

# Die Hyperbare Sauerstofftherapie

im Therapiekonzept bei

## akuten akustischen Traumata

(z.B. Knalltrauma, Explosionstraumata)

in Druckkammerzentren des

Verbandes Deutscher Druckkammerzentren e.V.



Verband Deutscher  
Druckkammerzentren

**Autor: Dr. med. Christian Heiden**  
**Verband Deutscher Druckkammerzentren e.V. (VDD)**  
**Cuno-Niggli-Str. 3, 83278 Traunstein**  
**Tel. +49-861-12 589 Fax: +49-861-12 889**  
**E-Mail: [geschaeftsstelle@vdd-hbo.de](mailto:geschaeftsstelle@vdd-hbo.de)**  
**[www.vdd-hbo.de](http://www.vdd-hbo.de)**

Stand: Juli 2011

## Inhaltsverzeichnis

Übersicht	Seite 3
Therapeutischer Nutzen der HBO beim Knalltrauma	Seite 4
Akute akustische Traumen als Therapeutischer Notfall	Seite 6
Kosten und Kostenträger	Seite 7
Wissenschaftliche Bewertung	Seite 8
Randomisierte / kontrollierte Studien	Seite 8
Nicht kontrollierte Studien	Seite 17
Studien zum Nachweis der Beeinflussung pathophysiologisch relevanter Größen	20
Literaturverzeichnis	Seite 23

## LÄRM- UND KNALLTRAUMA:

Nach Abwarten einer Spontanheilung über maximal 48 Std. möglichst umgehend der Kombinationsbehandlung von hyperbarer Oxygenation (HBO) mit Haes-Infusionen und Cortison zuführen!

### Übersicht:

Beim akuten akustischen Traumata werden die Sinneszellen im Innenohr direkt geschädigt. In der Regel sind sie zum großen Teil nicht zerstört. Eingehende klinische und tierexperimentelle Untersuchungen haben gezeigt, daß die nachhaltige Erhöhung der Sauerstoffversorgung in der Therapiedruckkammer die Heilung wesentlich begünstigt.

#### Spontanheilung

Akute akustische Traumata zeigen eine hohe Spontanheilungsrate von 9% (5) bis 48% (34), d.h. ein Verschwinden der Symptome ohne Therapie in den ersten 48 Std. Leider läßt sich nie vorhersagen, welche Patienten auch ohne Therapie gesund werden. Die Behandlung mit HBO sollte spätestens mit Ablauf von 48 Std. beginnen

#### Definitionen:

akustisches Trauma:

Lärm nicht unmittelbar schädigender Stärke bei gleichzeitiger momentaner Durchblutungsstörung ( Halstorsion ) (*Lehnhard 1994*)

Knalltrauma:

Lautstärke >150 dB bis 2 ms Dauer. Schaden meist einseitig, wenig progredient, anfangs Rückbildung (TTS). Hörverlust (C4 Senke ), Tinnitus, ev. kurzer Schmerz.

Explosionstrauma:

Lautstärke >150dB und > 2ms . Schaden meist beidseitig, öfter progredient wenig Rückbildung. Verletzungen am Innen- und Mittelohr, auch am Vestibularorgan.

( Trommelfellzerreiung, Kettenluxation, Fensterruptur etc. ).

Operative Versorgung möglichst erst nach HBO, ( insbesondere OP verzögern bei Schmauchspuren im Mittelohr ! ) (*Lehnhard 1994*)

Akutes Lärmtrauma:

erheblich länger als Knall od. Explosion, Schalldruckpegel nahe denen bei Knall- und Explosionstraumen. TTS ev. auch bleibender Schaden ( Disko, Rockkonzert). Therapie wenn nicht in 10 -20 Std. Spontanheilung eintritt - möglichst frühzeitig (*Lehnhard 1994*).

## **Epidemiologie**

Bei der Bundeswehr werden in Deutschland ca. 40 Knalltraumata am Tag verursacht. Bei Spontanheilung von ca. 50% in den ersten 48 Std. verbleiben ca. 7 200 Fälle mit Behandlungsbedürftigkeit im Jahr seitens des Militärs. (*Pilgramm 1994*). Über die Häufigkeit der bei sonstigen Erwerbstätigkeiten oder in der Freizeit auftretenden Knalltraumata liegen keine Zahlen vor.

## **Pathophysiologie**

Histopathologisch sind mechanische Insulte am Cortischen Organ in den basalen 1,5 Windungen an den äußeren Haarzellen und den Deiterschen Stützzellen, später auch an inneren Haarzellen, Einrisse in der Basilmembran, Atrophie der Stria vascularis und weitere Schäden beschrieben. (*Bohne et al. 1983, Lim 1986, Spoendlin 1980*). In einer Übergangsphase entscheidet sich der Verlauf zwischen Regeneration und Zelltod (*Beck 1984, 1957*).

Unter und nach Lärm- und Knallbelastung mißt man einen erheblichen Abfall des Sauerstoffpartialdruckes in der Perilymphe zugleich mit einem Abfall der Funktionsparameter (*Lamm 1989, Lamm Ch. 1988*)

Nach *Beck (1984)* reagieren die Stria vascularis und die Zellen des Cortischen Organs einförmig auf unterschiedliche Schädigungen. Ödem führt zu Gefäßverschluß der funktionellen Endgefäße und blockiert letztlich die Mikrozirkulation. Sauerstoffmangel in der Cochlea behindert zumindest den Funktionsstoffwechsel so, daß es zum Hörverlust kommt. (*Axelsson et al. 1987, Beck et al. 1957, Hawkins 1973, Yamane et al. 1991*). Veränderungen der Mitochondrien und des Zytoskeletts, Ablösung der Haarzellen von der Tektorialmembran (*Tonndorf 1980*), Veränderung der Nervenfasernenden (*Robertson 1983*) Erschöpfung der Ionenpumpen zur Repolarisierung der Membranen bei O<sub>2</sub> Mangel (*Lim 1986, Lamm Ch et al. 1988, Drescher 1976, 1985*) sind u.a. die Folge.

## **Therapeutischer Nutzen und Vorzüge der HBO**

### **Übersicht / Zusammenfassung**

Die vorliegenden randomisierten, prospektiven, kontrollierten Studien belegen eindeutig den Vorteil der Kombinationsbehandlung unter Einschluß der HBO als wesentlichstem Behandlungsbestandteil gegenüber den anderen heute noch weithin gebräuchlichen Behandlungsverfahren.

Die Verweigerung der HBO-Kombinationsbehandlung bei Verfügbarkeit würde bei Defektheilungen juristische Konsequenzen nach sich ziehen können.

### **Übliche, anerkannte Therapiemaßnahmen ohne HBO**

Die rheologisch wirksamen Infusionsbehandlungen zeigen beim Knalltrauma bessere Wirkung als Infusionen mit NaCl. Rheologisch wirksame Medikamente als Zusatz zur Infusion steigerten deren Wirksamkeit nicht signifikant (- wohl aber HBO in Kombination mit Infusion -) (*Pilgramm 1994, randomisiert, doppelblind*). Doppelblindstudien zur

Wirksamkeitsüberprüfung für die meisten der üblichen vasoaktiven rheologischen Infusionsbehandlungen bei Innenohrfunktionsstörungen liegen vor. Sie konnten die Wirksamkeit nicht belegen, selbst wenn experimentell eine Steigerung des cochleären Blutflusses gemessen, dabei aber Abfall des Sauerstoffgehaltes der Perilymphe festgestellt wurde (*Lamm 1989*). Allenfalls bei Hämatokritwerten von 14 g/dl und mehr fand sich eine signifikante Wirkung von 10% Haes 200/0,5. (*Desloovere et al. 1995*). (*Yagi et al. 1978, Hesch 1982, 36, Desloovere et al. 1988, Mathias et al. 1990, Michel et al. 1991, Tschopp et al. 1993, Lamm K. 1995*)

Ambulante Behandlungsformen mit Rheologika oder ambulanter Infusionstherapie wurden nie kontrollierten Untersuchungen unterzogen. Die Ergebnisse der stationären Behandlungen können auf sie wohl nicht übertragen werden. Es ist nachgewiesen, daß die Steigerung der cochleären Durchblutung unter rheologisch aktiven Infusionen mit dem Infusionsende aufhört (*Lamm H 1995*). Es ist nicht zu erwarten, dass die kurzdauernde ambulante Infusionsbehandlung mehr Wirkung entfaltet, als die stationäre.

Da die Sinneszellen des Innenohres keine eigene Blutversorgung haben, sondern per Diffusion aus der Endo- und Perilymphe versorgt werden, kommt der Betrachtung des Sauerstoffgehaltes der Perilymphe die entscheidende Bedeutung zu. Nach den Untersuchungen von Lamm verschlechtert sich der Sauerstoffpartialdruck in der Perilymphe unter Infusionsbehandlung.

### **Spezifische Effekte der HBO**

Etliche der o.g. in Diskussion stehenden Pathomechanismen beruhen auf Vorgängen, die aufgrund klinischer und experimenteller Untersuchungen mit HBO günstig beeinflusst werden können: Wundheilungsvorgänge bei Traumata, Reperfusionsschäden, Oedemreduktion, Stoffwechsellinderung durch O<sub>2</sub> Mangel, Beeinflussung von Entzündungen durch Zellaktivierung und Antimikrobiose. (siehe gesonderte Zusammenfassung der HBO Wirkmechanismen).

Tierexperimentell wurde bestätigt, daß der Sauerstoffpartialdruck in der lärmgeschädigten Cochlea nur unter HBO so wesentlich ansteigt (*ca. 598% Lamm 1994*) und noch 1 Std. nach Therapieende bei nicht geschädigten Ohren um 60% über dem Ausgangswert liegt, daß die genannten Effekte erreicht werden können (*Lamm Ch et al. 1988*). Die Hyperoxygenierung des Gesamtorganismus kann durch entsprechendes Monitoring überprüft und ggf. korrigiert werden. Durch Steigerung des Sauerstoffpartialdruckes in der Cochlea und speziell im Bereich der Peri- und Endolympe ist eine Beeinflussung der metabolisch gestörten Hörsinneszellen möglich. Da diese über keine blutversorgenden Gefäße verfügen, sondern auf die Sauerstoffversorgung mittels Diffusion angewiesen sind, kann grundsätzlich nur eine Erhöhung des umgebenden Sauerstoffpartialdruckes eine Sauerstoffmangelsituation ausgleichen helfen. Dieser Effekt wird bewiesen durch die Steigerung der Innenohrfunktion und Steigerung der Erholungsgeschwindigkeit nach Schallschäden, gemessen an den Mikrofonpotentialen und Summenaktionspotentialen (*Lamm Ch et al. 1988*)

Infusionsbehandlungen (*Lamm K. 1995*) und andere Sauerstoffbehandlungsverfahren als die HBO erreichen nicht vergleichbare Sauerstoffanreicherung im Innenohr, weil sie vorwiegend auf den Sauerstofftransport durch Erythrozyten angewiesen sind. Nur unter hyperbaren Bedingungen ist eine für die genannten Effekte ausreichende Steigerung des Sauerstoffangebotes auf der Basis extremer Steigerung der physikalischen Lösung im Plasma möglich.

## **LÄRM- UND KNALLTRAUMA ALS "THERAPEUTISCHER NOTFALL"**

### **Massnahmen in den Druckkammerzentren des VDD e.V.:**

- 1. Feststellung der Tauglichkeit zur Behandlung im Überdruck**  
anglehnt an BG G 31 Untersuchung:
  - a. **Anamnestische Überprüfung:** ZNS, Herz- Kreislauf, Lunge, Niere
  - b. **Herz- Kreislaufüberprüfung:** EKG in Ruhe ev. mit Belastung
  - c. **Lungenfunktionsüberprüfung:** LUFU ( ev.Rö - Thorax in 2 Ebenen)
  - d. **Anfangsbefunde:** Ton- ( u. Sprach-) audio, Tymp.+ Stap.-Reflexe, Tinnitus- Anamnese und Bewertungsbögen  
Tinnitus-Frequenzanalyse u. Verdeckbarkeit
- 2. Druckkammerbehandlungen nach dem Ohrbehandlungsschema (TS 250.60)**  
dazu: 6 % HAES, 200.000, 350ml, während jeder Behandlung.  
bei allen Pat. Überwachung von: PO<sub>2</sub> transkutan oder  
expiratorisch, ggf. von von EKG, ( RR ), Atmung
- 3. Zwischen-Anamnese sowie mikroskopische und tympanometr. Kontrollen**  
jedes Pat. vor jeder Behandlung.
- 4. Kontrollaudiogramme (Ton/Sprach) nach Ablauf der 5. - 7. Fahrt.**  
Bei nichtzufriedenstellenden Therapieverläufen Übergang auf:  
"(Problem-) Wundenschema" d. Schiffmedizinischen Instituts Kiel :  
mit verlängerten Sauerstoffgaben und verlängerter Druckexposition  
je nach individuellem Fall zusätzlich weitere Medikamente ( TS 240-90)
- 5. Abschlußuntersuchung:** Endanamnese, Ton/Sprachaudio, Tinnitus-  
überprüfung wie bei Aufnahmeuntersuchung
- 6. Katanamnestische Befunderhebung:** ca. 6 Monate nach HBO-Therapie  
(mit Hilfe der zuweisenden Ärzte)

# Kosten und Kostenträger

## In den Kosten sind folgende Leistungen enthalten:

- Druckkammerbehandlung
- Eingangsuntersuchung auf Druckkammertauglichkeit Punkt 1 der o.g. Maßnahmen
- Ton- und Sprachaudio, Tymp., Stapediusreflexe
- bei jeder Behandlung Monitoring von EKG und transkut. PO<sub>2</sub> Messung od. expiratorisch,
- Infusion bei jeder Behandlungssitzung
- Zwischenuntersuchung vor jeder Behandlung mit Ohrmikroskopie und Tympanometrie
- Zwischenuntersuchung mit Tonaudio nach ca. 6. Behandlungen
- Abschlußuntersuchung mit Ton- und Sprachaudio und Tinnitusexploration

## Kosten:

Vertragspartner und zahlungspflichtig gegenüber dem Druckkammerzentrum ist der Patient selber und nicht eine Krankenversicherung oder ein sonstiger Kostenträger. Die Therapie ist keine obligatorische Leistung der Krankenkassen. Sie muß im Einzelfall von den Kassen genehmigt werden. Wir unterstützen den Antrag der Patienten zur Kostenübernahme an ihre Kostenträger durch Bereitstellung wissenschaftlich begründeter Bescheinigungen.

Die Abrechnung erfolgt nach der amtlichen Gebührenordnung für Ärzte (GOÄ) in Analogie zur Dialyse. Abweichend von der GOÄ werden Druckkammerkosten – wie bei der Dialyse – in Rechnung gestellt, ohne die eine HBO Behandlung nicht durchführbar wäre.

Seitens der Druckkammer wird dafür gesorgt, dass ein schriftlicher Kostenübernahmeantrag erstellt wird. Dieser sollte der Kasse vor Behandlungsbeginn vorgelegt werden. Privatkassen, Beihilfe, Berufsgenossenschaften und ausländische Kassen übernehmen die Behandlung in der Regel auf einen solchen Einzelantrag hin.

Gesetzliche Kassen lehnen die Kostenübernahme derzeit in der Regel ab. Es sollte auf einer schriftlichen Ablehnung bestanden werden. Die Behandlungskosten können dann ggf. bei der Steuererklärung als "Besondere Belastung" geltend gemacht werden.

Im Übrigen läuft derzeit eine Klage gegen die ablehnenden Vorgaben der gesetzlichen Kostenträger. Sobald diese gewonnen ist könnte mit der Rechnung und dem Ablehnungsbescheid ev eine nachträgliche Kostenübernahme beantragt werden.

(Diese Aussagen sind nicht rechtsverbindlich - wir verfügen auch nicht über die Qualifikation zur Steuer- oder Rechtsberatung )

Die Frage der Kostenübernahme für diese Behandlung muss jeweils patientenbezogen mit den infrage kommenden Kostenträgern geklärt werden. Private Krankenversicherungen und ausländische Krankenversicherungen übernehmen die Kosten in der Regel.

Wenden Sie sich auch in den Kostenfragen vertrauensvoll an uns.

## **Wissenschaftliche Bewertung der HBO Anwendung bei akuten akustischen Traumen**

Bei der Therapie mit hyperbarem Sauerstoff (hyperbare Oxygenierung, HBO) atmet der Patient reinen Sauerstoff bei einem erhöhten Umgebungsdruck in einer Druckkammer ein. Dadurch steigt der Sauerstoffpartialdruck im Blut und mehr Sauerstoff kann pro Zeiteinheit in das Gewebe diffundieren.

In Tierexperimenten wurde gezeigt, dass der Sauerstoffpartialdruck nach hyperbarer Oxygenierung auch in der Perilymphe im Vergleich zum Initialwert auf mehrere hundert Prozent sowohl beim gesunden Innenohr als auch nach Lärmschädigung mit Breitbandrauschen und nach Knalltrauma ansteigt und noch eine Stunde nach Beendigung der hyperbaren Oxygenierung erhöhte Werte zeigt. Die aufgrund des erhöhten Sauerstoffpartialdruckes erhöhte Diffusionsstrecke führt zu einer erhöhten Sauerstoffversorgung dieser Strukturen und fördert damit die Erholung von Schädigungen verschiedener Art. Im Gegensatz dazu führt eine normobare Oxygenierung (normaler Umgebungsdruck) zu viel geringeren Anstiegen des Sauerstoffpartialdruckes in der Perilymphe. Grundlegende tierexperimentelle Arbeiten auf diesem Gebiet werden unten angeführt.

### **Zusammenfassende Bewertung der wissenschaftlichen Literatur**

Für die Anwendung der HBO bei akuten akustischen Traumata finden sich randomisierte kontrollierte Studien (RCT – Evidenzklasse 1). In Anbetracht des Vorliegens von RCT Studien sollten wissenschaftliche Untersuchungen geringeren Grades nicht den Blick auf die vorliegende Evidenzlage verstellen.

Wie bei praktisch allen wissenschaftlichen Fragestellungen ergibt sich auch für „Knalltraumata“ immer der Wunsch nach weiteren und umfassenderen wissenschaftlichen Studien.

### **Zusammenstellung von klassifizierten wissenschaftlichen Studien:**

Die Originalarbeiten können bei uns bestellt werden.

#### **randomisierte und kontrollierte Studien (Evidenzklasse 1b)**

**DeHeyn G, Mauroy A, van Opstal M 1976:** Etude comparative des traumatismes acoustiques par blasts traites par vasodilateurs ou par association vasodilateurs et oxygene hyperbare.

“Die Autoren haben zwei Patientenserien mit Knalltraumen verglichen, die entweder mit Vasodilatoren alleine oder in Kombination mit HBO behandelt wurden.

Diese Therapie scheint bessere Ergebnisse zu bewerkstelligen als Vasodilatoren alleine, doch mußten die Patienten vor Ablauf des 10. Tages nach dem Trauma behandelt werden.

In den beiden Serien von Knalltraumata wurde nur selten die vollständige Erholung von dem Hörverlust gesehen.”



Kontrollierte Studie mit zusammen 33 betroffenen Ohren bei 25 Patienten.

**DEHEYN G, MAUROY A, VAN OPSTAL M:** Etude comparative des traumatismes acoustiques par blasts traites par vasodilatateurs ou par association vasodilatateurs et oxygène hyperbare. (Comparative study of acoustic trauma) *Laryngoscope* 92, 1982, 1285-92

The authors had compared two series of patients with noise induced hearing loss treated by vasodilators or vasodilators and hyperbaric oxygen.

This therapy seems to give better results than the vasodilators only but the patients had to be treated before 10 days after the Noise exposition.

In the two series of acoustic trauma we see rarely a complete recovery from the hearing loss.

**Jetter K.** 1984: Das Knalltrauma und seine Therapie mit hyperbarem Sauerstoff.

Es werden 122 Patienten mit Knalltraumata nicht älter als 48 Std. in 4 Gruppen prospektiv randomisiert untersucht. Die Gruppen mit Dextran 40 und Dextran 40 und 3x8mg Betahistin schlossen dabei signifikant schlechter ab als die Gruppen die neben den genannten Kombinationen zusätzlich HBO 2,8 bar ATA mit 60 Min. 100% Sauerstoff erhielten. Besonders auffallend war die Verbesserung des Tinnitus in den HBO Gruppen. (Hören 92% gebessert, Tinnitus fast ganz beseitigt).

**Ylikoski J, Mrena R, Makitia A, Kuokkanen J, Pirvola U, Savolainen S:** Hyperbaric oxygen therapy seems to enhance recovery from acute acoustic trauma. *Acta otolaryngologica* 2008; 128: 1110-5

**CONCLUSION:** The average recovery of hearing and cessation of tinnitus was significantly better after hyperbaric oxygen therapy (HBOT) than after normobaric oxygen therapy (NBOT). HBOT can be valuable adjuvant therapy for patients with acute acoustic trauma (AAT).

**OBJECTIVES:** AAT was one of the early indications for the use of HBOT. The rationale of administering oxygen to patients with AAT is based on experimental studies showing that noise exposure results in cochlear hypoxia, which could be compensated by HBOT. The aim of this study was to investigate the efficacy of HBOT in patients with AAT.

**PATIENTS AND METHODS:** We compared the recovery from hearing impairment and tinnitus in 60 ears treated with HBOT with 60 ears treated with NBOT. The HBOT was given daily for 1-8 days. There were no significant differences in clinical or audiological data between HBOT and NBOT groups.

**RESULTS:** The average recovery of hearing both at high and speech frequencies was **significantly better and tinnitus persisted less commonly after the HBOT** than after the NBOT. Normal hearing at the end of the follow-up period was regained in 42 ears in the HBOT group and in 24 ears in the NBOT group ( $p < 0.01$ ).

<b>Quelle</b>	<b>Frey G., L. Lampl, M. Pilgramm: Hyperbaric oxygen therapy in acute acoustic trauma. Proc. 8<sup>th</sup> Int. Congr. Hyperb. Med. 1984. Publ. Best 1987, 197 - 202</b>
<b>Bezugsrahmen</b>	Hintergrund (Kontext) der Publikation. Besonders relevant bei HTA-Berichten und Leitlinien. Nennung des Auftraggebers und der für die Durchführung des Berichts verantwortlichen Institution. Gibt es Hinweise auf inhaltlich relevante Interessenkonflikte?
<b>Dokumenttyp</b>	Therapiestudie mit randomisierter Vergleichsgruppe
<b>Evidenzkategorie</b>	Ib: Evidenz aufgrund einer randomisierten, kontrollierten Studie,
<b>Indikation</b>	Knalltrauma mit und ohne Tinnitus
<b>Fragestellung</b>	Überlegenheit / Äquivalenz
<b>Relevante Ein- und Ausschlusskriterien</b>	Akustisches Trauma nicht älter als 48 Std. Hörverlust 40 dB in mindestens einer Frequenz keine wiederholten akustischen Traumen keine Mittelohrschäden durch Explosionstrauma  Ausgeschlossen wurden Fälle mit Hörverlust von weniger als 40 dB und solche Fälle die ohne Behandlung in den ersten 24 Std eine Besserung um 20dB erfuhren
<b>Prüf-Intervention</b>	HBO, 2,8 bar, 60 Min Sauerstoff 100%
<b>Studiendesign</b>	4 Arme – alle erhielten tgl 500ml Dextran 40 iV : 1. Kontrollgruppe ohne Therapie 2. 24mg Betahistin tgl. 3. HBO 10 Sitzungen 4. HBO 10 Sitzungen und 24 mg Betahistin tgl.
<b>Randomisierung</b>	Nur als Begriff angegeben
<b>Beobachtungsdauer</b>	14 Tage stationär beobachtet, Abschlußuntersuchung nach 42 Tagen
<b>Primäre Zielkriterien</b>	Verbesserung des Hörverlustes
<b>Sekundäre Zielkriterien</b>	Verbesserung des begleitenden Tinnitus
<b>Patientenzahl</b>	122 sonst gesunde deutsche Soldaten

<b>Ergebnisse</b>	<p>Signifikante Besserung des Hörverlustes in allen Gruppen. Betahistin scheint sich negativ auszuwirken – die HBO wirkt diesem Einfluß erfolgreich entgegen. Therapie erfolg mit HBO schon am 7. Tag. Ergebnisse stabil. Andere Gruppen bessern sich im Verlauf noch um 21 bzw 34%.</p> <p>97 % der Patienten litten unter Tinnitus zumeist bei 4 kHz</p> <p>Infusion mit / ohne Betahistin hatten keine Wirkung auf Tinnitus</p> <p>Die HBO Gruppen hatten am 10 Tag bereits eine eindeutige Minderung des Tinnitus.</p> <p>Ergebnisse tabellarisch dokumentiert.</p>
<b>Fazit der Autoren</b>	<p>Die HBO beim akustischen Trauma :</p> <p>Bessert das Gehör erfolgreicher und schneller als die Vergleichstherapie</p> <p>Stabilisiert das Behandlungsergebnis</p> <p>Beseitigt den Tinnitus als einzige Methode mit hoher Erfolgsrate</p>
<b>Abschließende Bewertung</b>	<p>Angaben zur Randomisierung fehlen- sonst gutes Studiendesign</p> <p>Die Studie belegt die Überlegenheit von HBO gegenüber den Armen ohne HBO sowohl beim Hörsturz als auch besonders beim Tinnitus</p>

<b>Quelle</b>	<b>Pilgramm: Zur Anwendung der HBO-Therapie beim akuten Knalltrauma. In Tirpiz (Hrsg): Therapie mit hyperbarem Sauerstoff (HBO) in Traumatologie und Notfallmedizin Symposium Duisburg 1993. Springer 1996; 51 - 62</b>
<b>Bezugsrahmen</b>	Hintergrund (Kontext) der Publikation. Besonders relevant bei HTA-Berichten und Leitlinien. Nennung des Auftraggebers und der für die Durchführung des Berichts verantwortlichen Institution. Gibt es Hinweise auf inhaltlich relevante Interessenkonflikte?
<b>Dokumenttyp</b>	Therapiestudie mit randomisierter doppelt blinde Vergleichsgruppen
<b>Evidenzkategorie</b>	I: Evidenz aufgrund einer randomisierten, kontrollierten Studie, Studienarme 1-3 randomisiert, 4-9 doppelblind
<b>Indikation</b>	Knalltrauma
<b>Fragestellung</b>	Überlegenheit / Äquivalenz
<b>Relevante Ein- und Ausschlusskriterien</b>	Ausschluß wegen hoher Spontanheilungsrate: Schädigung > 48 Std zurückliegend Hörverlust < 40dB 24 Std nach Einlieferung Hörverlust < 40dB oder Besserung um > 20dB vorausgehend Knalltraumen Mittelohrbeteiligung Allergie gegen Volumenersatzstoffe Bedenken des Taucherarztes
<b>Prüf-Intervention</b>	Tgl 500 ml Infusion Infusion von rheologisch wirksamer Lösung Dto mit rheologisch wirksamen Zusatzstoffen HBO MIT hEAS

<b>Studiendesign</b>	<p>10 Arme je 10 Tage Infusion:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dextran 40 / NaCl 0,9% <span style="float: right;">je 30 Pat.</span></li> <li>2. Dextran 40 / HAES 40/0,5 <span style="float: right;">je 20 Pat.</span></li> <li>3. Dextran 40 + Glukose / Dextran 40 + Betahistin 24 mg 42 Tage <span style="float: right;">je 30 Pat:</span></li> <li>4. Dextran 40 + Glukose / Dextran 40 + Naftidrofuryl. 600mg iV 32 Tage 600 mg Nafti bzw Placebo oral <span style="float: right;">je 40 Pat.</span></li> <li>5. Dextran 40 + Glukose / Dextran 40 + Vinpocetin 40mg <span style="float: right;">je 40 Pat.</span></li> <li>6. Dextran 40 + Placebo / Dextran 40 + Pentoxifyllin 1200mg iV/oral bzw Placebo oral über 42 Tage <span style="float: right;">je 20 Pat.</span></li> <li>7. Dextran 40 + Placebo / Dextran 40 + Flunarizin 10mg oral bzw Placebo oral über 42 Tage <span style="float: right;">je 20 Pat.</span></li> <li>8. Dextran 40 + Placebo / Dextran 40 + Fludilat 300mg oral bzw Placebo oral über 42 Tage <span style="float: right;">je 20 Pat.</span></li> <li>9. Dextran 40 + Placebo / Dextran 40 + Regenerese im bzw Placebo im ( Tag 1,3,5,7,9,10) <span style="float: right;">je 10 Pat.</span></li> <li>10. Dextran 40 / Dextran 40 + HBO 2,5 ATA 60 min O2 100% <span style="float: right;">29 / 30 Pat</span></li> </ol>
<b>Randomisierung</b>	geheim gehaltene Randomisierungsliste
<b>Verblindung der Behandlung</b>	Studienarm 3-9 Patienten und Behandler verblindet
<b>Beobachtungsdauer</b>	42 Tage mit 4 Kontrolluntersuchungen
<b>Patientenzahl</b>	1182, davon 48 % mit Spontanheilung, 500 therapiert
<b>Anzahl der eingeschlossenen und ausgewerteten Patienten</b>	500
<b>Vergleichbarkeit der Behandlungsgruppen</b>	<p>Alle Gruppen umfassten ausschließlich junge sonst gesunde Rekruten von durchschnittlich 21,5 Jahren und 75 Kg bei 178 Größe</p> <p>Sehr homogene Gruppen</p>

<b>Ergebnisse</b>	<p>98% der Patienten hatten Tinnitus</p> <p>Dextran 40 und HAES waren gegenüber signifikant NaCl überlegen.</p> <p>Es fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen Dextran 40 und HAES.</p> <p>Die vasoaktiven Zusatztherapien zu den Infusionen zeigen keinen signifikanten Effekt</p> <p>HBO mit Infusion erweist sich statistisch signifikant als beste Therapie in Bezug auf Hörerholung und vor allem in Bezug auf den im Vergleich zum Hörverlust stärker beeinträchtigenden Tinnitus.</p> <p>Der Behandlungsbeginn mit HBO sollte möglichst in den ersten 48 Std. erfolgen</p> <p>Ergebnisse Tabellarisch dargestellt</p>
<b>Unerwünschte Therapiewirkung</b>	<p>Bei 4 Fällen gab es trotz Anwendung von Promit anaphylaktoide Reaktionen auf Dextran</p> <p>Bei 3 Fällen mit HAES kam es zu Hautjucken</p>
<b>Fazit der Autoren</b>	<p>Die hyperbare Oxygenation in Verbindung mit einer niedermolekularen Infusionstherapie führt zu den statistisch signifikant besten Ergebnissen bezüglich Minderung des Hörverlustes und Tinnitusbeseitigung</p> <p>Vasoaktive- bzw. stoffwechselaktive Substanzen sind nicht notwendig.</p>
<b>Abschließende Bewertung</b>	<p>Keine Angaben zum Randomisierungs- und Verblindungsvorgehen. Sonst gute Studie. Dem Fazit der Autoren ist zuzustimmen.</p>

**Vavrina J:** Therapeutic effect of hyperbaric oxygenation in acute acoustic trauma.

Revue de laryngologie - otologie - rhinologie. 1995; 116: 377-80

Retrospectively 78 patients with uni- or bilateral acute acoustic trauma (AAT) were evaluated to assess the therapeutic effect of hyperbaric oxygenation (HBO). All subjects received saline or dextran (Rheomacodrex) infusions with Ginkgo extracts (Tebonin) and prednisone. Thirty six patients underwent additional hyperbaric oxygenation at a pressure of 2 atmospheres absolute for 60 minutes once daily. Both treatment groups were comparable as far as age, gender, initial hearing loss and prednisone dose are concerned. The delay of therapy onset was 15 hours in both groups and treatment was started within 72 hours in all cases. Control audiometry was performed after 6.5 days, when the HBO group had had 5 exposures to hyperbaric oxygenation. The average hearing gain in the group without HBO was 74.3 dB and in the group treated additionally with HBO 121.3 dB ( $P < 0.004$ ).

It is concluded, that **hyperbaric oxygenation significantly improves hearing recovery** after AAT. Therefore acute acoustic trauma with significant hearing threshold depression remains an otological emergency. Minimal therapy involving waiting for spontaneous recovery, which is mostly incomplete leaving a residual C5 or C6 and handicapping tinnitus, is not the treatment of choice. Randomized prospective clinical trials with a larger patient series are needed and further experimental studies are required to understand the physiological mechanisms of HBO responsible for the clinical success in AAT.

<b>Quelle</b>	<b>LAFERE P., VANHOUTTE D., GERMONPRE P.: HYPERBARIC OXYGEN THERAPY FOR ACUTE NOISE- INDUCED HEARING LOSS: EVALUATION OF DIFFERENT TREATMENT REGIMES DIVING AND HYPERBARIC MEDICINE 2010; 40: 63</b>
<b>Dokumenttyp</b>	Retrospektive Therapiestudie mit 3 Armen
<b>Evidenzkategorie</b>	II: Evidenz aufgrund von Kohorten- oder Fallkontroll-Studien, aus mehr als einer Studiengruppe
<b>Indikation</b>	akutes akustisches Trauma
<b>Fragestellung</b>	Überlegenheit / Äquivalenz der HBO in differenter Dosierung
<b>Prüf-Intervention</b>	HBO in Gruppe 2: 253 kPa 70 min 2 x tgl drei Tage dann 1 x tgl 7 Tage + Methylprednisolon iV. in fallender Dosis 125mg auf 40 mg + Piracetam 12g in 15min über 5 Tage dann oral Methylprednisolon oral in fallender Dosis ( 32mg auf 4mg) + Piracetam wie Vergleichsgruppe (1) N = 32  Gruppe 3: tgl 1x HBO 2,5 ATA 70 min und orale Therapie wie Vergleichsgruppe über 10 Tage N = 19
<b>Vergleichs-intervention</b>	Med. Therapie : Methylprednisolon in fallender Dosis 64mg auf 8 mg) + Piracetam 2400mg 3 x tgl über 10 Tage ( Gruppe 1) N = 17
<b>Studiendesign</b>	3 Arme - Zuordnung nach Zeitpunkt des Therapiebeginns: Gruppe 1 ohne HBO Verfügbarkeit Therapiebeginn in 24 Std.; Gruppe 2 < 36 Std., Gruppe 3 36 – 43 Std
<b>Anzahl der eingeschlossenen und ausgewerteten Patienten</b>	68 Patienten aus 121 Patienten bewertet. Exklusionskriterien werden dargestellt( Hörverlust weniger 20 dB, Besserung in 24 Std., frühere Knalltraumata trotz Remission)
<b>Ergebnisse</b>	Keine statistisch relevanten Unterschiede für Hörverlust vor Therapie in den Gruppen  Hörgewinn durch Therapie: fortbestehender Hörverlust: Gruppe 1: 5,58dB -14,70 Gruppe 2: 20,62dB - 2,36 statistisch signifikant Gruppe 3: 17,0dB - 5,00 statistisch signifikant
<b>Fazit der Autoren</b>	Die Studie weist einen klaren Vorteil für die Kombinationstherapie mit HBO gegenüber der medikamentösen Therapie nach.  Die Ergebnisse legen nahe, dass das aggressivere Vorgehen (Gruppe2) bessere Ergebnisse zeitigt, auch wenn dafür zum jetzigen Zeitpunkt noch keine statistische Signifikanz vorliegt.
<b>Abschließende Bewertung</b>	Die Studie bestätigt Ergebnisse früherer Untersuchungen in anderen Zentren. Auch wenn keine Randomisierung zur Gruppenzuordnung erfolgte, entspricht die Zuordnung letztlich der Realität in der Praxis. Einflüsse durch mögliche Bias bei der Zuordnung werden eingehend diskutiert. Sollte man selbst betroffen sein – wäre die Wahl des therapeutischen Vorgehens eindeutig.

<b>Quelle</b>	<u>LAFERE P.</u> , MD; MOONS TH.; VANHOUTTE D., MD; GERMONPRE P., MD : EFFICIENCY OF HYPERBARK OXYGEN THERAPY IN ACUTE ACOUSTIC TRAUMA FROM FIREARMS. A PROSPECTIVE STUDY OF ONE YEAR OF TREATMENT IN MILITARY HOSPITAL "QUEEN ASTRID". PROCEEDINGS OF THE 33RD ANNUAL MEETING 2007; EUBS: 88-92)
<b>Dokumenttyp</b>	prospektive Therapiestudie mit 3 Armen
<b>Evidenzkategorie</b>	II: Evidenz aufgrund von Kohorten- oder Fallkontroll-Studien, aus mehr als einer Studiengruppe
<b>Indikation</b>	akutes akustisches Trauma
<b>Fragestellung</b>	Überlegenheit / Äquivalenz der HBO in differenter Dosierung
<b>Prüf-Intervention</b>	HBO = Gruppe 2: 1,5 ATA 70 min 2 x tgl drei Tage dann 1 x tgl 7 Tage + Medikamente wie Gruppe 1 Gruppe 3: tgl 1x HBO 2,5 ATA 70 min 10 Tage
<b>Vergleichs-intervention</b>	Med. Therapie : Methylprednisolon in fallender Dosis 9 Tage + Piracetam 240mg 3 x tgl ( Gruppe 1) N = 13
<b>Studiendesign</b>	2 Arme - Zuordnung nach Zeitpunkt des Therapiebeginns: Gruppe 1 später als 43 Stunden bis 1 Woche, Gruppe 2 < 36 Std., Gruppe 3 36 – 43 Std
<b>Anzahl der eingeschlossenen und ausgewerteten Patienten</b>	86 Patienten bewertet 39 Patienten eingeschlossen mit einseitigem akuten akust. Trauma mit Hörabfall von >25 dB ohne Spontanremission von 20 dB in 24 Std, ohne Vorschäden
<b>Ergebnisse</b>	anhaltende Verbesserung wurde nur in den Gruppen mit HBO in Kombinationstherapie erzielt: Gruppe 2: 19,64 dB statistisch signifikant N = Gruppe 3: 15.96 dB Minimaltherapie oder Abwarten sind nicht die Therapie der Wahl
<b>Fazit der Autoren</b>	These results show a clear benefit for HBO and medical therapy over medical treatment alone. We can therefore recommend this approach for patients with AAT. We also believe that the more aggressive you are in the early stage of the AAT the better the results are. Unfortunately we don't have enough strong evidence to demonstrate a superiority of one of the HBO protocols upon the other
<b>Abschließende Bewertung</b>	auch wenn keine Randomisierung zur Gruppenzuordnung erfolgte entspricht die Zurdnung letztlich doch der Realität in der Praxis. Die Fallzahl insgesamt ist nicht hoch. Insbesondere die niedrige Fallzahl in Gruppe 3 kann das Ergebnis beeinflussen



## Nicht kontrollierte klinische Studien (Evidenzklasse 3)

**Winarski M, Kantor I, Mereka J:** Effectiveness of pharmacologic therapy combined with hyperbaric oxygen in sensorineural hearing loss following acute acoustic trauma. Preliminary report. *Polski merkuriusz lekarski : organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego* 2005 Sep;19(111): 48-50

Exposure to loud sounds can cause acute acoustic trauma and permanent sensorineural hearing loss. The aim of the study was to evaluate effectiveness of pharmacological treatment combined with the hyperbaric oxygen (HBO) in the treatment of sensorineural hearing loss following acute acoustic trauma for patients treated in the Department of Otolaryngology of Military Institute of Health Service and Warsaw Center for Hyperbaric Therapy and Wounds Treatment.

**MATERIAL AND METHODS:** Group of 12 patients (22 damaged ears) with acute acoustic trauma (10 men and 2 women), 16-67 years of age, mean age 28 years, was involved in our study. Patients with tinnitus and sensorineural hearing loss of minimum 15 dB at 0.25-8 kHz were included in the treatment group. Hearing gain of minimum 10 dB at 0.25-8 kHz and decrease in the intensity of tinnitus was considered as an improvement. 4 days was the mean time interval between acoustic trauma and starting the pharmacological treatment, 7 days was the mean time interval for the hyperbaric oxygen therapy commencement.

**RESULTS:** Statistically significant difference in Pure Tone Audiometry results obtained before and after the treatment was noted in 4 kHz when considering all damaging factors that caused acoustic trauma and in 6 kHz only for damage resulting from shooting. Statistically significant difference was noted in 6 kHz if the HBO therapy was continued over 10 days ( $p < 0.00001$ ). Statistically significant difference was noted in 4, 6, 8 kHz when treatment was started within 5 days since the acoustic trauma ( $p < 0.000001$ ).

**CONCLUSIONS:** Hyperbaric oxygen therapy is the unique method of increasing concentration of oxygen in the inner ear fluids thus facilitates the regeneration process.

**Hyperbaric oxygen therapy combined with steroids is an effective method** of sensorineural hearing loss treatment following acute acoustic trauma.

**Demaertelaere et al. 1981:** Behandeling van akoestische traumas met hyperbare zuurstof (HBO).

50 Knalltraumata mit 76 betroffenen Ohren wurden mit Vasodilatoren, Antiphlogistika und HBO Behandelt. Die Ergebnisse waren **besser, je eher die HBO Applikation erfolgte.**

**Kögl** WGH 1988: Über die therapeutische Beeinflussbarkeit akuter akustischer Schäden. Eine retrospektive Vergleichsstudie.

1182 Fälle mit Knalltraumata älter als 72 Std. wurden mit 16 unterschiedlichen Therapiekombinationen behandelt und ausgewertet. Die Ergebnisse unterschieden sich unabhängig von der Art der Therapie nicht signifikant. **Die besten Ergebnisse wurden**

**bei Anwendung der HBO ermittelt.** Dies sowohl in Bezug auf die Hörverbesserung als auch auf den Tinnitus.

**Lamm H. 1995:** Der Einfluß der hyperbaren Sauerstofftherapie auf den Tinnitus und den Hörverlust bei akuten und chronischen Innenohrschäden.

Übersicht über 68 Publikationen mit 4280 Fällen von Hörsturz; Knall- od. Lärmtraumen.

Therapiebeginn nach 2. bis 6. Woche, nach erfolgloser Vorbehandlung:

46 Publikationen mit 2338 Patienten: Hörgewinn um mehr als 20dB in mehr als 3 Frequenzen bei 54,3% der Pat. davon 11% normalisiert

7 Publikationen mit 1223 Patienten: Tinnitusreduktion 81,3% der Pat. gebessert, 4% beseitigt.

Therapiebeginn nach 1 Mon. bis Jahre, nach erfolgloser Vorbehandlung:

2 Publikationen mit 1539 Patienten: Hörgewinn bei 34,6 - 36,6% der Pat. von 7,5dB bis z.T. über 20dB in mehr als 3 Frequenzen.

von 202 Patienten deutliche Reduktion bis Heilung des Tinnitus in 37,1% bzw. 50,7% von 1371 Patienten; vorübergehend verschlimmerter Tinnitus in 8,1% von 1371 Patienten.

Therapiebeginn nach 3 Monaten bis Jahre, nach erfolgloser Vorbehandlung:

1 Studie mit 45 Patienten: keine Hörverbesserung, Tinnitusreduktion in 33,4% dieser Fälle, 6,6 Tinnitussteigerung.

Beurteilung der Ergebnisse bei chronischen Innenohrschäden bedarf noch der Überprüfung von Langzeitergebnissen.

**Schumann K., B.Fischer 1992:** Zur Behandlung von Innenohrerkrankungen.

1017 Knalltraumata, 812 Hörstürze, 132 Ménière Patienten.

HBO 2,5bar ATA; Hörvermögen bei 81,8% der Pat. und Tinnitus bei 85,1% der Pat. gebessert bei Therapie innerhalb von 4 Wochen; n = 122;

Hörvermögen besser bei 38,2% der Pat. und Tinnitus bei 62,2% der Pat. bei Therapiebeginn bis zu 2 Jahre nach dem Hörsturz; n = 557.

Hörvermögen besser 31% der Pat. und Tinnitus bei 39% der Pat. bei Therapiebeginn bis zu 2 Jahre nach Hörsturz; n = 814.

**Vincey P, Mechineau Y, Lafond P, Ducourneau A, Chambrin H, Deparis X, Besnard C, Berthelot B 1987:** Traitement des traumatismes sonores aigus. Resultats compares de l'hémodilution normovolemique. (Treatment of acute acoustic trauma. Comparative results of normovolemic hemodilution). Rev Laryngol Otol Rhinol (Bordeaux) 108: 339 - 341

Retrospektiver Vergleich eigener 40 Fälle mit der Literatur. Therapieempfehlung: sofortiger Beginn mit normovolämischer Haemodilution ( Haematokrit 28%). Bei Mißerfolg ab 2. Tag Vasodilatorische Infusionen bis zum 8. Tag. **Bei schweren Fällen zusätzlich HBO.**

**Kapetanakis,-E; Tzibinikos,-C; Pagouropoulos,-K, Maraka,-B; Liarakos,-V; Vavasis,-P:**  
HYPERBARIC OXYGEN TREATMENT OF ACOUSTIC TRAUMA RESULTING FROM  
TARGET RANGE TRAINING – A CASE SERIES .Undersea and hyperbaric medical  
Society scientific Meeting, 16-19 june 2005, Las Vegas, Nevada

**BACKGROUND:** Firearm discharge is a common source of impulse noise that can produce acute acoustic trauma. Despite numerous experimental studies in animal models, the use of hyperbaric oxygen (HBO) as a treatment modality is still not widely established. We present our initial experience of the therapeutic role of HBO in the clinical management of shooting noise induced acoustic trauma.

**MATERIALS AND METHODS:** Between June 23rd, 2003 and February 26th, 2004, 8 army recruits who developed acute acoustic trauma unilaterally due to target range training presented for treatment at the Hyperbaric Chamber Unit of our hospital. A treatment profile of 2.0 ATA for 60 minutes plus 1.8 ATA for 30 minutes was utilized. All patients received an initial dose (within 24 hours of presentation) of corticosteroids, which was continued for an average of 3.6 days in half the patients.

**RESULTS:** All patients presented with a pathologic audiogram and tinnitus. HBO therapy was commenced within 24 to 48 hours from initial injury, with an average of 7.6 treatment sessions per patient conducted. In all patients tinnitus was decreased or fully eliminated within the first couple of sessions. One patient had to discontinue therapy after 3 sessions due to barotrauma. Four patients (50 %) had a full reversal of their pathologic audiogram, while 3 (38 %) displayed improvement but not a full recovery, possibly because these patients received more than an initial dose of corticosteroids.

**CONCLUSIONS:** Hyperbaric oxygen therapy significantly improves hearing recovery after acute acoustic trauma caused by firearm discharge. Concurrent, prolonged administration of corticosteroids appears to counter the therapeutic effects of HBO therapy.

**Okamoto,-T; Domoto,-H; Tadano,-Y; Ootsuka,-H :** THE THERAPEUTIC EFFECTS OF  
HYPERBARIC OXYGEN THERAPY (HBO) ON ACUTE ACOUSTIC TRAUMA  
Undersea and hyperbaric medical Society scientific Meeting, 16-19 june 2005, Las  
Vegas, Nevada

**BACKGROUND:** The therapeutic effects of hyperbaric oxygen therapy (HBO) on acute acoustic trauma (AAT) and clinical characteristics of AAT patients were reviewed.

**MATERIALS AND METHODS:** Subjects were 12 patients who received HBO between 1995 and 2002 at Japan Maritime Self-Defense Force Undersea Medical Center (UMC). Seven patients had been administered high dose steroid intravenous infusion at Japan Self-Defense Force (JSDF) Hospital Yokosuka or at other civilian hospitals before they were referred to UMC. We defined them as the refractory group. The remaining five patients received steroid administration (three: high dose, two: 70mg/day) with HBO at JSDF Hospital Yokosuka at UMC. We defined them as the fresh group. The classification of their outcome was judged based upon criterion for sudden deafness established by the Ministry of Health, Labour and Welfare. Welch's t-test was used for statistical analysis.  $P < 0.05$  was considered significant.

**RESULTS:** The interval after injury to conduct of HBO in the refractory and fresh group was 22.3 and 4.4 days, respectively ( $P < 0.05$ ). Hearing loss before HBO was 29.7 and 20.3 dB, respectively ( $P < 0.05$ ). Audiograms in the refractory group showed impairment

in high pitch tones, a type known to be resistant to steroid therapy. On the other hand, dip, flat and valley types were identified in the fresh group. Final outcomes for all patients in the refractory group showed "no-change", while in the fresh group four were classified as "recovered" (with one still complaining of persistent tinnitus at discharge) and one "improved".

**CONCLUSIONS:** The current research suggests the following for treatment of AAT patients: 1) patients who start to receive HBO, approximately within 10 days after injury are possibly curable, 2) patients who show impairments in high pitch tones tend to have a bad prognosis, 3) the best practice on AAT is considered to be treatment with steroid administration and HBO immediately after injury, 4) final

### **Studien zum Nachweis der Beeinflussung pathophysiologisch relevanter Größen**

**Fakhry N; Rostain JC; Cazals Y:** Hyperbaric oxygenation with corticoid in experimental acoustic trauma. Hearing research; VOL:230 (1-2); 88-92 /200708/ PM: Print-Electronic EPD: 2007

Among possible therapies after acute acoustic trauma, hyperbaric oxygenation (HBO) combined with corticoid was found effective in several animal studies. Such evidence was obtained for moderate 20-25 dB losses.

The aim of this study was to further assess this therapy for noise-induced hearing losses greater than previously examined. Sixty-five ears from thirty-six adult guinea pigs were used. Acoustically evoked responses from intracranial electrodes chronically implanted bilaterally into the ventral cochlear nucleus were used to assess acoustic sensitivity alterations. Trauma sound was a third-octave noise-band around 8 kHz presented bilaterally at 115 dB SPL for 45 min. One control group received no treatment, one group was treated with HBO only and another with corticoid only both starting within one day post-trauma, two groups were treated with both HBO and corticoid starting for one group within one day post-trauma, and for the second group at 6 days post-trauma. Acoustic thresholds were measured between the 6th and the 16th days after acoustic trauma.

Animals treated with HBO alone or corticoid alone did not differ from controls. Combined HBO and corticoid therapy provided significant protection from noise-induced loss of auditory thresholds, especially when started one day post-exposure. Hearing loss reduction induced by HBO combined with corticoid was of similar magnitude (about 10-15 dB) as in previous studies although the induced hearing loss was considerably greater (about 40 dB instead of 20-25 dB).

**Kuokkanen-J; Aarnisalo-A-A; Ylikoski-J:** Efficiency of hyperbaric oxygen therapy in experimental acute acoustic trauma from firearms. Acta-Otolaryngol-Suppl. 2000; 543132-4

In acute acoustic trauma (AAT), excessive noise exposure causes rupture of cell membranes and decreased cochlear blood flow. This leads to decreased oxygen tension in inner ear fluids and reduction of a variety of different oxygen-dependent

cellular activities. Hyperbaric oxygen treatment (HBO) may help the cells suffering from hypoxia to survive.

We exposed male **Wistar rats** to 60 impulses of 162-dB SPL from a 7.62-mm assault rifle equipped with a blank adaptor. After the exposure, 15 animals were given HBO treatment for 90 min daily for 10 consecutive days at 0.25 MPa. After a survival time of 4 weeks, auditory brainstem responses were measured and the left cochleae processed for light microscopy.

The impulse noise caused permanent damage to the cochlea of all animals, with the most severe lesions in the lower middle coil, where a **significantly smaller number of hair cells was missing in the HBO-treated group.**

The morphological damage was also reflected in function, as measured by auditory brainstem responses, which showed the greatest threshold shifts at 6.0, 8.0 and 10.0 kHz.

**Hu Y, Shi XF, Liang ZF, Tang ZW, Jin XQ:** The protective effect of hyperbaric oxygen on hearing during chronic noise exposure. *Aviation, space, and environmental medicine* 1991; 62: 403-6

A series of experiments were conducted on **guinea pigs** to study the protective effect of hyperbaric oxygen (HBO) on hearing during chronic repeated noise exposure. A 1/3 octave band of noise centered at 1000 Hz was used (126 dB SPL, 1 h daily for 5 d; or 108 dB SPL, 1 h daily, 5 d/week for 4 weeks). Some groups of animals were treated with HBO (2-3 ATA, 1 h duration) before noise exposure.

The results indicate that inhalation of HBO (every other day) can markedly reduce noise-induced threshold shift and relieve cochlear damage. The mechanism responsible for HBO protection against noise-induced hearing damage is discussed.

**Lamm K, CH. Lamm, H. Lamm, K. Schumann 1989:** Simultane Sauerstoffpartialdruckbestimmungen in der Skala Tympani, Elektrokochleographie und Blutdruckmessungen nach Knalltraumata bei Meerschweinchen.

N = 19. Unter wiederholten Schußserien nehmen die Funktionsparameter ( CM AP ) zunehmend ab. Der Sauerstoffpartialdruckabfall wird als Ausdruck zunehmenden Verbrauchs für die Wiederherstellung von Ionengleichgewicht an den Innenohrmembranen gedeutet.

**Lamm K, Ch.Lamm, H. Lamm, A. Heinrich.: 1989:** Simultane Laser-Doppler-Flowmetry zur Bestimmung des cochleären Blutflusses, Sauerstoffpartialdruckmessungen und Elektrokochleographie während Hämodilution.

Hämodilutiva steigern in unterschiedlichem Ausmaß die kochleäre Durchblutung, jedoch nur während der Infusion. Dieser Effekt läßt nach Beendigung der Infusion innerhalb einer Stunde wieder nach. Die Hämodilution mit erhöhter Blutflußgeschwindigkeit verschlechtert die Sauerstoffversorgung des Innenohres. n = 15.

**Lamm Ch., U.Walliser, K.Schumann, K.Lamm 1988:** Sauerstoffpartialdruckmessungen in der Perilymphe der Skala Tympani unter normo- und hyperbaren Bedingungen.

Die Atmung von 100% Sauerstoff bei 1 ATA bewirkt 244,3% und bei 2,6 ATA (HBO) 597% Steigerung des Sauerstoffpartialdruckes, gemessen in verschiedenen Tiefen der Skala Tympani. n = 16.

**Lamm K., Ch.Lamm, H.Lamm, K.Schumann 1988:** Simultane Sauerstoffpartialdruckbestimmungen in der Skala Tympani, Elektrokochleographie und Blutdruckmessungen unter Lärmbelastungen bei Meerschweinchen. n = 14 Tiere; Lärmbelastung führt zu Partialdruckabfall für O<sub>2</sub> und zur Latenzzeitverlängerung der Summenaktionspotentiale sowie zur Amplitudenverminderung der Mikrofonpotentiale. Der Leistungsabfall der Innenohren unter Lärm wird auf ein stoffwechselabhängiges und damit sauerstoffabhängiges Versagen der Ionenpumpen zurückgeführt.

**Lamm, Lamm et al. 1982:** The Effects of Hyperbaric Oxygen on Experimental Noise Damage to the Ears  
n=26 14 reagieren positiv auf HBO mit Verbesserung der Innenohr Funktion ( CM und AP). 12 reagieren wegen des dabei gewählten Narkoseverfahrens nicht pos.( *siehe auch Lamm 1979*)

**Lamm H., W. Alm 1979:** Die Wirkung von hyperbarem Sauerstoff (OHP) auf das normale Innenohr des Meerschweinchens.  
HBO bei Meerschweinchen unter unterschiedlichen Narkosen: Cochlear Microphonics und Summenaktionspotentiale sind unter HBO gesteigert – aber abhängig von Narkoseart.

**Lamm H., D.Dahl, W. Gerstmann 1977:** Die Wirkung von hyperbarem Sauerstoff (OHP) auf die hypoxisch geschädigte Cochlea des Meerschweinchens.  
Mit CO geschädigte Tiere n = 17; HBO beschleunigt Mikrofonpotential-anstieg, mindert bei vorheriger Gabe das Schadensausmaß. Postmortal findet sich noch ein Partialdruckanstieg in der Skala Tympani als Hinweis auf Diffusion durch die Fenster zum Mittelohr.

## Literaturverzeichnis

- Axelsson et al. 1987: The effect of noise on histological measures of cochlear vasculature and red cell: A review. *Hear Res.* 31, 183-92
- Beck 1984: Anatomie der Innenohrschwerhörigkeiten. *Arch Otolaryngol Suppl I*: 1-57
- Beck et al. 1957: Morphologische Veränderungen an der Schnecke des Meerschweinchens bei Sauerstoffmangel und Lärmbelastung. *Arch. Otolaryngol.* 172, 238-45
- Bohne et al. 1983: Holes in the reticular lamina after noise exposure: implication for continuity damage in the organ of Corti. *Hear Res.* 11, 41
- DeHeyn G, Mauroy A, van Opstal M 1976: Etude comparative des traumatismes acoustiques par blasts traites par vasodilateurs ou par association vasodilateurs et oxygene hyperbare. (Comparative study of acoustic trauma caused by blasts: treated by vasodilators or by a combination of vasodilators and hyperbaric oxygenation). *Acta Otorhinolaryngol Belg* 30:251-259
- Demaertelaere et al. 1981: Behandeling van akoestische traumas met hyperbare zuurstof (HBO). *Acta oto-rhino-laryngol (Belg.)* 35, 303-314
- Desloovere et al 1988: Randomisierte Doppelblindstudie zur Hörsturztherapie: Erste Ergebnisse. *HNO* 36, 417-22
- Desloovere et al. 1995: Infusionstherapie bei Hörsturz, Reduktion des Juckreizrisikos nach Hydroxyethylstärke (HES) unter Erhalt des Therapieerfolges - eine prospektive randomisierte Studie. *Laryngo-Rhino-Otol* 74, 468-72
- Drescher 1976: A review of general cochlear biochemistry in normal and noise-exposed ears. In Henderson et al (Hrsg): *Effects of noise on hearing.* Raven Press NewYork S 111
- Drescher 1985: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-activated adenosine triphosphatease and carbonic anhydrase: inner ear enzymes of ion transport. In Drescher (Hrsg): *Auditory biochemistry.* C.C.Thomas Springfield Ill S 436
- Fakhry N; Rostain JC; Cazals Y:* Hyperbaric oxygenation with corticoid in experimental acoustic trauma. *Hearing research; VOL:230 (1-2); 88-92 /200708/ PM: Print-Electronic EPD: 2007*
- Hawkins 1973: Comparative otopathology: aging, noise and ototoxic drugs. *Adv.Oto-Rhino-Laryng* 20, 124-41
- Hesch 1982: Therapeutische Überlegungen zu vaskulären Innenohrerkrankungen. *HNO* 30, 365-74
- Jetter K. 1984: Das Knalltrauma und seine Therapie mit hyperbarem Sauerstoff. *Med Dissertation, Univ. Ulm*
- Kögl WGH 1988: Über die therapeutische Beeinflussbarkeit akuter akustischer Schäden. Eine retrospektive Vergleichsstudie. *Med Dissertation, Univ Ulm*
- Lamm 1989: Simultane Laser-Doppler-Flowmetry zur Bestimmung des kochleären Blutflusses. *Arch.Oto-Rhino-Laryng. Suppl* 89 , 82-3
- Lamm 1989: Simultane Laser-Doppler-Flowmetry zur Bestimmung des kochleären Blutflusses. *Arch.Oto-Rhino-Laryng. Suppl* 89 , 82-3
- Lamm Ch. et al. 1988: Sauerstoffpartialdruckmessungen in der Perilymphe der Skala Tympani unter normo- und hyperbaren Bedingungen. *HNO* 36, 363-6
- Lamm Ch. et al. 1988: Sauerstoffpartialdruckmessungen in der Perilymphe der Skala Tympani unter normo- und hyperbaren Bedingungen. *HNO* 36, 363-6
- Lamm H. 1995: Der Einfluß der hyperbaren Sauerstofftherapie auf den Tinnitus und den Hörverlust bei akuten und chronischen Innenohrschäden. *Otolaryngol Nova* 5, 161-9
- Lamm H. 1995: Der Einfluß der hyperbaren Sauerstofftherapie auf den Tinnitus und den Hörverlust bei akuten und chronischen Innenohrschäden. *Otolaryngol Nova* 5, 161-9

- Lamm K, CH. Lamm, H. Lamm, K. Schumann 1989: Simultane Sauerstoffpartialdruckbestimmungen in der Skala Tympani, Elektrokochleographie und Blutdruckmessungen nach Knalltraumata bei Meerschweinchen. HNO 37, 48-55
- Lamm K, Ch.Lamm, H. Lamm, A. Heinrich.: 1989: Simultane Laser-Doppler-Flowmetry zur Bestimmung des kochleären Blutflusses, Sauerstoffpartialdruckmessungen und Elektrokochleographie während Hämodilution. Arch Otolaryngol Suppl II, 82-83
- Lamm K, Lamm et al. 1988: Simultane Sauerstoffpartialdruckbestimmung in der Skala Tympani, Elektrokochleographie und Blutdruckmessungen nach Lärmbelastungen bei Meerschweinchen. HNO 36, 367-72
- Lamm K. 1995: Rationale Grundlagen einer Innenohrtherapie. Otolaryngol Nova, 5, 153-60
- Lamm Lamm et al. 1982: The Effects of Hyperbaric Oxygen on Experimental Noise Damage to the Ears. Arch. Otolaryngol. 236, 237-244
- Lamm, Lamm et al. 1989: Simultane Laser-Doppler-Flowmetry zur Bestimmung des kochleären Blutflusses. Arch.Oto-Rhino-Laryng. Suppl 89 , 82-3
- Lehnhard 1994: Akustisches Trauma. In Nauman et.al., Oto-Rhino-Laryngol. in Klinik u. Praxis Thieme Bd. 3 757-67
- Lim 1986: Effects of noise and ototoxic drugs at the cellular level in the cochlea: a review. Am J. Otolaryngol 7, 73
- Mathias R, Hamann KF: Vorläufige Ergebnisse der Sachverständigenkommission für Transparenz des Arzneimittelmarktes zum Gebiet der Innenohrfunktionsstörungen. Arch Otolaryngol 1990 (Suppl II): 121 6
- Michel et al. 1991: Plazebokontrollierte Doppelblindstudie zur Hörsturzbehandlung mit einem stabilen Prostacyclinanalog. Laryngo Rhino Otol. 70, 255-9
- Pilgramm 1994: Zur Anwendung der HBO-Therapie beim akuten Knalltrauma. In Tirpiz (Hrsg): Therapie mit hyperbarem Sauerstoff (HBO) in Traumatologie und Notfallmedizin Symposium Duisburg 1993. Springer 51 - 62
- Robertson 1983: Functional significance of dendritic swelling after loud sounds in the guinea pig cochlea. Hear res. 9, 263-78
- Spoendlin: 1980 Akustisches Trauma. in Berendes et al. (Hrsg) HNO-Heilkunde in Klinik und Praxis 2. Aufl. Bd.IV Kapitel 42, Thieme Stuttgart
- Tonndorf: Acute cochlear disorder: The combination of hearing loss, recruitment, poor speech discrimination and tinnitus. Ann Otol 1980 89, 353-8
- Tschopp et al. 1993: Medizinische Aspekte und Therapie von Hörsturz und Knalltrauma. Arch Otorhinolaryng Suppl I 235-6
- Yagi et al. 1978: Vasoaktive Substanzen und Sauerstoffgehalt der Perilymphe. HNO, 90-3
- Yamane et al. 1991: Strial circulation impairment due to acoustic trauma. Acta Otolaryngol. 111, 85-93