegs und des Landens, welcher gewöhnlich anhält
Symptome	<u>bei irreversibler Pulpitis:</u> plötzlicher, stechender Schmerz <u>bei reversibler Pulpitis oder nekrotischer Pulpa:</u> beißend-dumpfer Schmerz <u>bei periapikaler Parodontitis:</u> kontinuierlicher, starker Schmerz mit Schwellung	Schmerz sitzt in der Prämolaren und Molaren Region
Anamnese	kürzlich zahnmedizinische Behandlung und dentale Sensibilitäten	akute Infektion im oberen Respirationstrakt oder St. p. Sinusitis
klin. Untersuchung	massiver Kariesbefall und defekte Restaurationen, akute Reaktion auf Kälte- und Klopfest	Druckempfindlichkeit und verstärkter Schmerz beim Hinunterbeugen des Kopfes
radiolog. Untersuchung	Karies bis zur Pulpa und/ oder Restaurationsgrenzen nah am Pulpenhorn, periapikale Aufhellung, insuffiziente Wurzelkanalbehandlung	Opazität im Röntgen sichtbar

2.4 Entstehung

2.4.1 Entstehungshypothesen

Im menschlichen Körper übernimmt die Eustachische Röhre des Innenohrs den Druckausgleich bei schwankendem Umgebungsdruck, um einem Barotrauma vorzubeugen. Durch Kontraktion des Musculus Tensor Veli Palatini und der Salpingopharyngeus Muskulatur, öffnet sich die Röhre und das Vakuum verschwindet nach Druckausgleich. Diese Funktion kann aber nur bei völliger Gesundheit erfüllt werden. Gesundheit herrscht bei Absenz von Schwellung, Entzündung und anderen pathologischen Prozessen, wie zum Beispiel Tumoren, vor.

Wird der Druckausgleich dagegen verhindert, steigt der Druck automatisch in den Hohlräumen an. Dies wiederum führt zu einer Kompression der umgebenden Gewebe und weiters zu Schmerzzuständen. Demzufolge läßt sich das Phänomen der Barodontalgie erklären. Hierbei wird ebenfalls aus verschiedenen Gründen ein Druckausgleich verhindert. Lufteingänge in kariösen Läsionen, unter Füllungen oder restaurativen Versorgungen sind somit mutmaßlich für das Auftreten dieser Erkrankung verantwortlich, wie die nachfolgende Grafik verdeutlichen soll.



Die Symptome einer Barodontalgie oder Barosinusitis basieren immer auf Gaseinschlüssen, welche den verschiedenen physikalischen Gesetzen unterworfen sind. Es gibt mehrere Hypothesen über deren Entstehung (KOLLMANN, 1993; WINGO, 1980).

1. Hypothese – Gaseinschlüsse durch entzündliches Geschehen:

Kleinere oder größere Gaseinschlüsse können entstehen, bei einer sich im Absterben befindlichen (gangränösen) Pulpa oder in einem apikalen Abszess, durch die bakterielle Zersetzung des Gewebes und vorbestehende Ischämie.

Gegebenenfalls kann unter kariösen Läsionen, die im Schmelz zwar winzig, aber im Dentin sehr ausgedehnt sind, an defekten Füllungsrandern und/ oder verschiedenen Restaurationen, Luft hin und her pendeln oder gar gefangen sein.

2. Hypothese – iatrogen verursachte Gaseinschlüsse:

Weiters kann es zu Lufteinschlüssen während der Durchführung der lateralen Kondensation im Rahmen einer regulären endodontischen Behandlung kommen bzw. wenn dabei unbeabsichtigt vitales Gewebe im Kanal belassen wird.

Auch nach chirurgischen Eingriffen, wie einer Wurzelspitzenresektion, verbleibt für einen gewissen Zeitraum Luft im Operationsgebiet, bevor diese resorbiert wird.

3. Hypothese – Gaseinschlüsse durch Diffusion:

Bei Piloten und bei Tauchern kann die eingeatmete Druckluft so stark sein, dass sie unter Restaurationen jeglicher Art gerät, in kariöse Läsionen vor-, aber vor allem direkt ins umgebende Weichgewebe eindringt, und dadurch dann Schmerzen auftreten. Besonders das Gas Helium hat die Fähigkeit ins Gewebe zu diffundieren. Allerdings ist hierbei zu erwähnen, dass die Gefahr von Einschlüssen deutlich sinkt, sobald die Mundstücke der jeweiligen Atemgeräte vorher individuell an seinen Benutzer/ seine Benutzerin angepasst wurden (CALDER und RAMSEY, 1983).

4. Hypothese – Gaseinschlüsse in verschlossenen Körperhöhlen:

Bei Sinusitiden bewirkt der Verschluss des Ostium Naturale, dass lange Zeit ein Abfluss bzw. das Abheilen des Entzündungsgeschehens verhindert wird. Auch in diesen Fällen sind dann Gaseinschlüsse die Folge und die lokalen Nozizeptoren werden stimuliert.

Insgesamt gesehen, werden durch die sich ausdehnenden oder komprimierten Gasblasen Nervenendigungen gereizt, was sich bei den Patienten und Patientinnen dann in den in der Einteilung nach FERJENTSIK und AKER (1982) beschriebenen Symptomen äußert.

SOGNNAES (1947) postulierte nach seinen Untersuchungen, dass besonders kariöse Läsionen, welche unter normalen Umständen (normalem Luftdruck) nicht die Tendenz zeigen, zur Pulpa fortzuschreiten, bei exponierten Menschen hingegen sehr wohl Probleme verursachen.

Barodontalgie tritt in einer Höhe von 3000 bis 12000m über dem Meeresspiegel oder aber ab einer Tauchtiefe von 10 bis 40m auf. Bezogen auf den herrschenden Druck, kommt es zu Symptomen, sobald man einer Bandbreite von + oder -1 Atmosphäre ausgesetzt ist. Ein nicht unwesentlicher Faktor ist dann ebenfalls, wie häufig bzw. regelmäßig der Patient/ die Patientin den wechselnden Drucken ausgesetzt ist (GONZALEZ-SANTIAGO et al., 2004).

HARVEY (1947) kam zu dem Schluss, dass es bei dem Genuss eisgekühlter Getränke zu einer stärkeren Abkühlung in der Mundhöhle kommt, als bei Flügen in großen Höhen. Daher liegt eine Kontraktion oder Expansion von metallenen Restaurationen bei Piloten zumindest gleich häufig vor, im Vergleich zur Normalbevölkerung. Folglich schloss er dies als mögliche Ursache einer Barodontalgie mit nachfolgender Odontocrexis aus

In der vorliegenden Literatur kontrovers diskutiert wird die Fähigkeit massiver Kaukräfte und Parafunktionen, an der Genese einer Barodontalgie mit beteiligt zu sein. Im Rahmen bestimmter Flugmanöver treten durchaus starke Kaukräfte auf und laut LURIE et al. (2007) ist Bruxismus unter Piloten eine häufige Parafunktion.

LURIE et al. (2007) stellten eine Inzidenz für Bruxismus bei 69% der Piloten fest, meist ausgelöst durch beruflichen Stress, und sie kamen zu dem Resultat, dass beim Vorliegen eines Bruxismus, nicht die berufsbedingt auf den Körper einwirkenden Erschütterungen, Vibrationen und Zentrifugalkräfte, die Barodontalgie induzieren.

Abschließend ist noch zu sagen, dass der allgemeinen Mundhygiene und der daraus resultierenden -gesundheit eine wichtige Rolle in der Prophylaxe zuzuschreiben ist (PLATZER und BRATSCHKO, 2007).

2.4.2 Phänomen der Barodontalgie an gesunden Zähnen

Als beachtenswert gilt, dass Barodontalgie nur dann eintritt, wenn ein oder mehrere Zähne in irgendeiner Weise vorgeschädigt sind und es zusätzlich zu stark wechselnden Drucken in der unmittelbaren Umgebung kommt (HOLOWATYI, 1996). Bei klinisch makro- und mikroskopisch gesunden Zähnen wurde dieses spezielle Krankheitsbild noch nie in der vorliegenden Literatur beschrieben.

Dennoch ist man sich in der Literatur nicht gänzlich einig, welche Rolle die Pulpa dabei wirklich spielt. ORBAN und RITCHEY (1945 und 1946), HARVEY (1947), SHILLER (1965) sowie FERJENTSIK und AKER (1982) proklamierten, dass Barodontalgie nur bei einer bereits bestehenden Pulpitis vorkommt. Unabhängig von eventuell undichten Restaurationen oder kariösen Läsionen, welche alleine wiederum nicht in der Lage sind, die Symptome auszulösen.

SOGNNAES (1947), SENIA et al. (1985), REYNOLDS und HUTCHINS (1946) und HODGES (1978) vertreten die Theorie, dass Barodontalgie durch jegliche Vorschädigungen, im speziellen jedoch (Sekundär-)Karies, eintreten kann. Einzige Grundbedingung für diese Autoren ist das Vorherrschen eines Überdruckes von mindestens 3 atm.

KOLLMANN (1993) konnte zwar in vier seiner untersuchten Fälle keine Pathologie nachweisen, vermutete aber dennoch eine starke Beteiligung der Pulpa.

2.5 Diagnostik

2.5.1 Charakterisierung des Barodontalgie-Schmerzes und Diagnosefindung

In einer Studie von O.G. CARLSON et al. (1983) wurden Schneidezähne von lebenden Ratten präpariert ohne die Pulpa zu eröffnen, sogleich mit Methylenblau angefärbt und je nach Gruppe auch mit Amalgam gefüllt. Die Tiere waren danach verschiedenen Drucken für 20 Minuten ausgesetzt worden. Anhand der abschließenden mikroskopischen Beurteilung, zeigte sich eine wesentlich stärkere Penetration des Farbstoffs und somit eine höhere Dentinpermeabilität unter den hyperbaren Bedingungen (+ 2,73 atm), als unter normalem Umgebungsdruck. Weiters erfolgte eine höhergradige Penetration, je mehr sich die Präparation der Pulpa näherte, was auf die physiologisch erhöhte Dentintubulanzahl zurückzuführen ist. O.G. CARLSON et al. (1983) kamen dadurch zu dem Schluss, dass Flüssigkeitsbewegungen in den Dentintubuli, unabhängig von einem vorhandenen Entzündungsgeschehen, jedenfalls zwei Arten von Schmerzen verursachen können. Einerseits einen stechenden, gut lokalisierbaren Schmerz, welcher schließlich durch Erneuerung der Restauration, nach vorheriger Applikation eines Pulpenschutzes, z.B. Kalziumhydroxid, beseitigt werden kann, weil die Pulpa noch nicht affektiert ist. Andererseits einen dumpfen, nicht lokalisierbaren, welcher aufgrund einer pulpalen Pathologie eine endodontische Behandlung notwendig macht.

SANGAL (1967) kam zu dem Ergebnis, dass einem plötzlichen, gut lokalisierbaren Schmerz während des Aufstiegs eine vitale, aber entzündete Pulpa zugrunde liegt. Währenddessen ein dumpfer Schmerz auf eine chronische Beteiligung hinweist. Denzufolge besitzt ein Zahn, der im Lauf des Abstiegs schmerzt bzw. bei normalen Druckverhältnissen persistierende Beschwerden macht, keine vitale Pulpa mehr, wobei in solchen Fällen wiederum immer die Differentialdiagnose Barosinusitis in Betracht zu ziehen ist.

Trotz dieser beiden genannten Untersuchungen bleibt es grundsätzlich schwierig, eine Barodontalgie und die ihr zu Grunde liegende Pathologie sicher zu diagnostizieren (ZADIK, 2009). Der Zahnarzt/ die Zahnärztin ist nämlich nicht in der Lage, die auslösenden Bedingungen zu provozieren.

Prophylaktisch muss jeder Zahnarzt/ jede Zahnärztin deshalb dazu angehalten werden, in der klinischen Untersuchung speziell auf Stellen freigelegten Dentins, kariöse Läsionen, frakturierte Höcker, defekte Füllungs- sowie Restaurationsränder zu achten. Weiters wird ein allgemeiner Vitalitätstest (durch Kälte, Hitze oder Elektrizität) dringend empfohlen. Bei bereits schmerzhaften Zähnen ist ein Klopfest (vertikal und horizontal) durchzuführen. Funktionell gesehen, sind Zeichen von Bruxismus zu erheben. Ergänzend dazu sind röntgenologische Aufhellungen, besonders periapikale, abzuklären (RAUCH, 1985).

Abschließend sollten bestehende Mund-Antrum-Verbindungen bzw. –Fisteln ausgeschlossen werden.

Ist die Erkrankung aber schon ein- oder sogar mehrmals aufgetreten, hilft neben der möglichst ausführlichen Beschreibung des Schmerzes besonders die Anamnese (war der Patient/ die Patientin kürzlich Veränderungen des Umgebungsdruckes ausgesetzt?) und die Lokalisation (am häufigsten ist der erste obere Molar betroffen). Hierbei ist es wichtig, auf die Möglichkeit einer gezielten Lokalanästhesie hinzuweisen, welche in der Diagnostik hilfreich sein kann, wenn der Patient/ die Patientin nur unsichere Angaben zur Lokalisation geben kann. Weiters wurde in seltenen Fällen in der vorliegenden Literatur beschrieben, dass die Symptomatik durch von den Patienten selbst ausgeführtes „Saugen“ am Zahn, was zu einer Extrusion führt, immens verstärkt wird (SENIA et al., 1985).

Die subjektiv beschriebenen Schmerzen reichen von hochakuten, sehr gut lokalisierbaren, welche schließlich handlungsunfähig machen, bis hin zu dumpfen, lang anhaltenden Irritationen. Dass die Barodontalgie die Entscheidungs- und Handlungsfähigkeit des Patienten/ der Patientin negativ beeinflusst, wurde in den Forschungen von GARCIA et al. (1992), ENGLE und LOTT(1979) und BRIZ (1993) besonders aufgezeigt.

Es ist weiters unterschiedlich, wann die Symptome nach Normalisierung des Umgebungsdruckes wieder verschwinden. Meistens persistieren sie noch für eine individuell verschieden lange Zeit (SENIA et al., 1985). Als gesichert gilt jedenfalls, dass, sofern die Ursache bzw. die Pathologie am Zahn nicht behoben wird, die

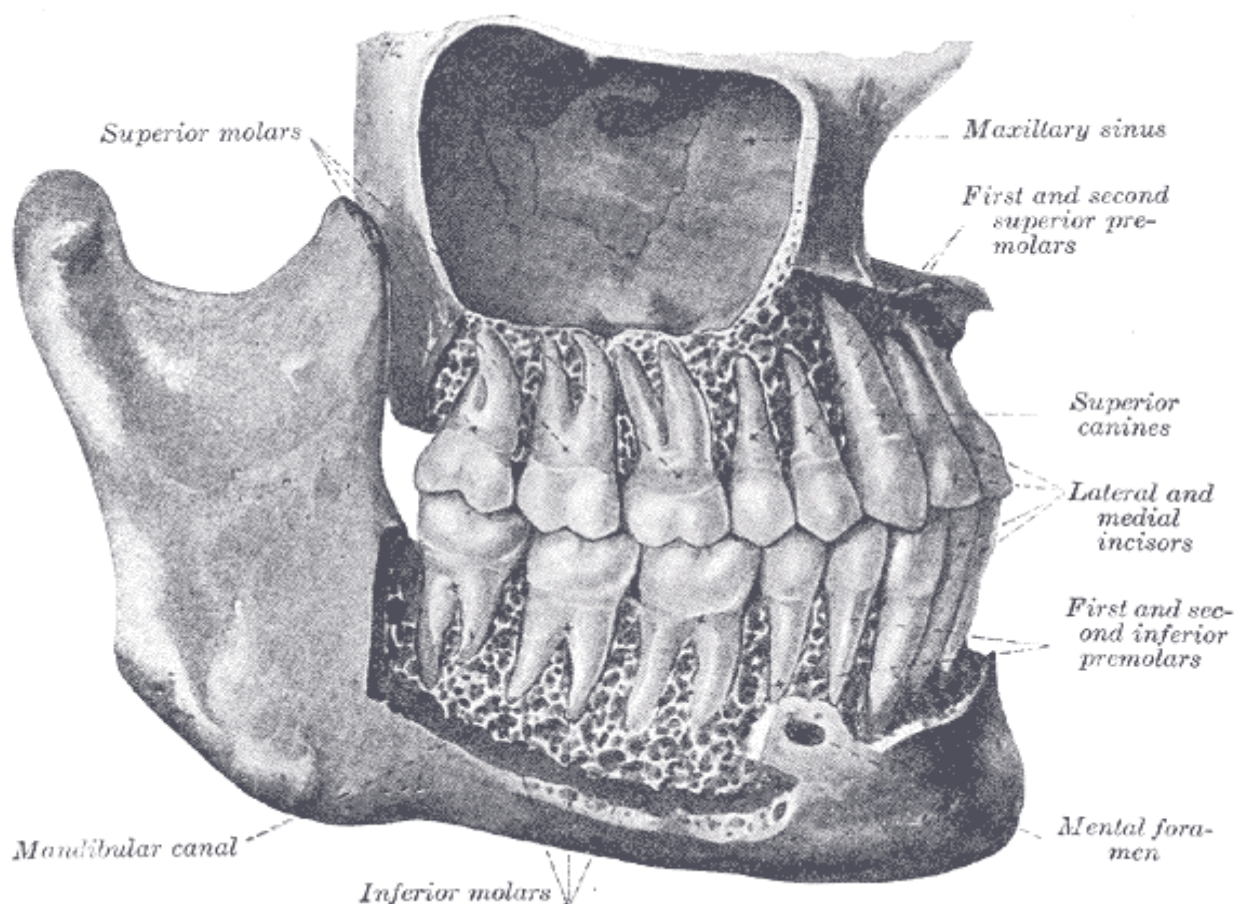
Schmerzen bei erneuten Druckschwankungen an der gleichen Stelle und mit derselben Intensität wieder auftreten.

2.5.2 Differentialdiagnose: Barosinusitis

Die Kieferhöhle besitzt, vereinfacht gesehen, die Form einer Pyramide. Sie variiert zwar stark in der Größe, ist jedoch mit 12 bis 15 cm³ die größte Nasennebenhöhle.

Der Boden des Sinus Maxillaris wird unter anderem vom Processus Alveolaris der Maxilla gebildet, was den besonders engen Kontakt der einzelnen Zahnwurzeln mit der Kieferhöhle erklärt. Es können bereits die Wurzeln der Eckzähne in den Sinus Maxillaris ragen, häufiger sind es jedoch die Prämolaren und Molaren.

Über den Hiatus Semilunaris (Ostium Naturale), welcher unter der Bulla Ethmoidalis liegt, steht sie mit der Nasenhöhle in Verbindung. Diese Öffnung dient weiters dem physiologischen Sekretabfluss. Bei einer Entzündung kommt es meist zu einem Sekretstau (WALDEYER, 2003).



Klinisch lässt sich eine rhinogene, viral bedingte, von einer dentogenen, durch Bakterien verursachte, Sinusitis unterscheiden. Wobei meist die eine Form die

andere bedingt und jede akut oder chronisch verlaufen kann. Bei der viral bedingten Form zeigen sich beide Kieferhöhlen betroffen, bei der bakteriellen Form ist das Geschehen auf eine Seite begrenzt. Sind neben den beiden Kieferhöhlen die restlichen Nasennebenhöhlen mitbeteiligt, handelt es sich um eine sogenannte Pansinusitis. Es besteht weiters die Möglichkeit einer Pilzerkrankung (Aspergillom) des Sinus Maxillaris, welche sehr häufig durch Fremdkörper bedingt ist. Im Orthopantomogramm stellt sich eine Sinusitis durch Verschattungen, Spiegelbildungen und unregelmäßig begrenzte Aufhellungen dar.

Die Barosinusitis entsteht durch die Stimulation der lokalen Nozizeptoren der ethmoidalen Arterien. Aufgrund des Gesetzes nach Gay-Lussac, expandiert das Gasvolumen in der Kieferhöhle oder es wird komprimiert, jeweils um ein Drittel seines ursprünglichen Volumens. Das bedeutet wiederum eine Aktivierung des trigemino-vaskulären Systems. Die Barosinusitis äußert sich sodann in einem (Kopf-) Schmerz in der orbitalen und supraorbitalen Region (ZADIK, 2009).

Der Begriff Barosinusitis beschreibt dieselben Symptome, wie sie auch bei der Barodontalgie auftreten. In ihrer Intensität verstärkt werden diese durch starke Veränderungen der Kopfposition, z. B. beim Hinunterbeugen. Wichtig ist allerdings zu erwähnen, dass in diesen Fällen keinerlei Pathologie an den Zähnen festgestellt werden kann.

Grundsätzlich hat diese Erkrankung eine vier- bis sechsmal geringere Häufigkeit als das Barotrauma des Ohres. Manchmal kommt es sogar vor, dass eine Barosinusitis nur den Sinus Frontalis betrifft (10%) (WEITZEL et al., 2008).

In der vorliegenden Literatur finden sich einige Autoren, die der Auffassung sind, dass in der Mehrheit der Fälle, eine Barosinusitis und nicht eine Barodontalgie, Ursache der Beschwerden ist (MUMFORD, 1982, REYNOLDS und HUTCHINS, 1946; SHILLER, 1965). Eine Barosinusitis ist allerdings immer unterscheidbar von einer Barodontalgie. RAUCH (1985) bewies, dass sich eine Barosinusitis nur beim Abstieg bemerkbar macht. Im Gegensatz zur Barodontalgie, die immer beim Aufstieg beginnt (SANGAL, 1967; REYNOLDS und HUTCHINS, 1946; STROHAVER et al., 1972). Dies ist deshalb der Fall, weil sich das Ostium Naturale beim Abstieg durch die negativen Druckverhältnisse verschließen kann. Durch den darauffolgend entstehenden Unterdruck im Sinus, werden die Schmerzen ausgelöst. Besonders

häufig geschieht ein solcher Verschluss, wenn anatomische Anomalien, wie eine Septumdeviation oder eine Concha Bullosa vorhanden sind (WEITZEL et al., 2008).

In Fällen einer Barosinusitis bringt meistens das Valsalva-Manöver eine Erleichterung. Dieses Manöver besteht aus einem Nasenblasversuch, welcher zu einem Druckausgleich führen soll. Beide Nasenlöcher werden durch Druck mit zwei Fingern verschlossen und man bläst dabei an, wie zum Schnäuzen.

2.6 Studien zu Häufigkeit, Prädisposition und gefundener Pathologie

Grundsätzlich treten ein Barotrauma und infolgedessen die Barodontalgie und die Barosinusitis mit niedriger Prävalenz auf (1,5 bis 4%). Trotzdem werden besonders in den letzten Jahrzehnten immer mehr Fälle bekannt. Mittlerweile gibt es viele militärische Einrichtungen und auch Fluggesellschaften, die Mundgesundheitsuntersuchungen für ihre Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen anbieten oder gar zur Pflicht machen. Daher hat sich schon rein statistisch gesehen die Häufigkeit erhöht.

Ergänzend dazu wurde festgestellt, dass sich der Trekkingsport in größeren Höhen immer größerer Beliebtheit erfreut und somit werden auch dort häufig neue Fälle bekannt.

Eine Befragung von fliegenden Heeresangestellten durch ZADIK et al. (2007) zeigte eine Inzidenz von circa 8% (1 Fall / 100 flight-years). Eine Barosinusitis trat bei 18,5% der Befragten auf. In 40% der Fälle lag eine Pulpitis vor und ca. 20% waren auf eine periapikale Parodontitis zurückzuführen. ZADIK et al. (2007) kamen wie ihre Vorgänger zu dem Ergebnis, dass Prophylaxe die Inzidenz und Schwere der Barodontalgie absinken lässt.

REYNOLDS et al. (1946) beschrieben in ihren Forschungsergebnissen eine Häufigkeit von 4%.

STROHAVER (1972) vertrat die Meinung, dass die Häufigkeit seit dem Zweiten Weltkrieg, aufgrund von Modernisierungen in der Luftfahrt, im Sinken begriffen ist. Weiters sah er, dass es keine Fälle gegeben hat, in denen Astronauten betroffen waren, obwohl diese ebenfalls in künstlich druckstabilisierten Räumen ihrer Arbeit nachgehen.

SENIA et al. (1985) postulierten, dass der Barodontalgie, wenn keine Sinusitis vorherrscht, eher ein Zahn mit akuter oder chronischer Pulpitis zugrunde liegt, als ein bereits endodontisch vorbehandelter. Er untersuchte einen Fall von Barodontalgie, welcher während eines simulierten Flugs auftrat, und einen anderen, welcher einen realen Flug betraf. Beim ersten wurde der Patient, aufgrund der guten

Lokalisierbarkeit sofort erfolgreich behandelt. Beim letzteren gestaltete sich die Therapie schwieriger und Rezidive traten auf, daher beschrieben SENIA et al. (1985) die Probleme in der Diagnosefindung.

KOLLMANN (1993) beobachtete in seiner Untersuchung von simulierten Flügen lediglich eine Häufigkeit von 0,26%. Ursache war entweder eine chronische Pulpitis (in 22 von 28 Fällen) oder eine Sinusitis (2 Fälle). Er wies dennoch auf die Möglichkeit hin, dass die geringe Häufigkeit mitunter auf unehrliche Auskünfte zurückzuführen ist. Da die Befragten die Befürchtung hatten, aufgrund der Erkrankung ihre Arbeitsstelle zu verlieren.

Nach einer kausalen Therapie blieben all seine Patienten beschwerdefrei (0% Rezidive).

Die Forschungsergebnisse von GONZALEZ-SANTIAGO et al. (2004) sprechen von einer Prävalenz von 3%. Genauer gesagt, sprechen sie von 2,63% in realen Flügen und 0,2% in durch eine Druckkammer simulierten Flügen. Was beweist, dass künstlich erzeugter Druck weniger Auswirkungen hat, als der Natürliche. Mit 61,5 % war der erste obere und untere Molar die Hauptlokalisation.

GONZALEZ-SANTIAGO et al. (2004) untersuchten hierbei zusätzlich einen positiven Zusammenhang zu schlechter Mundhygiene. Die Erkrankten wiesen zwar einen höheren DFT-Index (decayed and filled teeth-Index) auf, jedoch hatten sie eine geringere Zahl an fehlenden Zähnen. Patienten/ Patientinnen, die an einer mehr oder weniger massiven Parodontitis litten, zeigten keine vermehrte Prädisposition. Sie kamen weiters zu dem Ergebnis, dass sich zusätzlicher Stress, der das eigene Immunsystem schwächt, auf dem Gebiet der Barodontalgie verstärkend auswirkt. Bewiesen wurde dies durch die Tatsache, dass die Häufigkeit der Erkrankung bei Piloten höher ist, im Vergleich zum Vorkommen beim restlichen Flugpersonal.

Abschließend zeigte die Studie noch den Fakt, dass die Piloten eher Beschwerden hatten, in Flugzeugen mit Druckausgleich (Druckkabinen).

Zum selben Resultat kam 1996 schon HOLOWATYI.

Im Gegensatz dazu beschrieb die Fallstudie von ZADIK (2006) einen Patienten, der nur im Flugzeug mit Druckausgleich Beschwerden hatte. Nicht aber bei Helikopterflügen in gleicher Höhe.

GOETHE et al. (1989) erwiesen auf umgekehrten Weg, dass der hohe barometrische Stress und die Barodontalgie bei Kampftauchern, aufgrund der direkteren Einwirkung der Druckschwankungen, bezogen auf den gesamten Körper, eine signifikant schlechtere Mundgesundheit auslöst, als beispielsweise bei ihren U-Boot-Kollegen. Der untersuchte Zeitraum betrug neun Jahre und GOETHE et al. (1989) bewiesen später ihre Ergebnisse mit einer nachfolgenden zehn Jahre dauernden Studie, welche zu denselben Resultaten führte. An Tauchern präsentierte sich eine 300%ige Zunahme bezüglich des Zahnverlustes und eine 900%ige in Hinsicht auf Kronenrestorationen. Im Unterschied dazu erlitten die U-Boot-Kollegen lediglich einen Anstieg um 186% in Bezug auf verloren gegangene Zähne und um 375% betreffend die Sanierungsnotwendigkeit.

Weiters versuchten sie andere Wissenschaftler anzuregen, die Langzeitfolgen der Barodontalgie aufzuzeigen.

Welche Auswirkungen das Tauchen insgesamt auf die maxillo-faciale Region hat, wurde von BRANDT (2004) untersucht. Auch er bestätigte das hohe Risiko, das Barodontalgie mit sich bringt und wollte das Bewusstsein bei Zahnärzten/ Zahnärztinnen wecken.

MILLAR (1996) gab nach seiner Erforschung der „Taucherkrankheit“ (decompression sickness), Empfehlungen für das Verhalten für das Fliegen nach Tauchgängen. Ihn interessierten im Besonderen nur solche Fälle, in denen sich erst im Flugzeug durch Druckschwankungen Symptome äußerten, welche dann maxillo-faciale Auswirkungen hatten. Außerdem erstellte er demnach Richtlinien dafür, wie der Aufstieg erfolgen sollte.

Die umfangreiche Studie von AL-HAJRI und AL-MADI (2006), welche die Häufigkeit für 262 Flieger und Taucher, mit dem durchschnittlichen Alter von 33 Jahren, in Saudi Arabien und Kuwait ermittelte, resultierte in einer Inzidenz für 49,6% für Flugpersonal und 17,3% für Taucher (insgesamt: 33,6%). Wobei sich das Vorkommen potenzierte, bei Personen, die beiden Tätigkeiten nachgingen (40%) und weiters bei 21,4% der Befragten die Barodontalgie nicht das erste Mal aufgetreten war.

Insgesamt suchten 81,8% der Befragten für eine sofortige Behandlung einen Zahnarzt auf. Dennoch konnten Rezidive bei 16,4% der Piloten und 25% der Taucher festgestellt werden.

Sie bestätigten erneut, dass sich die Symptome der Barodontalgie bei Fliegern häufiger im Aufstieg (31,2%) und bei Tauchern eher im Vorgang des Abtauchens (13,4%) zeigen.

Die Konklusion der Untersuchung beschreibt eine höhere Rate dieser Erkrankung im Gegenstück zu HODGES (1978) und GONZALEZ –SANTIAGO et al. (2004).

Zu ähnlichen Resultaten wie GOETHE et al. (1989) und AL-HAJRI und AL-MADI (2006) gelangte auch WEINER (2002). Er kam weiters zu dem Schluss, dass Personen, welche regelmäßig starken Druckschwankungen ausgesetzt sind, häufiger an Barodontalgie erkranken. Außerdem gibt WEINER (2002) in seiner Studie Auskunft über anamnestisch relevante Fragen und kommt mit anderen Autoren überein, dass sich die Therapie rein kausal gestaltet.

FERJENTSIK und AKER (1982) untersuchten 42 Fälle retrospektiv und kamen somit auch zu dem Ergebnis, dass Barodontalgie häufiger (70%) in der Phase der Dekompression auftritt. Mit 38% die häufigste Ursache, war eine chronische Pulpitis. Gefolgt von 26% mit einer akuten Pulpitis und 10% mit einer periapikalen Parodontitis.

Mehrere Studien, z.B. von FERJENTSIK und AKER (1982), zeigten, dass zu über 90% die posterioren Zähne betroffen sind. Wahrscheinlich aufgrund des kleiner werdenden Pulpenkavums, welches wiederum die Pulpa in ihrer Adaptationsfähigkeit einschränkt, Mit 60%iger Wahrscheinlichkeit reagiert die Maxilla häufiger, als die Mandibula (40%).

Im Gegensatz zur Studie von GONZALEZ-SANTIAGO et al. (2004) in welcher Maxilla und Mandibula fast gleich häufig Beschwerden aufwiesen.

SOGNNAES (1946) bestätigte, dass belassene, kariöse Läsionen ein hohes Risiko in sich bergen, früher oder später eine Barodontalgie auszulösen.

Die Studie, ausgeführt von K.M. LYONS et al. (1999) bestand darin, dass extrahierte Zähne mit Verblendmetallkronen versehen wurden. Der Unterschied in den zwei Testgruppen bezog sich hierbei auf den verwendeten Befestigungszement.

[Zinkphosphatzement wird in der Zahnheilkunde bereits seit 1879 verwendet und ist somit insgesamt gesehen eines der am häufigsten gebrauchten Befestigungsmaterialien. Er gilt als Standardmaterial mit guten Qualitäten, wobei Pulpairritationen durch die Phosphorsäure und die hohe Löslichkeit zu seinen Nachteilen gehören.

Glasionomerzemente wurden 1971 von WILSON und KENT entwickelt. Im Gegensatz zu Zinkphosphatzementen sind sie kariostatisch und haften am Schmelz und am Dentin, aber auch an Gold. Sie sind nur gering löslich und weisen eine gute Druckfestigkeit auf. Einziger Nachteil besteht in der möglichen Schwächung bei Zutritt von Feuchtigkeit während der Erhärtung. (PANMEIJER JAN H.N., 1985)]

Danach wurden die Zähne 15 Mal für drei Minuten 3 atm Über- und Unterdruck ausgesetzt, was einen Tauchgang von 30 Metern Tiefe simulierte. Abschließend maß man die nötige Abzugskraft. Es ergab sich, dass Kronen, welche mit Zinkphosphatzement befestigt waren, signifikant leichter als Kronen, welche mit Glasionomerzementen fixiert waren, wieder zu entfernen waren.

K.M. LYONS et al. (1999) führten dies darauf zurück, dass die Mikroporositäten, die beim Anmischen des Zinkphosphatzements entstehen, besonders auf den Druckunterschied reagieren und somit seine innere Festigkeit zerstören. Der Glasionomerzement dagegen, erwies sich als eher flexibel und dadurch widerstandsfähiger.

In seltenen Fällen ist es möglich, dass der resultierende Druck so stark ist, dass der Zahn regelrecht frakturiert (Odontocrexis). CALDER und RAMSEY (1983) demonstrierten in ihrer Studie an extrahierten Zähnen, dass eher die Zahnschubstanz selbst und nicht eine Restauration bricht. 86 Zähne wurden zwei Minuten mit einem Druck von 10350 hPa belastet und es zeigte sich, dass insbesondere Zähne mit defekten Versorgungen frakturierten. Das Ergebnis korreliert somit mit in-vivo-Beobachtungen, wo die fraktur anfälligsten Zähne, solche mit Sekundärkaries waren.

ROBICHAUD und MCNALLY (2005) bewiesen, dass die Intensität, mit der eine Barodontalgie auftritt, und ihre Folgen mit der Zeitspanne, in welcher man dem

barometrischen Stress ausgeliefert ist, korrelieren. Sie stimmen ebenfalls mit LYONS et al. (1999) überein, dass bestimmte Befestigungszemente durch Druckschwankungen geschwächt werden. Abschließend wiesen sie auf die Wichtigkeit der Prophylaxe hin.

In der Literatur wurden, aufgrund der untersuchten Berufsgruppen, insgesamt sicherlich mehr Männer untersucht, dennoch gibt es keinen Hinweis darauf, dass das Geschlecht für die Erkrankungen Barodontalgie und Barosinusitis eine Rolle spielt. Außerdem ist das Alter nicht von entscheidender Bedeutung (AL-HARI und AL-MADI, 2006).

2.7 Prophylaxeempfehlungen und Therapiekonzept

Bei den Erkrankungen Barodontalgie und Barosinusitis liegt das Hauptaugenmerk auf der Aufklärung und der prophylaktischen Behandlung. Sobald eine nahezu perfekte Mundhygiene und eine vollständige Sanierung des Gebisses vorherrschen, sinkt das Erkrankungsrisiko immens ab (ROBICHAUD und MCNALLY, 1999).

Es ist also vom Zahnarzt/ von der Zahnärztin auf die Motivation des Patienten/ der Patientin besonderen Wert zu legen.

Grundsätzlich sind Patienten/ Patientinnen darauf hinzuweisen modernes „energy-food“ und vor allem „energy-drinks“ zu meiden, um den Körper durch eine ausgewogene Ernährung fit gegen jeglichen Stress zu machen. Stressmanagement im Beruf wirkt sich ebenfalls positiv aus. Weiters sollen sie besonders bei (berufsbedingten) Zeitzoneüberschreitungen zu einer dennoch regelmäßigen Mundhygiene angehalten werden (ZADIK, 2009).

Die eigentliche Therapie richtet sich aber immer nach den klinischen Manifestationen und sie fällt umso leichter, je besser der Patient/ die Patientin den Schmerz zu lokalisieren im Stande ist (SENIA et al., 1985, MILLAR, 1996). Wenn ein Patient/ eine Patientin erkrankt, muss unbedingt die Pathologie und somit die Ursache behoben werden. Dies umfasst somit sämtliche zahnmedizinisch notwendigen Tätigkeiten, beginnend von der konservativen und endodontischen über die prothetische bis hin zur chirurgischen Zahnheilkunde (FERJENTSIK und AKER, 1982; ROUBICHAUD und MCNALLY, 2005; HOLOWATYI, 1996; WINGO, 1980, SENIA et al., 1997).

Beispielsweise müssen kariöse Läsionen vollständig entfernt und gegebenenfalls vor der definitiven Füllung mit einem Unterfüllungsmaterial versorgt werden. Am idealsten erweisen sich auch hier eugenolhaltige bzw. kalziumhydroxidhaltige Unterfüllungszemente. Von Methoden der indirekten sowie der direkten Überkappung wird vehement abgeraten (ROUBICHAUD und MCNALLY, 2005).

ZADIK (2009) spricht sich dafür aus, Metall-Füllungen gegen Kunststoffrestaurationen auszutauschen, da sie elastischer sind und es so zu keiner weiteren Druckerhöhung auf das Pulpenkavum kommt.

Bei endodontischen Behandlungen sind Lufteinschlüsse durch den Vorgang der lateralen Kondensation tunlichst zu vermeiden.

Es empfiehlt sich kunststoffverstärkte Glasionomerezemente bei der Befestigung prothetischer Arbeiten zu verwenden, da sie sich als elastisch genug gegenüber Druckschwankungen zeigen.

Erweist sich ein Zahn als nicht mehr erhaltungswürdig und bestehen Mund-Antrum-Verbindungen, ist der Patient/ die Patientin unverzüglich dem Chirurgen vorzustellen. Um einer Sinusitis vorzubeugen bzw. sie auszuheilen, sind tägliche Spülungen notwendig, so lange bis die Spülflüssigkeit klar ist. Weiters benötigen die Patienten abschwellende Nasentropfen und eine antibiotische und antiphlogistische Therapie.

Kontrovers diskutiert wird die Applikation eines lokalen oder peroralen Vasokonstriktors oder eines Kortisonpräparates, als prophylaktische Maßnahme, wenn vor einer Abheilung das Besteigen eines Flugzeugs unumgänglich ist. Wird eine Allergie vermutet, so ist die Anwedung von Antihistaminika indiziert.

Kieferhöhlenverschlüsse bedingen für den Patienten/ die Patientin dann automatisch ein Schnäuz- und Flugverbot für zwei bis drei Wochen. Kommt es durch die konservative Behandlung zu keiner Ausheilung der Sinusitis bzw. wird diese chronisch, so zeigt sich besonders die functional endoscopic sinus surgery (FESS) erfolgreich. Mit ihr kann durchaus eine Berufsuntauglichkeit abgewendet werden (WEITZEL, 2008).

Vermutet man eine Barosinusitis und bringt man diese nicht mit den konservativen Maßnahmen zur Ausheilung, ist eine Überweisung zum HNO-Facharzt angezeigt.

Bei potentiellen Entzündungsherden, wie z. b. retinierten Weißheitszähnen, ist eine frühzeitige Extraktion indiziert (GONZALEZ-SANTIAGO, 2004).

Antibiotika sollten nur dann eingesetzt werden, wenn ein Entzündungsgeschehen nicht anderweitig beseitigt werden kann. Auch auf Analgetika ist nur sparsam zurückzugreifen (GONZALEZ-SANTIAGO, 2004).

Insgesamt wird vor einem Overtreatment gewarnt. Als Zahnarzt/ Zahnärztin läuft man nämlich nur allzu leicht Gefahr einen Zahn frühzeitig zu Devitalisieren, aus der Angst

des Patienten/ der Patientin heraus, der Schmerz könnte erneut wiederkehren (GONZALEZ-SANTIAGO et al., 2004).

ZADIK (2009) spricht sich generell für einen nicht allzu konservativen Zugang in der Therapie aus. Er tendiert mehr zu radikalen Behandlungsschritten. Weiters hält er besonders Flugpersonal dazu an, ihren Beruf für die Zeit der Ausheilung niederzulegen, denn für sie besteht die Gefahr ein Emphysem, einen Pneumocephalus oder eine Meningitis zu entwickeln. Sogar die Erblindung kann folgen.

Höhenbergsteiger neigen besonders zur Entwicklung einer (Stress-)Gingivitis, verstärkt durch die tiefen Temperaturen und die großen Belastungen, welche auf den gesamten Körper einwirken. Auch bei anderen Extremsportlern hat die verstärkte Mundatmung negative Einflüsse, denn dadurch kommt es vermehrt zu Austrocknung und Hypersensibilitäten im Bereich der Zahnhäule.

Bezüglich einer besseren Mundhygiene sollte der Patient/ die Patientin täglich mit 0,2%igen Chlorhexidindigluconatlösungen spülen, sowie 1%iges Chlorhexidindigluconatgel applizieren. PLATZER und BRATSCHKO (2007) kamen bei ihrer Empfehlung zu dem Schluss, dass diese beiden Maßnahmen sich für die meisten Patienten/ Patientinnen als leicht durchführbar erweisen, und sie zeigten somit, dass es besonders in Extremsituationen, wie sie beim Bergsport auftreten, noch möglich ist, einer Erkrankung vorzubeugen. Denn laut manchen Expeditionsberichten, existieren nur aus der Not geborene, abenteuerliche Behandlungsvorschläge für zahnmedizinische Probleme.

Die Fédération Dentaire Internationale empfiehlt, dass Patienten und Patientinnen mindestens 24 Stunden nach einer Zahnbehandlung und eine Woche nach chirurgischen Eingriffen abwarten sollten, ehe sie sich an Bord eines Flugzeugs oder auf einen Tauchgang begeben.

STROHAVER et al. (1972) sprechen sogar von 48 bis 72 Stunden. Diese Maßnahme verhindert unter anderem einen frühzeitigen Verlust des Blutkoagels mit eventueller Nachblutung, das Auftreten eines Emphysems und generell wird einer, bei der Ausübung des Berufs störenden Schwellung Zeit zur Abheilung gegeben. Es zeigen sich darüber hinaus positive Effekte auf die Wundheilung (ZADIK, 2009).

Hält man sich nicht an diese Vorgaben steigt das Barodontalgierisiko (MILLAR, 1996).

Abschließend sind laut der Fédération Dentaire Internationale und ZADIK (2006) regelmäßige Recalls sinnvoll. Ein Patient/ eine Patientin gilt dann als „geheilt“, wenn die Symptome der Barodontalgie bei ihm/ ihr nicht mehr auftreten. Selbst wenn er/ sie sich mehrmals den auslösenden Bedingungen erneut aussetzt.

Ein Ignorieren oder nicht behandeln der Barodontalgie stellt für die Patienten ein hohes Risiko dar, weil die Symptome der Erkrankung rezidivieren werden und somit die Patienten in lebensgefährliche Situationen geraten können. Zusätzlich besteht die Möglichkeit unbeteiligte Dritte zu gefährden.

Für den erkrankten Zahn können erneute Druckschwankungen, wie bereits erwähnt, zur Fraktur und somit zum Verlust desselben führen (CALDER und RAMSEY, 1983; SELTZER und BOSTON, 1997). Besonders ZADIK et al. (2006) beschrieben zwei Fälle von Zahnfrakturen.

Bleibt eine Barosinusitis unbehandelt, läuft der Patient/ die Patientin Gefahr ein subkutanes oder ein orbitales Emphysem, einen Pneumocephalus oder eine Meningitis zu entwickeln und sogar die Erblindung kann folgen. Berufsunfähigkeit ist dann generell die Folge.

Für den Zahnarzt/ die Zahnärztin gilt es wie immer eine möglichst exakte Dokumentation durchzuführen, um frühzeitig einzuschreiten bzw. um forensisch abgesichert zu sein.

3) *Konklusion*

Eine Grundbedingung für das Auftreten eines Barotraumas, ist die Schwankung des Umgebungsdruckes um mindestens 1 Atmosphäre. Grundsätzlich treten eine Barodontalgie und eine Barosinusitis in einer Höhe von 3000 bis 12000m über dem Meeresspiegel oder aber ab einer Tauchtiefe von 10 bis 40m auf. Der Großteil der Barodontalgiefälle wird, alters- und geschlechtsunabhängig, durch eine Pulpitis des ersten oberen und unteren Molaren ausgelöst.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass nicht nur die Art der Vorschädigung eines Zahnes, wie zum Beispiel eine kariöse Läsion, eine defekter Füllungsrand, ein potentieller Entzündungsherd oder ein Zahntrauma, sondern ebenso das jeweilig verwendete Füllungsmaterial, Auswirkungen auf Häufigkeit und Ausmaß einer Barodontalgie haben. Zähne mit (Sekundär-)Karies zeigen gehäuft das Phänomen der Odontocrexis, das heißt einen Bruch der Zahnschicht, wenn die Karies unbehandelt bleibt.

Eine Barodontalgie tritt nicht an gesunden Zähnen auf.

Die subjektiv beschriebenen Schmerzen reichen von hochakuten, sehr gut lokalisierbaren, welche schließlich handlungsunfähig machen, bis hin zu dumpfen, lang anhaltenden Irritationen.

Der Status der individuellen Mundhygiene zeigt ebenfalls einen positiven Zusammenhang zum Auftreten einer Barodontalgie.

Obwohl beide Berufsgruppen, Piloten und Taucher, sich immensen Druckschwankungen aussetzen müssen, weist das Flugpersonal eine höhere Inzidenz der Barodontalgie und Barosinusitis auf. Im Gegensatz dazu besitzen die Taucher den schlechteren Zahnstatus, was den DFT-Index angeht. Flieger erleben die Erkrankung häufiger im Aufstieg, bei Tauchern ist jedoch eher der Vorgang des Abtauchens Auslöser der Schmerzen. Es besteht weiters ein Unterschied im Auftreten, je nachdem ob es sich um natürlichen oder künstlich erzeugten Druck handelt.

Weiters sollte jeder Zahnarzt/ jede Zahnärztin beim Befestigen neuer Restaurationen, egal welchen Ausmaßes, darauf achten, nicht einen herkömmlichen Zinkphosphatzement zu verwenden. Kunststoffverstärkter Glasionomerzement hingegen erweist sich als Material der Wahl, weil er insgesamt elastischer ist.

Anamnestisch relevante Fragen sind, solche die Auskunft geben über den Charakter und die Lokalisation des Schmerzes und ob der Patient/ die Patientin kürzlich Veränderungen des Umgebungsdruckes ausgesetzt war.

Die Barosinusitis entsteht durch die Stimulation der lokalen Nozizeptoren der ethmoidalen Arterien. Sie ist allerdings immer unterscheidbar von einer Barodontalgie, weil sie nur im Vorgang des Abstiegs auftritt und keinerlei Pathologie an den Zähnen feststellbar ist.

Die Therapie sollte zum Großteil aus prophylaktischen Maßnahmen bestehen und sie gestaltet sich rein kausal, wenn die Erkrankung bereits aufgetreten ist. Regelmäßige Recall sind durchzuführen. Stressmanagement wirkt sich positiv auf eventuell vorhandene Dysfunktionen (Bruxismus) aus. Nach einer Behandlung ist 24h bis eine Woche lang ein Flug- und Tauchverbot einzuhalten.

Eine unbehandelte Barodontalgie bzw. Barosinusitis führt für den Zahn zur Odontocrexie und für den Patienten/ die Patientin gehen die Auswirkungen bis hin zu einer Berufsunfähigkeit.

4) Vorschläge für weiterführende Forschung

Ich entschied mich für diese Art und diesen Umfang der Diplomarbeit, jedoch könnte man durchaus dazu andere Möglichkeiten ausschöpfen, um das Bewusstsein für den schädlichen Einfluss von Luftdruckschwankungen zu schärfen und die Thematik noch ausführlicher zu ergründen.

Beispielsweise könnte man Krankenakten von Zahnärzten und Zahnärztinnen in der Nähe von Bergstationen nach eventuellen Vorkommnissen von Fällen von Barodontalgie retrospektiv analysieren.

Weiters würde es sich meiner Meinung nach ebenfalls als wichtig erweisen, Tauch- und Fluggesellschaften, sofern diese eine medizinische Dokumentation über ihre Mitarbeiter durchführen, zu kontaktieren und dann gegebenenfalls Patienten und Patientinnen zu befragen und gegebenenfalls zu untersuchen. Auf diesen zwei Gebieten sollte sich dadurch besser verifizieren lassen, ob die Barodontalgie wirklich häufiger auftritt, wenn jemand innerhalb kurzer Zeiträume geflogen, dann einen oder mehrere Tauchgänge absolviert hat und wiederum geflogen ist, und sich somit enormen positiven und negativen Drucken ausgesetzt hat.

An Krankenhäusern, die über eine Druckkammer, beispielsweise zur hyperbaren Sauerstofftherapie, verfügen, könnte man deren Mitarbeiter und die Patienten befragen.

Im Bereich des Sports würde es sich anbieten, entweder einzelne (Extrem-)Sportler, wie die bekannte Österreicherin Gerlinde Kaltenbrunner, oder auch die Mitglieder ganzer Vereine, wie die des Österreichischen Skiverbandes, zu befragen und zu untersuchen. Da ja deren Gesundheitszustand ohnehin routinemäßig durchgecheckt wird.

Als letzten Vorschlag könnten auch Patienten und Patientinnen, die sich in einer laufenden kieferorthopädischen Behandlung befinden, auf ein Barodontalgierisiko gescreent werden.

Ausblick und Zukunft(-swünsche)

Sollten sich also der Tauchsport und das Höhentrekking bzw. -bergsteigen weiterhin immer größerer Beliebtheit erfreuen und sollten militärische Einrichtungen immer genauer die Fitness ihrer Mitglieder untersuchen, dann wird auch die Barodontalgie und die Barosinusitis häufiger dokumentiert und hoffentlich beachtet werden.

Mit meiner Diplomarbeit möchte ich, wie meine Vorgänger, bei Patienten und Patientinnen, vor allem aber bei Zahnärzten und Zahnärztinnen ein besseres Bewusstsein für die Problematik der Barodontalgie und der Barosinusitis schaffen.

Es wäre nur zum Vorteil aller Betroffenen, würde man im Hinblick auf diese Erkrankungen prophylaktisch untersucht und gegebenenfalls dann frühzeitig therapiert werden. Das Thema Barodontalgie sollte besonders bei beruflich exponierten Personen nicht unterschätzt werden. Vor allem dann nicht, wenn das Risiko einer Einschränkung der Handlungsfähigkeit in lebensbedrohlichen Situationen besteht und unbeteiligte Dritte gefährdet werden.

Umgekehrt kann vielleicht in kommenden Zeiten die Barodontalgie, dazu genutzt werden Karies oder defekte Restaurationsränder frühzeitig zu diagnostizieren und damit früher zu therapieren.



5) Literaturverzeichnis

Adler H.F., dysbarism, usafsam aeromedical review, 1(64): 6-12 (1964)

Al-Hajri W., Al-Madi E., prevalence of barodontalgia among pilots and divers in Saudi Arabia and Kuwait, saudi dent j. 18: 134-140 (2006)

Bergin K. G., aviation medicine: its theory and applicatio, p 209. Baltimore: Williams and Wilkins (1949)

Berilgen M. S., Mungen B., headache associated with airplane travel: report of six cases, cephalalgia 26: 707-711 (2006)

Bierman H. R., Brickman I. W., the relationship of dental malocclusion to vacuum-otitis media and the use of dental splints during descent from altitudes, ann otol rhinol laryngol 55: 5-12 (1946)

Brandt M.T., oral and maxillo-facial aspects if diving medicine, mil med. 169(2): 137-41 (2004)

Briz F.J., Recomendaciones del grupo de trabajode servicios dentales de la euromed sobre "limitacion de la administracionde farmacos y/o la realizacion de procedimientos quirurgicos habituales en la practica dental", MM 49:371-374 (1993)

Boggia R., the ups and downs of barodontalgia, br dent j. 184: 99 (1998)

Calder I.M. und Ramsey J.D., odontocrexis - the effects of rapid decompression on restored teeth, j. dent 11(4):318-323 (1983)

Carlson O.G., Halverson B.A., Triplett R.G:, dentin permeability under hyperbaric conditions as a possible cause of barodontalgia, undersea biomed res. 10(1): 23-8 (1985)

Clark J. B., risk assessment and clinical aeromedical decision-making, *aviat space environ med* 64: 741-747 (1993)

DeVoe K., Motley H.L. aerodontalgia, *dent dig* 51:16-18 (1945)

Dimas-Aruti F. M., aviation dentistry, *dent surv* 25: 357 (1949)

Eidelman D., vertigo of dental origin: case reports, *aviat space environ med* 52: 122-124 (1981)

Ellingham H. K., dentistry in the military, *br dent j.* 193: 427-428 (2002)

Engle E., Lott A., man in flight, biomeical achievements in aerospace, leeward publications, *j. of clinical engineering*, jan-mar (4) (1979)

Ferjentsik E. und Aker F., barodontalgia: a system of classification, *military medicine* 147(4): 299, 303-304 (1982)

Gängler et al. 2005, Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie, 2. Auflage

Garcia R., fisiopatologia clinica de las barodontalgias tesina, Madrid Universidad Complutense, Facultad de Od odontologia (1992) <http://scielo.isciii.es>

Garges L. M., maxillary sinus barotrauma: case report and review, *aviat space environ med* 56: 796-802 (1985)

Gibbons A .J., in-fl ight oral-facial pain, *br dent j.* 194: 5 (2003)

Goethe W.H., Bäter H., Laban C., barodontalgia and barotrauma in the teeth: findigs in navy divers, frogmen and submainers of the federal republic of germany, *mil med.* 154(10): 491-5 (1989)

Gonzalez-Santiago Mdel M., Martinez-Sahuquillo Marquez A., Bullon-Fernandez P., incidence of barodontalgia and their relation to oral/dental conditions in personell with respisibility in lilitary flight, med.oral. 9(2):98-105 (2004)

Halm T., Saghy E., the effect of changes in air pressure during fl ight on teeth and jaw-bones, int dent j. 13: 569-572 (1963)

Hanna H. H., Thomas-Yarington C., otolaryngology in aerospace medicine, In DeHart R L (ed) Fundamentals of aerospace medicine. pp 525-536. Philadelphia: Lea and Febiger (1985)

Harvey W., dental pain while flying or during decompression tests, br dent j. 82:113 (1947)

Hellwig E./ Klimek J./ Attin T., Einführung in die Zahnerhaltung, 3. Auflage, 2003

Hodges F.R., barodontalgia at 12 000 feet, j. am dent assoc 97:66-8 (1978)

Holowaty R.E., barodontalgia among flyers: a review of seven cases, j. can. dent. assoc., 62(7):578-584 (1996)

Jagger R. G., Jackson S. J., Jagger D. C., in at the deep end - an insight into scuba diving and related dental problems for the GDP, br dent j. 183: 380-382 (1997)

Jensen J., barodontalgia among danish fighter pilots, tandlaegebladet 88(20):726-9 (1984)

Kennebeck R., Knudtzon K. F., Goldhush A. A., symposium on problems of aviation dentistry, j am dent assoc 33: 827-844 (1946)

Kidd E. A., how 'clean' must a cavity be before restoration?, Caries Res 38: 305 313 (2004)

Kollman W., incidence and possible causes of dental pain during simulated high altitude flights, *j.endod.*, 19(3): 154-159 (1993)

Kressin S., dental problems in aviation, *quintessenz* 42(8):1311-5 (1991)

Levy B. M., aviation dentistry, *am j orthodont oral surg* 29: 92-95 (1943)

Liebman F.M., pain and pressure in the human pulp, *oral surg oral med oral pathol* 33(1):122-8 (1972)

Lurie O., Zadik Y., Einy S., Tarrasch R. et al., bruxism in military pilots and non-pilots: tooth wear and psychological stress, *aviat space environ med* 78: 137-139 (2007)

Lyons K.M., Rodda J.C., Hood J.A., barodontalgia: a review, and the influence of simulated diving on microleakage and on the retention of full cast crowns, *mil med.* 164(3):221-7 (1999)

McDonnell J. P., Needleman H. L., Charchut S., Allred E. N. et al. , the relationship between dental overbite and eustachian tube dysfunction, *laryngoscope* 111: 310-316 (2001)

Meister F. Jr., Simpson J., Davies E. E., oral health of airmen: analysis of panoramic radiographic and Polaroid photographic survey, *j am dent* 94:335-339 (1977)

Millar I., post diving altitude exposure, *sumps j.* 26(2):135-40 (1996)

Musajo F., Passi P., Girardello G. B., Rusca F., the influence of environmental pressure on retentiveness of prosthetic crowns: an experimental study, *Quintessence Int* 23: 367-369 (1992)

Nielsen J. N. A., comparison of the routine medical examination of pilots in 12 air forces; *aviat space environ med* 62: 1090-1095 (1991)

O'Brien D.M. (ed) Flight Surgeon's Guide. 1995 ed. In: Ch.12 Aerospace Dentistry- Odontalgia- Barodontalgia. USAF School of Aerospace Medicine retrieved Sept 10th 2005 from: http://wwwsam.brooks.af.mil/af/files/fsguide/html/Chapter_12.html#Odontalgia

Orban B., Ritchey B.T., Zander H.A., experimental study of pulp changes in the decompression chamber, *j.dent res* 25:299 (1946)

Orban B, Ritchey B.T., toothache under conditions simulating high altitude flight, *j. am dent assoc* 32:145-180 (1945)

Panmeijer Jan H.N., Parodontale und okklusale Aspekte der Kronen- und Brückenprothetik (1985)

Platzer S. und Bratschko R. O., Barodontalgie – Dentale Probleme beim Höhenbergsteigen/ Barodontalgia among mountain climbers, *Jahrbuch der ÖGAHM* (2007)

Rauch J.W., barodontalgia – dental pain related to ambient pressure change, *gen dent.* 33(4): 313-5 (1985)

Rayman R. B., aircrew health care maintenance, In DeHart R L (ed). *Fundamentals of aerospace medicine.* p 407. Philadelphia: Lea and Febiger (1985)

Reynolds O.E., Hutchins H.C., Werner A.Y., Philbrook F.T., aerodontalgia occurring during oxygen indoctrination in the low pressure chamber, *us navy med bull* 46: 845—76 (1946)

Reynolds O.E., aerodontalgia, *j.a.m.a.* 131: 1,534 (1946)

Robichaud R., McNally M.E., barodontalgia as a differential diagnosis: symptoms and findings, *can dent assoc* 71(5):39-42 (2005)

Rossi D. G., Health Policy Directive no. 411: Aviation and diving – dental considerations. Surgeon General, Australian Defence Force (1995)

Sangal N.C., aerodontalgia, j. indian dent assoc 49:557-50 (1967)

Seibt, Physik für Mediziner, 4. Auflage (2001)

Seltzer S., Boston D., hypersensitivity and pain induced by operative procedures the “cracked tooth” syndrome, gen dent., 45(2): 148-59 (1997)

Senia E.S., Cunningham K.W., Marx R.E., the diagnostic dilemma of barodontalgia, report of two cases, oral surg oral med oral pathol 60(2):212-7 (1985)

Shiller W.R., aerodontalgia under hyperbaric conditions, oral surg 20:694-7 (1965)

Snyder F. C., Kimball H. D., Bunch W. B., Beaton J. H., effect of reduced atmospheric pressure upon retention of dentures j am dent assoc 32: 445-450 (1945)

Sognaes R.F., further studies of aviation dentistry, acta odontol scand 7:165-74 (1947)

Strohaver R.A., aerodontalgia, dental pain during flight, med serv dig 23: 23-8 (1972)

Stein, LA. (electronic version) the rarest barotrauma. Alert Diver Sept/Oct (1993)

Stewart T. W. Jr., common otolaryngologic problems of flying, am fam physician 19: 113-119 (1979)

Surgeon General Australian Defense Force (SGADF) Health Policy Directive No 411. Aviation and Diving – Dental Considerations. 20 April 1995. p. 5 (electronic version) retrieved Sept 10th 2005 from <http://www.defense.gov.au/dpe/dhs/infocentre/publications/directives/HPD411.pdf>

Susarla S. M., Blaeser B. F., Magalnick D., third molar surgery and associated complications, oral maxillofac surg clin north am 15: 177-186 (2003)

The Online Journal of Dentistry and Oral Medicine. www.epub.org.br/ojdom/vol04n04.htm

Verunac J. J., recurrent severe facial emphysema in a submariner, j am dent assoc 87: 1192-1194 (1973)

Waldeyer A.J., Anatomie des Menschen, 17. Auflage (2003)

Weiner R., barodontalgia: caught between the clouds and the waves, mass dent soc. 51(3): 46-9 (2002)

Weitzel E.K., McMains K.C., Rajapaksa S., Wormald P.-J., aerobiosis: pathophysiology, prophylaxis, and management in passengers and aircrew, aviat space environ med 79:50-3 (2008)

Wingo H.H., barodontalgia: etiology and treatment, j.kentucky dent assoc 32(4): 13-5 (1980)

Wilson G. A., Galle S., Greene C., subcutaneous emphysema after extraction of maxillary teeth: report of a case, j am dent assoc 106: 836-837 (1983)

Zadik Y., barodontalgia due to odontogenic inflammation of the jawbone, aviat space environ med 77(8): 864-6 (2006)

Zadik Y., Chapnik L., Goldstein L., in-flight barodontalgia: analysis of 29 cases in military aircrew, aviat space environ med 78(6):593-6 (2007)

Zadik Y., aviation dentistry: current concepts and practice, brit. dent. j., 206:11-16 (2009)

www.wikipedia.de

6) Lebenslauf

Name: Ulrike Unterberger

Geburtsdatum: 21.01.1983

Geburtsort: Hallein

Staatsbürgerschaft: Österreich

Ausbildung: 1997 - 2001: BORG Radstadt
Matura Juli 2001

seit 2001: Diplomstudium der Zahnmedizin, Graz