



Das Diabetische Fußsyndrom

- Adjuvant behandelt mit
hyperbarem Sauerstoff (HBO) -

Druckkammerzentrum im
Klinikum Traunstein

Institut für hyperbare
Sauerstoffbehandlung
und Tauchmedizin

Fon +49 (0) 861 159 67
Fax +49 (0) 861 158 89
Cuno-Niggel-Straße 3
D-83278 Traunstein
mail@hbo-traunstein.de
www.hbo-traunstein.de

Der adjuvante Einsatz der HBO beim DFS gründet sich auf:

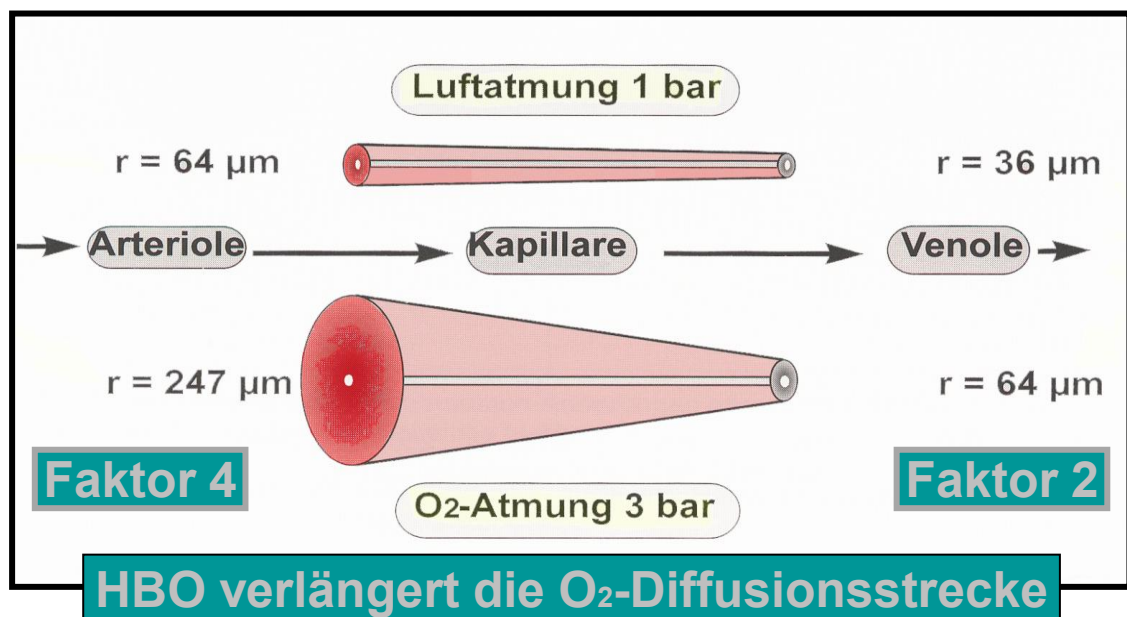
- Ergebnisse der experimentellen Forschung
- Ergebnisse der klinischen Forschung (Studien der Evidenzklasse Ia – auch von Cochrane gelistet)
- Bewertung der wissenschaftlichen Basis durch den gemeinsamen Bundesausschuss (g-BA)
- S3 Leitlinie der deutschen Gesellschaft für Wundbehandlung DGfW, Mitglied der Arbeitsgemeinschaft medizinisch wissenschaftlicher Fachgesellschaften (AWMF)
- die internationale Anerkennung dieser Therapieform

Man geht davon aus, dass bei rechtzeitiger Schulung von Patienten und Behandlungsteam etwa die Hälfte der größeren Amputationen vermeidbar ist.

In Fällen, die für die Behandlung mit hyperbarem Sauerstoff in Frage kommen, kann die Amputationsrate um 30% gesenkt werden.

Physiologische Effekte der HBO

- Bewirkt ausreichende Gewebeoxygenierung
- Steigert direkt die Fibroblastenreplikation
- Steigert direkt die Kollagensynthese
- Dadurch die Angiogenese
- Fördert die antibakterielle Aktivität der Leukozyten
- Hat direkt letalen Effekt auf Anaerobier



Voraussetzungen für die Durchführung der HBO-Therapie bei Patienten mit DFS

- Nicht heilendes DFS-Ulkus unter Ausnutzung der Standardtherapie über 4 Wochen bei Wagner III aufwärts
- Mögliche Entlastungsmaßnahmen durchgeführt
- Gefäßrekonstruktionsmöglichkeiten geklärt und ggf. durchgeführt
- Bestmögliche Diabeteseinstellung erfolgt (HbA1c)
- Weiterbehandlung mit Standardtherapie während HBO organisiert
- Wundhypoxie gesichert (wundrandnahe transkutane pO_2 -Messung = Mapping, siehe nächste Seite)
- Hyperoxygenierung möglich (wundrandnahe $tcpO_2$ Messung)
- Ausschluss von Kontraindikationen für Therapie im Überdruck

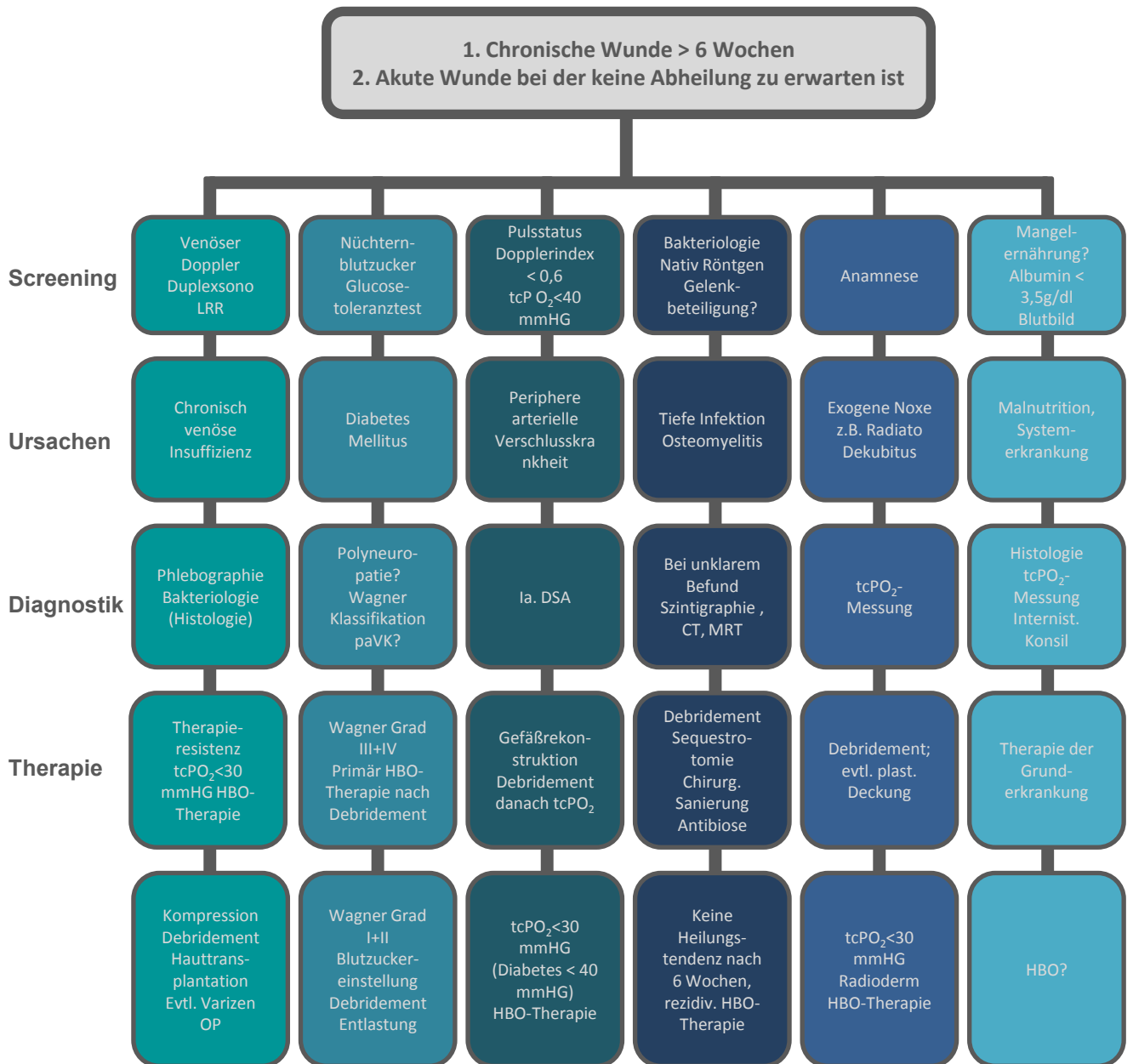
Mapping

- Zur Überprüfung der Indikation führen wir vor der HBO-Therapie ein „Sauerstoff-Mapping“ durch. Hierbei wird zunächst bei normaler Luftatmung der Sauerstoffpartialdruck im Wundrand-Gewebe bestimmt (Klebe-Sonde). Sauerstoffdrücke über 50 mmHg machen einen lokalen Sauerstoffmangel als Ursache der Wundheilungsstörung unwahrscheinlich und sprechen gegen die Anwendung der HBO. Werte unter 35 mmHg sprechen für einen Sauerstoffmangel [Ratcliff et al. 1984; Harward et al. 1985; Takiwaki et al. 1991; Smith et al. 1996, Padberg et al. 1996, Wattel et al. 1990, Dooley et al. 1997].
- Bei diesen Patienten wird anschließend der Sauerstoffpartialdruck im Wundrand-Gewebe bei Atmung von 100% Sauerstoff unter Normaldruck gemessen. Wenn hierbei der Sauerstoffpartialdruck auf mindestens das Doppelte ansteigt, ist eine adjuvante Behandlung mit HBO erfolgversprechend [Harvard et al. 1985].
- Während der ersten HBO-Behandlung kann dann erneut der Sauerstoff im Wundrand-Gewebe geprüft werden. Für eine erfolgreiche HBO-Therapie sollten mindestens 100 mmHg erreicht werden [Wattel et al. 1990; Smith et al. 1996]. Andernfalls ist die HBO-Therapie nicht erfolgversprechend. Stattdessen sind ggf. andere Therapiemaßnahmen in Erwägung zu ziehen. Somit ist nur ein Teil der DFS-Patienten (ca. 30%) für eine HBO-Therapie geeignet.



Mapping

Algorithmus für die Behandlung von nicht heilenden Wunden



Wie oft kommt es aufgrund eines DFS zu Amputationen?

- Eine repräsentative Untersuchung aus Oberbayern ergab eine Amputationsfrequenz von 7 auf 1.000 Diabetiker pro Jahr [Stiegler et al. 1998]. Damit liegt die Frequenz 25mal über derjenigen der Nichtdiabetiker.
- Innerhalb von vier Jahren nach der Erstampulation sind bei etwa 53 % der Amputationsfälle Amputationen auch auf der Gegenseite erforderlich. Bei etwa 27 % der Amputationsfälle wird eine erneute weitergehende Amputation auf der gleichen Seite erforderlich.
- Ca. 20 % der gesamten Leistungsausgaben der GKV entstehen aufgrund von Diabetes und diabetesbedingten Komplikationen [Finck et al. 2015]
- Bis zu 10 % der deutschen Bevölkerung sind an Diabetes erkrankt [Finck et al. 2015]
- Täglich 11,5 Amputationen in Deutschland [Heller 2004]
- Kein Rückgang der Amputationsraten in den letzten 10 Jahren

Was kann man von der adjuvanten HBO beim DFS erwarten?

- Wenn Patienten nach eingehender Untersuchung für die HBO-Therapie geeignet sind, erwarten wir, dass das mit Ihnen durchgeführte multidisziplinäre Teamkonzept zur Abheilung der Geschwüre führt, die Wahrscheinlichkeit des Wiederauftretens von Geschwüren sinkt und eine Amputation vermieden wird oder in geringerem Ausmaß erforderlich ist. Die Notwendigkeit von ausgedehnten Amputationen konnte in randomisierten Studien durch eine adjuvante HBO-Therapie bei Wagner-Grad III-V von 33,3% auf 8,6% gesenkt werden. [Löndahl et al. und Faglia et al.]

Was kann man von der adjuvanten HBO beim DFS erwarten?



Was kann man von der adjuvanten HBO beim DFS erwarten?

Die Wirksamkeit der HBO-Therapie bei derartigen diabetischen Wunden wurde durch folgende Studien höchster Evidenzgrade bestätigt:

- **Cochrane Report** (Kranke et al. **2015**)
 - **Löndahl et al. (2010)**
 - **g-BA Beschluss** zur HBO-Behandlung des DFS (**2008**)
 - **Abidia, A. et al. (2003)**
 - **Kessler, L. et al. (2003)**
 - **Kalani, M. et al. (2002)**
 - **Faglia et al. (1996)**
 - **Doctor, N., Pandya, S., Supe, A. (1992)**
- Diabetiker mit Fußläsionen benötigen eine koordinierte Teambehandlung, die durch unsere Zusammenarbeit mit allen relevanten Fachgruppen organisiert werden kann.

Anerkennung weil:

- Majoramputationen um 30% gemindert (Minoramputationen häufiger)

Kostenübernahme

- Der deutsche gemeinsame Bundesausschuss (g-BA) hat die Wirksamkeit der HBO zur Verhinderung von Majoramputationen in 30% der geeigneten Fälle nach Analyse der wissenschaftlichen Grundlagen 2008 bestätigt und deren Anwendung zu Lasten der gesetzlichen Krankenkassen in der stationären Behandlung zugelassen. Das Bundessozialgericht hat in seinem Urteil von 2012 (Az.: B 1 KR 44/12 R) festgestellt, dass die Kosten für die HBO auch bei ambulant versorgten Patienten zu übernehmen seien.
- Privat versicherte Patienten erhalten die HBO ebenfalls auf Kosten ihrer Versicherung.



Literatur

- **Abidia, A., Laden, G., Kuhan, G., Johnson, B.F., Wilkinson, A.R., Renwick, P.M., Masson, E.A., McCollum, P.T.:** The role of hyperbaric oxygen therapy in ischaemic diabetic lower extremity ulcers: a double-blind randomised-controlled trial. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2003; 25 (6): 513-8.
- **Arnell, P., Ekre, O., Oscarsson, N., Rosén, A., Eriksson, M., Svanberg, T., Samuelsson O.:** Hyperbaric Oxygen Therapy in the treatment of diabetic foot ulcers, *UHM* 2012; 39: 989 – THE ASM 2012 ABSTRACTS
- **Asano, T., Kaneko, E., Shinozaki, S., Imai, Y., Shibayama, M., Chiba, T., Ai, M., Kawakami, A., Asaoka, H., Nakayama, T., Mano, Y., Shimokado, K.:** Hyperbaric oxygen induces basic fibroblast growth factor and hepatocyte growth factor expression, and enhances blood perfusion and muscle regeneration in mouse ischemic hind limbs. *Circ J.* 2007 Mar;71(3):405-11
- **Baroni, G., Porro, T., Faglia, E., Pizzi, G., Mastropasqua, A., Oriani, G., Pedesini, G., Favales, F.:** Hyperbaric oxygen in diabetic gangrene treatment. *Diabetes Care* 1987;10:81-86
- **Barr, P. O., Perrins, D. J. D.:** Prolonged use of hyperbaric oxygen (HBO) in indolent ulcers of the leg. *Proc. 8th Int. Congress on Hyperbaric Med.* 1984, California. Best Publishers.: 217-222
- **Camporesi, E. (Ed.):** Hyperbaric Oxygen Therapy, a committee report. Undersea and Hyperbaric Medical Society, Kensington, MD, USA, 1996, 42
- **Cianci, P.:** The diabetic foot: justification for HBO and cost benefit considerations in: Strauss (Hrsg): Undersea hyperbaric Med Soc 1990 instructional course NY UHMS S.77
- **Cianci, P., Hunt, T. K.:** Adjunctive Hyperbaric Oxygen Therapy in Treatment of Diabetic Foot Wounds. In: Levin, M. E., O'Neal, L. W., Bowker, J. H. (Eds.): *The Diabetic Foot*, fifth Edition. Mosby 1993, 305-319.
- **Cianci, P.:** Adjunctive Hyperbaric Oxygen Therapy in the Treatment of the Diabetic Foot. *J. Am. Podiatric Med. Association* 1994; 84(9):448-455.
- **Clarke, D.:** Transkutane Oxymetrie in der hyperbaren Medizin: Interpretation und Berichtswesen. *Kongressbericht: 1. Traunsteiner HBO-Workshop* 1997.
- **Dedov et al.:** Optimal frequency of hyperbaric oxygenation courses in non-insulin-dependent diabetes mellitus *Probl Endokrinol (Moskau)* 40, 1994, 28-31
- **Doctor et al.:** Hyperbaric oxygen therapy in diabetic foot *J. Postgrad. Med. (India)* 38, 1992, 112-4
- **Dooley, J., King, G., Slade, B.:** Establishment of reference pressure of transcutaneous oxygen for the comparative evaluation of problem wounds. *Undersea Hyper Med* 1997; 24:235-244

Literatur

- **Dumitru, R.:** The hyperbaric method in the treatment of diabetic retinopathy, an alternative to laser therapy. *Oftalmologia (Romania)* 1993; 37, 12-6
- **Duzgun, A.P., Satir, H.Z., Ozozan, O., Saylam, B., Bahadır, K., Coskun, F.:** Effect of Hyperbaric Oxygen Therapy on Healing of Diabetic Foot Ulcers, *The Journal*
- **El-Hawari, A., Hänert, W., Staschen, C. M., Welslau, W., Brandenburger, P., Bettinghausen, E.:** Hyperbare Sauerstoffbehandlung. Verbesserung der Effizienz durch kontinuierliche, transkutane Messung des Sauerstoffpartialdrucks. *Wehrmed. Mschr.* (1991), 221-225
- **Faglia, E., Favales, F., Aldeghi, A., Calia, P., Quarantiello, A., Barbano, P., Puttini, M., Palmieri, B., Brambilla, G., Rampoldi, A., Mazzola, E., Valenti, L., Fattori, G., Rega, V., Cristalli, A., Oriani, G., Michael, M., Morabito, A.:** Change in major amputation rate in a center dedicated to diabetic foot care during the 1980s: prognostic determinants for major amputation. *J Diabetes Complications* 1998;12(2):96-102
- **Faglia, E., Favales, F., Aldeghi, A., Calia, P., Quarantiello, A., Oriani, G., Michael, M., Campagnoli, P., Morabito, A.:** Adjunctive Systemic Hyperbaric Oxygen Therapie in Treatment of Severe Prevalently Ischemic Diabetic Foot Ulcer - A randomized study - *Diabetes Care* 1996; 19 (12): 1338-1343
- **Finck, H., Holl, R.W., Ebert, O.:** Die soziale Dimension des Diabetes mellitus. In: *diabetesDE-Deutsche Diabetes-Hilfe (Hrsg.): Deutscher Gesundheitsbericht Diabetes 2015.* 139-150
- **Gismondi et al.:** Hospital diabetic foot wound care protocoll: a cost- benefit evaluation. in *Schmutz (Hrsg): proc Meet diving hyperb med Basel 1992* Foundation Hyperb Med Basel. 1992; 182-184
- **Gonchar et al.:** The effect of hyperbaric oxygenation on the microcirculation, oxygen budget and acid-base equilibrium in patients with diabetic angiopathy of the lower extremities. *Probl endokrin (Moskau)* 1993; 39, 11-3
- **Greenhalgh, D. G.:** The role of growth factors in wound healing. *J Trauma* 1996;41:159-167
- **Hammarlund, C., Sundberg, T.:** Hyperbaric oxygen reduced size of chronic leg ulcers: a randomized double-blind study. *Plast Reconstr Surg.* 1994 Apr; 93 (4):829-33; discussion 834 8134442 (P,S,E,B)

Literatur

- **Hehenberger, K., Brismar, B., Lind, F., Kratz, G.:** Hyperbaric oxygen increases the proliferation in human fibroblasts derived from chronic diabetic wounds and normal uninjured skin. pp 175-181. In: Proceedings of the Twelfth International Congress on Hyperbaric Medicine, International Joint Meeting. Oriani, G., Wattel, F., eds. XII International Congress of the ICHM, XXII Annual Meeting of the EUBS, III Consensus Conference of the ECHM, II Dan Europe Symposium, 1996 Sept 4-8, Milano Italy. 838 pp. Underwater Hyperb Med 14 (1999) 143-155
- **Heng, M.C., Harker, J., Csathy, G., Marshall, J., Brazier, J., Sumampong, S., Gomez, E. Paterno:** Angiogenesis in necrotic ulcers treated with hyperbaric oxygen. *Ostomy. Wound. Manage.* 46 (9): 18-2, 2000
- **Johnson, J. D.:** Using ulcer surface area and volume to document wound size. *J Am Podiatr Med Assoc* 85:91-95, 1995
- **Kalani, M. et al.:** Hyperbaric oxygen therapy in treatment of diabetic foot ulcers. Long-term follow-up. *J Diabetes Complications* 2002;16(2):153-8.
- **Kessler, L., Bilbault, P., Ortéga, F., Grasso, C., Passemard, R., Stephan, D., Pinget, M. and Schneider, F.:** Hyperbaric Oxygenation Accelerates the Healing Rate of Nonischemic Chronic Diabetic Foot Ulcers A prospective randomized study *Diabetes Care* 26:2378-2382 © 2003 by the American Diabetes Association, Inc.
- **Knighton, D. R., Halliday, B., Hunt, T. K.:** Oxygen as an antibiotic. *Arch. Surg.* 1986, 121:191-195 (1986b)
- **Knighton, D. R., Silver, I. A., Hunt, T. K.:** Regulation of Wound-healing angiogenesis - Effect of oxygen gradients and inspired oxygen concentration. *Surgery* 1981, 90:262-270
- **Kranke, P. et al.:** Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds. Editorial Group: Cochrane Wounds Group Published Online: 24 JUN 2015
- **Lavalle,**
- **Lee, C-T, Ramiah, R., Choong, SK, Seng, KC, Rajoo, V.:** Adjunctive Hyperbaric Oxygen in diabetic foot ulcers. A randomized, prospective, double-blind study. *UHMS* 2004 B21
- **Liu, R., Ling, L., Mengliu Yang, Guenther Boden, G., and Gangyi Yang:** Systematic Review of the Effectiveness of Hyperbaric Oxygenation Therapy in the Management of Chronic Diabetic Foot Ulcers *Mayo Clin Proc.* 2013; 88(2):166-175
- **Löndahl, M., Nilsson, A., Katzman, P., Hammarlund, C.:** Hyperbaric Oxygen Therapy Facilitates Healing of Chronic Foot Ulcers in Patients With Diabetes. *Diabetes Care* 33:998-1003, 2010 (= HODFU Studie)

Literatur

- **Löndahl, M.:** Hyperbaric oxygen therapy as adjunctive treatment for diabetic foot ulcers. *Int J Low Extrem Wounds*. 2013 Jun;12(2):152-7
- **Manes, C., Mesimeris, T., Melekos, T., et al.:** Tissue oxygenation and primary healing in diabetic foot lesions. In: *Proceedings of the International Joint Meeting on Hyperbaric and Underwater Medicine*. Marroni A, Oriani G, Wattel F, eds. XXII Annual Meeting of the EUBS, XII International Congress on Hyperbaric Medicine, III Consensus Conference of the ECHM, 1996 Sep 4-8, Milano, Italy; Grafica Victoria, Bologna. 1996, 733 pp. p. 399. *Undersea and Hyperbaric Med*. 15 (1998) 146 +
- **Marroni, A., Oriani, G., Wattel, F.:** Cost-Benefit and cost-efficiency evaluation of hyperbaric medicine. In: Oriani, G., Marroni, A., Wattel, F. (Eds.): *Handbook on hyperbaric medicine*, Springer, 1996:879-886
- **Padberg, F. T., Back, T. L., Thompson, P. N., Hobson II, R. W.:** Transcutaneous oxygen (T_{cp}O₂) estimates probability of healing in the ischemic extremity. *J Surg Res* 1996;60:365-369
- **Ratcliff, D. A., Clyne, C. A. C., Chant, A. D. B., Webster, J. H. H.:** Predicting of amputation wound healing: the role of transcutaneous pO₂-assessment. *Br J Surg* 1984;71:219-222
- **Robson, M. C.:** The role of growth factors in the healing of chronic wounds. *Wound Rep Reg* 1997; 5:12-17
- **Rüttermann, M., Maier-Hasselmann, A., Nink-Grebe, B., Burckhardt, M.:** Lokalthherapie chronischer Wunden: Bei Patienten mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit, chronisch-venöser Insuffizienz und Diabetes mellitus *Dtsch Arztebl Int* 2013; 110(3): 25-31; DOI: 10.3238/arztebl.2013.0025
- **Rychlik, R.:** Modellrechnung zur Kosten-Nutzen-Relation der Behandlung des diabetischen Fußsyndroms mit hyperbarem Sauerstoff versus Standardtherapie - Kosten-Effektivitäts-Analyse 14. Mai 1997 • Expertenforum: HBO im Gesundheitswesen
- **Sheikh AY, Gibson JJ, Rollins MD, Hopf HW, Hussain Z, Hunt TK.:** Effect of hyperoxia on vascular endothelial growth factor levels in a wound model. *Arch Surg*. 2000 Nov; 135(11):1293-7.
- **Siddiqui, A., Galiano, R. D., Connors, D., et al.:** Differential effects of oxygen on human dermal fibroblasts: acute versus chronic hypoxia. *Wound Rep Reg* 4:211-218, 1996
- **Stiegler, 1998**
- **Stone, J. A., Cianci, P.:** The Adjuvative Role of Hyperbaric Oxygen Therapy in the Treatment of Lower Extremity Wounds in Patients with Diabetes. *Diabetes Spectrum* 1997; 10(2):118-123

Literatur

- **Strauss, M.B., Penera, K.E., Lew, D.C., Miller, S.S., Aksenov IV:** Evaluation, Management and Prevention of Diabetic Foot Wounds using an algorithmic Approach, UHM 2012; 39: 987 – THE ASM 2012 ABSTRACTS
- **Wattel, F., Mathieu, D., Fossati, P., Nevriere, R., Coget, J.:** Hyperbaric oxygen in the treatment of diabetic foot lesions. J Hyperbaric Med 1991;6(4): 263-268
- **Weisz, G., Ramon, Y., Melamed, Y.:** Treatment of diabetic foot by hyperbaric oxygen. Harefuah 1993; 124(11): 678-681
- **Welslau, W., Tirpitz, D.:** Anerkannte HBO-Indikationen: HBO-Indikationsliste der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V.. Caisson, Mitteilungen der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V.. 11 (1997):23-24
- **When, L.:** The effectiveness and cost of oxygen therapy for diabetic foot wounds. SPUMS Journal 1994; 24:182-190
- **Wu, L., Bruckner, M., Gruskin, E., Roth, S. I., Mustoe, T. A.:** Differential effects of platelet-derived growth factor BB in accelerating wound healing in aged versus young animals: the impact of tissue hypoxia. Plast Reconstr Surg. 1997; 99(3): 815-822
- **Zamboni, W. A., Wong, H. P., Stephenson, L. L., Pfeifer, M. A.:** Evaluation of hyperbaric oxygen for diabetic wounds: a prospective study. Undersea Hyperbaric Med 1997; 24(3):175-179)
- **Zhao, L. L., Davidson, J. D., Wu, L., Mustoe, T. A.:** Total reversal of hypoxic wound healing deficit by hyperbaric oxygen plus growth factors. Am Coll of Surgeons 1993; 43:711-714