

Die Hyperbare Sauerstofftherapie

im Therapiekonzept von

Ostitis / Osteomyelitis des Sternums

nach thoraxchirurgischen Eingriffen

in den Druckkammerzentren

des VDD e.V.



Verband Deutscher
Druckkammerzentren

**Zusammenstellung von Informationen
für Ärzte**

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
www.vdd-hbo.de

Stand: 121114

Ostitis / Osteomyelitis des Sternums **nach thorax-/kardiochirurgischen Eingriffen**

Die Wundinfektion des Sternums mit möglicherweise nachfolgender Dehiszenz stellt eine ernste und mit hoher Morbidität und Mortalität belastete Komplikation nach kardiochirurgischen Eingriffen dar. Eine Ausbreitung des Prozesses ins Mediastinum mit möglichem Befall von eingebrachten Implantaten oder Gefäßanastomosen kann deletäre Folgen für den Patienten haben. Die Gesamthäufigkeit der Infektionen nach medianer Sternotomie wird in der Literatur mit 0,4 bis 5% angegeben, wobei eine Mortalität von 5 bis 40% beobachtet wird.

Zu den wesentlichen pathogenetischen Faktoren werden u.a. chronische bronchopulmonale Erkrankungen gezählt, die über repetitives Husten und einer Hyperplasie der Atemmuskulatur zu einer überproportionalen Spannungsbelastung der Sternotomiewunde führen. Die Entnahme der A. mammaria interna zum aortokoronaren Bypass kann, v.a. bei beidseitigem Vorgehen, zu einer Ischämie und damit Hypoxie des Sternums führen und nachfolgend die Infektresistenz und Wundheilung beeinträchtigen. Riddick bezeichnet die sternale Wunde als naturgemäß ischämisch und hypoxisch.

Bei sternalen Infektionen und bei sternalen Wunddehiszenzen soll die HBO generell - auch wegen der möglicherweise deletären Folgen der Erkrankung im Akutstadium - als Adjuvans eingesetzt werden.

Die rationale Grundlage der HBO-Therapie leitet sich aus verschiedenen experimentell nachgewiesenen Effekten ab. So wird die HBO-Therapie angewendet, um die Keimeliminierung zu unterstützen und die Neubildung von Gewebe zu fördern. Durch die Verbesserung der Funktion der PMN-Granulozyten sowie direkte toxische Effekte gegenüber Anaerobiern wird der Infekt limitiert. Das durch osteoklastäre Aktivität bewirkte „mikroskopische Debridement“ mit Abräumung nekrotischen Knochens ist nur bei einer suffizienten Sauerstoffspannung im Gewebe möglich. Die Stimulierung der Fibroblastenfunktion, der Kollagensynthese und Angiogenese durch die HBO-Therapie trägt zur Beschleunigung des Wiederaufbaus des Gewebes bei. Hieraus resultiert eine verbesserte Osteoneogenese.

Inhalt:

Einleitung – Zusammenfassung zur Indikation

Literaturzusammenfassung

Riddick Mf: Sternal wound infections, dehiscence and sternal osteomyelitis: The role of hyperbaric oxygen therapy. Kinwall (hrsg.): Hyperbaric Medicine Practice. Best Publishing Company 1994; 430 – 446

Barthelemy A: Post-Sternotomiy Mediastinitis. Mathieu (ed.) Handbook on Hyperbaric Medicine- Springer 2006; 567-576

Kemmer A et. al.: Persistent Osteomyelitis. Mathieu (ed.) Handbook on Hyperbaric Medicine- Springer 2006; 429 - 449

Jain KK: Osteomyelitis mit Sternumosteomyelitis in Jain (Hrsg) Textbook of Hyperbaric Medicine, Hofgreffe & Huber 2004⁴; 144 - 146

Jain KK: HBO Therapy in Infections in Jain (Hrsg) Textbook of Hyperbaric Medicine, Hofgreffe & Huber 2004⁴; 133 - 135

Dr. Plafki, Dr. Welslau

Die Hyperbare Sauerstofftherapie (HBO) als Behandlungsmethode im Rahmen des Therapiekonzeptes bei

Knocheninfektionen (einschl. sternaler Lokalisation)

Der Einsatz der hyperbaren Sauerstofftherapie (HBO) nach den Qualitätsstandards der GTÜM (Ges. f. Tauch- und Überdruckmedizin e.V.) und des VDD e.V. (Verband Deutscher Druckkammerzentren e.V.) ist sinnvoll bei:

Chronisch-therapierefraktärer Osteomyelitis der Röhrenknochen:

als adjuvante Therapie bei sechswöchiger Therapieresistenz gegenüber adäquater Antibiose und mindestens einmaligem Versuch der operativen Sanierung

als adjuvante Maßnahme bei Patienten mit lokal oder systemisch beeinträchtigter Abwehrlage („compromized host“)

Infektionen des Sternums und des Kраниums:

- generell - auch im Akutstadium - als adjuvante Therapie

Inhaltsübersicht:

1. Behandlungsindikationen
2. Therapeutischer Nutzen (Studien und Expertenaussagen)
3. Risiken
4. Wirtschaftlichkeit
5. Anlagen
6. Literaturverzeichnis

1. Behandlungsindikationen

1.1 Allgemeines zur chronisch therapierefraktären Osteomyelitis der Röhrenknochen

Der Begriff der Osteomyelitis subsummiert alle Infektionen des Knochengewebes, wobei die Erregerbesiedelung des Knochens entweder durch eine hämatogene Aussaat oder durch eine direkte Inokulation der Erreger im Rahmen einer offenen Knochenverletzung oder bei einer operativen Freilegung des Knochengewebes

möglich ist. Zahlenmäßig steht bei Erwachsenen die posttraumatische Genese im Vordergrund (11). Hierbei sind offene Frakturen besonders gefährdet, aber auch jedes Osteosyntheseverfahren birgt das Risiko einer postoperativen Osteitis in sich. Die eingebrachten Implantate schaffen dabei Ausbreitungswege entlang derer sich der infektiöse Prozess auch in frakturferne Bereiche bewegen kann. Bei Betrachtung aller geschlossenen Frakturen ist das Risiko einer Osteitis nach Osteosynthese mit ca. 1% einzustufen, während alle offenen Frakturen ein höheres Risiko von 5-10% besitzen (11). Als auslösender Erreger wird am häufigsten Staphylococcus aureus isoliert (11).

Von einer chronisch therapierefraktären Osteomyelitis wird gesprochen, wenn die Infektion trotz adäquater Intervention persistiert oder rezidiert. Der Verlauf kann sich dann über Monate und Jahre erstrecken. Auch wenn die klinischen Zeichen der Infektion verschwinden, kann nicht von einer Ausheilung ausgegangen werden, da eine lebenslange Rezidivgefahr besteht (23, 26).

Die Standardtherapie schließt eine Antibiose, ein chirurgisches Debridement und rekonstruierende Maßnahmen ein, wobei alle Verfahren hinsichtlich ihrer Erfolgsaussichten limitiert sind (27, 6). So beobachteten Weiland et al. bei 21% der Patienten mit freiem Gewebstransplantat ein Versagen des Transplantates und bei weiteren 20% ein Infektionsrezidiv (27). Hall et al. berichten über ein Therapieversagen bei 61,5% der Patienten mit aerob-anaerober Mischinfektion (6).

1.2 Pathogenetische Faktoren

Die pathophysiologischen Abläufe variieren je nach Ursache der Osteitis. Allgemein lassen sich jedoch für die posttraumatische Osteitis folgende Pathogenitätsfaktoren abgrenzen:

- Weichteilschäden und alterierte Blutversorgung
- Bakterieninokulation
- Instabilität des Frakturbereiches entweder primär als Ursache einer ausbleibenden Frakturheilung oder sekundär als Konsequenz einer Entzündung mit nachfolgend gestörter Frakturkonsolidierung
- allgemeine Abwehrlage des Organismus und lokal beeinträchtigende Faktoren wie z.B. das Hämatom (23).

Bei Vorliegen avitalen Knochengewebes können körpereigene Abwehrmechanismen nicht wirksam werden und Antibiotika erreichen den Infektionsherd nicht (12).

Bei Patienten mit chronischer posttraumatischer Osteomyelitis wurde eine signifikante Funktionsabschwächung der Phagozyten festgestellt während sich die entsprechenden Zellen akuter Osteomyelitispatienten unbeeinträchtigt zeigten (21, 8).

1.3 Einteilungen

Eine Klassifikation der Osteomyelitis, die den anatomischen Typ der Infektion und die physiologischen Konditionen des Patienten berücksichtigt, wurde von Cierny und Mader vorgeschlagen (3):

anatomischer Typ

1. medulläre Osteomyelitis
2. oberflächliche Osteomyelitis
3. lokalisierte Osteomyelitis
4. diffuse Osteomyelitis

physiologische Klassifizierung

- A. unbeeinträchtigter Patient
- B. systemisch (Bs) oder lokal (Bl) beeinträchtigter Patient
- C. Behandlung beeinträchtigender als die Erkrankung selber

1.4 Allgemeines zur Osteomyelitis des Sternums

Die Wundinfektion des Sternums mit möglicherweise nachfolgender Dehiszenz stellt eine ernste und mit hoher Morbidität und Mortalität belastete Komplikation nach kardiochirurgischen Eingriffen dar. Eine Ausbreitung des Prozesses ins Mediastinum mit möglichem Befall von eingebrachten Implantaten oder Gefäßanastomosen kann deletäre Folgen für den Patienten haben. Die Gesamthäufigkeit der Infektionen nach medianer Sternotomie wird in der Literatur mit 0,4 bis 5% angegeben, wobei eine Mortalität von 5 bis 40% beobachtet wird (14, 5, 19, 13).

Zu den wesentlichen pathogenetischen Faktoren werden u.a. chronische bronchopulmonale Erkrankungen gezählt, die über repetitives Husten und einer Hyperplasie der Atemmuskulatur zu einer überproportionalen Spannungsbelastung der Sternotomiewunde führen. Die Entnahme der A. mammaria interna zum aortokoronaren Bypass kann, v.a. bei beidseitigem Vorgehen, zu einer Ischämie und damit Hypoxie des Sternums führen und nachfolgend die Infekteresistenz und Wundheilung beeinträchtigen (22). Riddick bezeichnet die sternale Wunde als naturgemäß ischämisch und hypoxisch (22).

2. Therapeutischer Nutzen der HBO-Therapie

2.1 Übersicht

Die Hyperbare Sauerstofftherapie (HBO) soll als adjuvante Behandlung eingesetzt werden, wenn eine Standardtherapie bestehend aus mindestens einem chirurgischen Sanierungsversuch und testgerechter Antibiose nicht zur Infektausheilung geführt hat. Insbesondere bei beeinträchtigten Patienten der Cierny und Mader Gruppen 3B und 4B soll die adjuvante HBO-Therapie zum Einsatz kommen. Bei sternalen und kranialen Infektionen und bei sternalen Wunddehiszenzen

soll die HBO generell - auch wegen der möglicherweise deletären Folgen der Erkrankung im Akutstadium - als Adjuvans eingesetzt werden.

Die rationale Grundlage der HBO-Therapie leitet sich aus verschiedenen experimentell nachgewiesenen Effekten ab (1, 2, 15, 18). So wird die HBO-Therapie angewendet, um die Keimeliminierung zu unterstützen und die Neubildung von Gewebe zu fördern. Durch die Verbesserung der Funktion der PMN-Granulozyten sowie direkte toxische Effekte gegenüber Anaerobiern wird der Infekt limitiert. Das durch osteoklastäre Aktivität bewirkte „mikroskopische Debridement“ mit Abräumung nekrotischen Knochens ist nur bei einer suffizienten Sauerstoffspannung im Gewebe möglich (26). Die Stimulierung der Fibroblastenfunktion, der Kollagensynthese und Angiogenese durch die HBO-Therapie trägt zur Beschleunigung des Wiederaufbaus des Gewebes bei (4, 9). Hieraus resultiert eine verbesserte Osteoneogenese.

Im Falle einer Gefährdung von Lappentransplantaten durch Ischämie und Hypoxie soll die HBO-Therapie auch bei Osteomyelitispatienten adjuvant zur Rettung des Transplantates eingesetzt werden, solange noch eine Restperfusion vorhanden ist (10). Nähere Erläuterungen zur HBO-Therapie bei gefährdeten Lappenplastiken werden in einem gesonderten Antrag ausgeführt.

Die Jury der „1st European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine“ (ECHM) erklärt zur chronisch therapierefraktären Osteomyelitis, wobei die sternale und kraniale Lokalisation dahingehend differenziert aufgeführt wird, dass eine Behandlung generell und damit auch im Akutstadium empfohlen wird, am 21.09.94: *„Die HBO-Therapie wird bei chronisch therapierefraktärer Osteomyelitis definiert als osteomyelitische Läsion, die länger als 6 Wochen nach adäquater Antibiotikatherapie und mindestens einer operativen Intervention persistiert sowie bei sternaler und kranialer Osteomyelitis, empfohlen.“* (20)

Der MDK Sachsen-Anhalt, Magdeburg, ordnete in Bezugnahme auf die Beschlüsse der ECHM von 1994 die chronisch therapierefraktäre Osteomyelitis, auch die des Sternums, in die Kategorie der „empfohlenen Indikationen“ ein: *„Die HBO-Therapie bewirkt eine beschleunigte Ausheilung, ist ein indizierter Bestandteil der Behandlung.“* (16)

Ein umfassendes Gutachten des MDK Baden-Württemberg, Friedrichshafen, vom Juni 1995 urteilt folgendermaßen: *„In bestimmten bedrohlichen Situationen kann die Hyperbare Oxygenation kaum vorenthalten werden, sie ist aber nicht als solitäres Verfahren denkbar...“* (16)

Die „Undersea and Hyperbaric Medical Society“ (UHMS) gibt im Rahmen ihres Committee Reports 1996 folgende Empfehlung:

„Refraktäre Osteomyelitis bezeichnet eine chronische Osteomyelitis, die persistiert oder rezidiert nachdem adäquate Interventionen durchgeführt wurden oder eine akute Osteomyelitis, die nicht auf die üblichen Behandlungsverfahren anspricht. ... Wir empfehlen die Anwendung der HBO-Therapie bei Patienten mit Stadium 3B und 4B Osteomyelitis (Anmerkung: nach Cierny u. Mader), wenn die o.g. Definition der refraktären Osteomyelitis zutrifft.“ (2)

Roesgen et al. beurteilen die Rolle der HBO-Therapie bei Patienten mit chronischer Osteomyelitis folgendermaßen:

„Eine zusätzliche Behandlung mit Hyperbarem Sauerstoff scheint bei Patienten mit chronischer Osteomyelitis das infektionsfreie Intervall zu verlängern“ (23).

2.2 Studien und Expertenaussagen

Fall-Kontroll- oder Kohorten-Studien

1. Riddick, M.F.: STERNAL WOUND INFECTIONS, DEHISCENCE, AND STERNAL OSTEOMYELITIS: THE ROLE OF HYPERBARIC OXYGEN THERAPY. In: Kindwall, E.P.: Hyperbaric Medicine Practice, Best Publishing, Comp., Flagstaff, AZ, USA 1995: 429-446

Riddick behandelte 26 Patienten, die unter einer sternalen Wundheilungsstörung und/oder Infektion nach Sternotomie zur aortokoronarer Bypassoperation litten, mit adjuvanter HBO-Therapie. Insbesondere im Fall von Frühinfektionen und Dehiszenzen zeigte sich in der mit HBO behandelten Gruppe eine reduzierte Hospitalisierungszeit, ein geringerer Antibiotikabedarf und eine verringerte Morbidität. Bei Patienten mit Spätinfektionen und -dehiszenzen des Sternums zeigte sich in der HBO-Gruppe v.a. eine Verringerung der erneuten stationären Behandlungen (22)

Nicht-kontrollierte klinische Studien

1. Slack, W.K., Thomas, D.A., Perrins, D.: HYPERBARIC OXYGENATION IN CHRONIC OSTEOMYELITIS. Lancet (1965): 1093-1094.

Slack et al. berichteten über die erfolgreiche Behandlung einer chronischen Osteitis bei fünf Patienten. Der Behandlungsgesamtdruck betrug 200 kPa. Die Expositionszeiten waren variabel (24)

2. Morrey, B.F., Dunn, J.M., Heimbach, R.D.: HYPERBARIC OXYGEN AND CHRONIC OSTEOMYELITIS. Clin. Orthop. 144 (1979): 121-127 u. Clin. Orthop. 205 (1986): 310.

Morrey et al. berichten über die Ergebnisse bei Anwendung adjuvanter HBO-Therapie bei 53 Patienten mit chronisch posttraumatischer Osteomyelitis. 65% der Patienten entwickelten ihre Infektion im Rahmen einer offenen Fraktur oder eines Schußbruchs. Die Beschwerden bestanden seit durchschnittlich 30 Monaten. Eine Nachuntersuchung von 40 Patienten zeigte eine Ausheilung bei 85% nach 23 Monaten und selbst nach über 8 Jahren noch Beschwerdefreiheit bei 75%. Insbesondere vor dem Hintergrund einer schlechten Prognose bei vielen Patienten dieses Kollektivs werden die Resultate als ermutigend gewertet (17)

3. Davis, J.C., Heckmann, J.D., DeLee, J.C., Buckwold, F.J.: CHRONIC NON-HEMATOGENOUS OSTEOMYELITIS TREATED WITH ADJUVANT HYPERBARIC OXYGEN. J. Bone/Joint Surg. 68A (1986): 1210-1217.

Davis et al. behandelten 38 chronische Osteomyelitispatienten, von denen keiner während der letzten 2 Jahre vor Studienbeginn länger als 3 Monate symptomfrei war, mit einer kombinierten Therapie bestehend aus Debridement, Antibiose und Hyperbarer Oxygenation. Die Beschwerdedauer in diesem Kollektiv lag bei durchschnittlich 8,9 Jahren, wobei jeder Patient im Schnitt 6 operative Revisionen erhalten hatten. Nach einem durchschnittlichen Nachbeobachtungszeitraum von 34 Monaten waren 34 der 38 Patienten dauerhaft symptomfrei. Im Mittel wurden 38 tägliche HBO-Behandlungen bei 240 kPa Gesamtdruck und 90minütiger Sauerstoffgabe durchgeführt (4).

4. Stassano, P., Cammarota, A., De Martino, G., Buonocore, G., Mannacio, V., Sampinato, B.: HYPERBARIC OXYGEN IN THE TREATMENT OF STERNAL INFECTION. J. Hyperbaric Med. 4 (1989): 17-21

Stassano et al. wendeten eine adjuvante HBO-Therapie bei 7 Patienten mit einer postoperativen Sternuminfektion an. In dieser Gruppe wurden keine Todesfälle beobachtet. Ein Patient entwickelte eine chronische Osteomyelitis und benötigte eine erneute chirurgische Sanierung und postoperative HBO-Therapie. Im Mittel wurden 20 HBO-Behandlungen appliziert (25).

wissenschaftlich begründete Expertenaussagen

1. Calhoun, J.H., Cobos, J.A., Mader, J.T.: DOES HYPERBARIC OXYGEN HAVE A PLACE IN THE TREATMENT OF OSTEOMYELITIS? Orthop. Clin. N. Am. 22 (1991): 467-471.

Calhoun et al. sehen eine Indikation für die adjuvante HBO-Therapie bei Patienten mit fortgeschrittener Osteomyelitis (Stadium 3B u. 4B) oder bei Patienten, bei denen eine Unterdrückung der Osteomyelitis durch besondere Umstände eher indiziert ist als die definitive Therapie. Die Autoren weisen auf die Schwierigkeiten der Durchführung eines doppelblind-randomisierten Studiendesigns hin, da das Patientengut sehr heterogen ist (1).

2. Camporesi, E. (Hrsg.): HYPERBARIC OXYGEN THERAPIE, A COMMITTEE REPORT. Undersea and Hyperbaric Medical Society, Kensington, MD, USA, 1996.

Die „Undersea and Hyperbaric Medical Society“ (UHMS) empfiehlt eine adjuvante HBO-Therapie bei den schwerwiegendsten Fällen der Cierny und Mader Klassifikation 3B und 4B (lokalisierte oder diffuse Osteomyelitis bei kompromittierten Patienten), wenn die Definitionskriterien für die chronisch therapierefraktäre Osteomyelitis zutreffen. Die Rolle der HBO-Therapie als Adjuvans begleitend zu chirurgischem Debridement, rekonstruierenden Operationen, adäquater Antibiose und einer suffizienten Ernährung wird hervorgehoben (2).

3. Perret, C.: 1st EUROPEAN CONSENSUS CONFERENCE ON HYPERBARIC MEDICINE. RECOMMENDATIONS OF THE JURY. European Committee for Hyperbaric Medicine, Lille (F), 19.-21.09.94

Die Jury der „1st European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine“ (ECHM) führt in ihren Empfehlungen die chronisch therapierefraktäre Osteomyelitis unter denjenigen Indikationen auf, die eine adjuvante HBO-Therapie benötigen und zwar dann, wenn die Läsion nach 6 Wochen adäquater Antibiose und mindestens einer operativen Revision persistiert. **Bei sternalen** und kranialen Lokalisationen wird die HBO-Therapie generell und ohne die Beschränkung auf nach obiger Definition chronische Fälle empfohlen (20).

4. Mayer, E.D.: CHIRURGISCHE UND ANDERE EINSATZGEBIETE DER HYPERBAREN OXYGENATIONSTHERAPIE (HBO). MDK Baden Württemberg, Friedrichshafen, Juni 1995:

Mayer umfassendes Gutachten geht von einem möglichen Therapieerfolg der Hyperbaren Sauerstofftherapie bei der chronisch therapierefraktären Osteomyelitis aus und betont, daß sie in bestimmten bedrohlichen Situationen kaum vorenthalten werden kann. Der adjuvante Charakter der HBO-Therapie wird herausgestellt. Mayer

betont insbesondere den vornehmlich postoperativen Einsatz der HBO, wobei je nach Situation eine ambulante Behandlung als möglich angesehen wird (16).

5. Heberlein, E.: STELLUNGNAHME ZU INDIKATIONEN ZUR SAUERSTOFFÜBERDRUCKBEHANDLUNG (HBO), MDK Sachsen-Anhalt, Magdeburg 14.10.96:

Heberlein ordnet in Bezugnahme auf den Bericht der Jury der Konsensus-Konferenz vom September 1994 die chronisch-therapierefraktäre Osteomyelitis unter Einbezug der sternalen Lokalisation in die Kategorie „empfohlene Indikationen“ ein und erklärt: *„Die HBO bewirkt eine beschleunigte Ausheilung, ist ein indizierter Bestandteil der Behandlung. Eindeutige wissenschaftliche Studien werden nicht vorgehalten, sondern weitgehend Erfahrungen.“* (7).

6. Roesgen, M., Hierholzer, G., Hax, P.M.: POST - TRAUMATIC OSTEOMYELITIS - PATHOPHYSIOLOGY AND MANAGEMENT. Arch. Orthop./Trauma Surg. 108 (1989): 1-9

Roesgen et al. beurteilen in ihrem umfassenden Übersichtsartikel die Rolle der HBO-Therapie in Bezugnahme auf die Arbeit von Davis et al. folgendermaßen: *„Eine zusätzliche Behandlung mit Hyperbarem Sauerstoff scheint bei Patienten mit chronischer Osteomyelitis das infektionsfreie Intervall zu verlängern* (23).

3. Risiken

Die Risiken der HBO-Therapie bei der chronisch therapierefraktären Osteomyelitis unterscheiden sich nicht von denen bei anderen Behandlungsindikationen. Sie werden hier nicht gesondert aufgeführt, sondern in einer zusammenfassenden Darstellung erörtert (s. „Risiken der HBO-Therapie“).

Die Behandlung der sternalen Lokalisationen beinhaltet per se kein erhöhtes Risiko, wobei die kardiale Situation des Patienten jedoch zunächst umfassend zu evaluieren ist, um einen adäquaten Therapieplan aufstellen zu können. Druckkammern zur Behandlung von kardiopulmonalen Risikopatienten müssen mit allen Möglichkeiten der Intensivüberwachung und -therapie sowohl apparativ als auch personell ausgestattet sein. Die Therapie solcher Patienten in Monoplatzkammern ist nicht möglich. Nur bei Beachtung dieser Voraussetzungen ist eine HBO-Therapie mit gutem Nutzen/Risiko-Verhältnis möglich (22).

4. Wirtschaftlichkeit

Unter Berücksichtigung der dargestellten Patientenselektionskriterien erscheint nicht nur eine klinische Effektivität, sondern auch ein kostensparender Aspekt der HBO-Therapie gegeben. Im Rahmen o.g. Studien wurden 60-85% Patienten, die keine Besserung unter tw. jahrelanger aufwendiger und teurer operativer Therapie und Antibiose erreichten, langfristig geheilt, wenn ein therapeutisches Konzept aus HBO-Therapie, operativer Revision und Antibiotikatherapie zur Anwendung kam.

Loop et al. (13) zeigten erhebliche Kosten durch sternale Wundkomplikationen auf, die im Mittel um den Faktor 2,8 höher als bei den Patienten mit unkomplizierten Heilungsverläufen lagen. Die Studie Riddick (22) wies einen kostensparenden Effekt innerhalb der Patientengruppe, die mit einer adjuvanten HBO-Therapie bei sternalen Infektionen behandelt wurden, im Vergleich zur nichtbehandelten Gruppe nach.

5. Anlagen (komplette Literaturstellen zur Belegung der Aussagen sind über den Verband Deutscher Druckkammerzentren e.V., Cuno Niggel Str. 3 83278 Traunstein zu beziehen)

(1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27)

6. Literaturverzeichnis

1. Calhoun, J.H., Cobos, J.A., Mader, J.T.: Does Hyperbaric Oxygen Have a Place in the Treatment of Osteomyelitis? *Orthop. Clin. N. Am.* 22 (1991): 467-471.
2. Camporesi, E. (Hrsg.): *Hyperbaric Oxygen Therapy, a Committee Report.* Undersea and Hyperbaric Medical Society, Kensington, MD, USA, 1996.
3. Cierny, G., Mader, J.T., Penninck, J.J.: A Clinical Staging System of Adult Osteomyelitis. *Contemp. Orthop.* 10 (1985): 17-37
4. Davis, J.C., Heckmann, J.D., DeLee, J.C., Buckwold, F.J.: Chronic Non-Hematogenous Osteomyelitis Treated with Adjuvant Hyperbaric Oxygen. *J. Bone/Joint Surg.* 68A (1986): 1210-1217.
5. Grossi, E.A., Culliford, A.T., Krieger, K.H., Kloth, D., Röss, R., Baumann, F.G., Spencer, F.C.: A Survey of 77 Major Complications of Median Sternotomy: a Review of 7949 Consecutive Operative Procedures. *Ann. Thoracic Surg.* 40 (1985): 214-223
6. Hall, B.B., Fitzgerald, R.H., Rosenblatt, J.E.: Anaerobic Osteomyelitis. *J. Bone/Joint Surg.* 65A (1983): 30-35
7. Heberlein, E.: Stellungnahme zu Indikationen zur Sauerstoffbehandlung (HBO), MDK Sachsen-Anhalt, Magdeburg 14.10.96:

8. Hierholzer, S., Hierholzer, G.: Untersuchungen zur Leistung phagozytischer Zellen bei Patienten mit posttraumatischer Osteomyelitis. *Unfallheilkunde* 82 (1979): 192-199
9. Hunt, T.K., Pai, M.P.: The Effect of Varying Ambient Oxygen Tensions on Wound Metabolism and Collagen Synthesis. *Surg. Gynecol. Obstetrics* 135 (1972): 561-567
10. Kindwall, E.P., Gottlieb, L.J., Larson, D.L.: Hyperbaric Oxygen Therapy in Plastic Surgery: a Review Article. *Plastic Reconstr. Surg.* 88 (1991): 898-908
11. Kinzl, L., Fleischmann, W.: Entzündliche Knochen- und Gelenkerkrankungen. In: Jäger M., Wirth, C.J.: *Praxis der Orthopädie*, Thieme 1992, 576-595
12. Krüger-Franke, M., Carl, C., Haus, J.: Die Behandlung der infizierten Marknagelosteosynthese. *Aktuelle Traumatologie* 23 (1993): 72-76
13. Loop, F.D., Lytle, B.W., Cosgrove, D.M., Mahfood, S., McHenry, M.C., Goormastic, M., Stewart, R.W., Golding, L.A.R., Taylor, P.C.: Sternal Wound Complications after Isolated Artery Bypass Grafting: Early and Late Mortality, Morbidity and Cost of Care. *Ann. Thoracic Surg.* 49 (1990): 179-187
14. Lovich, S.F., Iverson, L.I.G., Young, J.N., Ennix, C.L., Harrell, J.E., Ecker, R.R., Lau, G., Joseph, P., May, I.A.: Omental Pedicle Grafting in the Treatment of Postcardiotomy Sternotomy Infection. *Arch. Surg.* 124 (1989): 1192-1194
15. Mader, J.T., Brown, G.L., Guckian, J.C., Wells, C.H., Reinartz, J.A.: A Mechanism for the Amelioration by Hyperbaric Oxygen of Experimental Osteomyelitis in Rabbits. *J. Infect. Dis.* 142 (1980): 915-922
16. Mayer, E.D.: *Chirurgische und andere Einsatzgebiete der hyperbaren Oxygenationstherapie (HBO)*. MDK Baden Württemberg, Friedrichshafen, Juni 1995:
17. Morrey, B.F., Dunn, J.M., Heimbach, R.D.: Hyperbaric Oxygen and Chronic Osteomyelitis. *Clin. Orthop.* 144 (1979): 121-127 u. *Clin. Orthop.* 205 (1986): 310.
18. Niinikoski, J., Hunt, T.K.: Oxygen Tensions in Healing Bone. *Surg., Gynecol. Obstetrics* 134 (1972): 746-750
19. Ottino, G., de Paulis, R., Pansini, S., Rocca, G., Tallone, M.V., Comoglio, C., Costa, P., Orzan, F., Morea, M.: Major Sternal Wound Infection after Open-Heart Surgery: a Multivariate Analysis of Risk Factors in 2579 Consecutive Operative Procedures. *Ann. Thoracic Surg.* 44 (1987): 173-179
20. Perret, C.: 1st European consensus conference on hyperbaric medicine. Recommendations of the jury. European Committee for Hyperbaric Medicine, Lille (F), 19.-21.09.94
21. Peters, K.M., Koberg, K., Zwadlo-Klarwasser, G., Zilkens, K.W.: Immunreaktionen bei der chronisch posttraumatischen Osteomyelitis. *Z. Orthop.* 129 (1991): 313-318

22. Riddick, M.F.: Sternal Wound Infections, Dehiscence, and Sternal Osteomyelitis: the Role of Hyperbaric Oxygen Therapy. In: Kindwall, E.P.: Hyperbaric Medicine Practice, Best Publishing, Comp., Flagstaff, AZ, USA 1995: 429-446
23. Roesgen, M., Hierholzer, G., Hax, P.M.: Post - Traumatic Osteomyelitis - Pathophysiology and Management. Arch. Orthop./Trauma Surg. 108 (1989): 1-9
24. Slack, W.K., Thomas, D.A., Perrins, D.: Hyperbaric oxygenation in chronic osteomyelitis. Lancet (1965): 1093-1094.
25. Stassano, P., Cammarota, A., De Martino, G., Buonocore, G., Mannacio, V., Sampinato, B.: Hyperbaric Oxygen in the Treatment of Sternal Infection. J. Hyperbaric Med. 4 (1989): 17-21
26. Strauss, M.B., Malluche, M.M., Faugere, M.C., Greenberg, D.A., Hart, G.B., Green, S.: Effect of hyperbaric oxygen on bone resorption in rabbits. 7th Annual Conference on the clinical applications of hyperbaric oxygen, Anaheim, CA, USA 9.-11.06.1982
27. Weiland, A.J., Moore, J.R., Daniel, R.K.: The efficacy of free tissue transfer in the treatment of osteomyelitis. J. Bone/Joint Surg. 66A (1984): 181-193