

HYPERBARE O₂-THERAPIE, STATE OF THE ART

S. Van Poucke, L. Beaucourt *

Hyperbare zuurstoftherapie is sinds enige jaren uitgegroeid tot volwaardige medische behandelingsmodaliteit waarbij de applicatie van een hyperbare hyperoxie als farmacon moet beschouwd worden met eigen indicaties, contra-indicaties en bijwerkingen. Een lijst van indicaties waar hyperbare zuurstoftherapie van toepassing is, werd gevalideerd. Het gebruik van transcutane zuurstofspanningsmetingen onder hyperbare hyperoxie optimaliseert de therapeutische beslissingskunde met vermindering van de amputatiegraad.

Trefwoorden: wound care, hyperbare zuurstoftherapie, hypoxie, transcutane zuurstofspanning, ischemie reperfusie.

INLEIDING

Hyperbare zuurstoftherapie (HBOT) als therapeutische modaliteit doet nog steeds flink wat wenkbrauwen fronsen. De oorzaak voor dit scepticisme is eerder van historische aard. De laatste jaren kent de kennis rond hyperbare zuurstoftherapie een dermate spectaculaire groei, die samenloopt met de evolutie van de celbiologie, waardoor er betreffende de noties van HBOT heel wat kan bijgeschaafd te worden. De hyperbare wereld is inderdaad reeds enige jaren uitgegroeid van "therapy in search of diseases" tot substantiële component van de moderne geneeskundige praktijk. Gelukkig is de trend zo geëvolueerd dat het merendeel van de hyperbare centra de voorgestelde, nuttige indicaties nauwgezet volgt. Samen met het doelgericht gebruik van de transcutane zuurstofspanningsmeting zien we rond de hoge drukkamers (caissons) multidisciplinaire "wound care clinics" ontstaan wat van de hyperbare specialist een volwaardige wondhelingspecialist maakt met zijn specifieke eigenheden. Alhoewel voor verscheidene indicaties het therapeutische nut van hyperbare zuurstof kon worden aangetoond, beschikt men tot op de dag van vandaag niet over een aangepaste terugbetaling. Dit gegeven is een te betreuren feit gezien voor een aantal indicaties de applicatie van hyperbare zuurstof van maatschappelijk, economisch nut kan zijn. Ik denk hier ondermeer aan het beperken van lidmaatamputaties bij diabetesch vaatlijden en verminderen van hospitalisaties bij patiënten met osteoradionecrotische letsels.

HYPERBARE ZUURSTOFTHERAPIE

Hyperbare zuurstoftherapie is een therapeutische modaliteit waarbij de patiënt zuurstof inademt onder een druk die hoger is dan de atmosferische.

Uitgaande van de formule van zuurstofcontent zien we de hoeveelheid zuurstof opgelost in het bloedplasma fors stijgen. Bij een druk van 3 ATA (absolute atmosferische druk) voldoet deze hoeveelheid opgeloste zuurstof aan de weefselbehoeften wat het aandeel van de erythrocyten in het zuurstoftransport theoretisch overbodig maakt. Naast het effect uitgelokt door de hyperbarie, veroorzaakt de hyperoxie bepaalde cardiovasculaire en cellulaire effecten dewelke hyperbare zuurstof de eigenschappen geeft van een farmaceutische substantie met eigen indicaties, contra-indicaties en bijwerkingen.

Een behandeling met hyperbare zuurstof kan plaats vinden in een mono-of multiplace kamer. De eerste herbergt één patiënt en wordt op druk gebracht door 100% zuurstof dewelke onmiddellijk wordt ingeademd. De multiplace kamer biedt plaats voor twee of meerdere patiënten al of niet geassocieerd met medisch personeel. De kamer wordt op druk gebracht door samengeperste lucht terwijl de patiënt 100% zuurstof inademt via masker, endotracheale tube of tent.

Het gebruik van monoplace kamers is in sommige landen sinds enige tijd om veiligheidsredenen verboden. De blootstelling van geïsoleerde delen van het lichaam aan 100% zuurstof (soms ten onrechte genaamd topische hyperbare zuurstoftherapie) wordt per definitie niet beschouwd als hyperbare zuurstoftherapie.



Aan hyperbare zuurstof worden schematisch volgende effecten toegeschreven:

HBOT EN ZUURSTOFTRANSPORT

Allereerst zal door hyperbare zuurstof, de hoeveelheid zuurstof opgelost in plasma aanzienlijk toenemen. Als gevolg kan de diffusie afstand van zuurstof in belangrijke mate toenemen waardoor die zones die vooraf hypoxisch waren kunnen voorzien worden van de nodige kwantiteit aan zuurstof (1). Een toename van de erythrocytaire vervormbaarheid is tevens geobserveerd door hyperbare zuurstof wat de rheologie begunstigt (2).

HBOT INVLOED OP VASCULARISATIE

Hyperbare zuurstof werkt anti-oedeematus onder andere door zijn hyperoxische vasoconstrictie en bewerkstelligt door zijn selectieve vasoconstrictie een redistributie van het type reverse steal (Robin Hood) waardoor bloed preferentieel naar de hypoxische zones stroomt (3). Een herstel van vasomotie is geobserveerd met laser doppler technieken in situaties van perifere hypoxie (4).

HBOT EN INFECTIES (5)

Hyperbare zuurstof heeft een direct anti-infectieus effect op anaërobe kiemen. Daarbij aansluitend onderdrukt hyperbare zuurstof de productie van bepaalde toxines geproduceerd door anaërobe bacteria. Het indirect anti-infectieus effect van HBOT wordt toegeschreven aan de optimalisatie van het leucocytaire killingsmechanisme dewelke onderdrukt is in hypoxische zones. Daarenboven bestaat er minstens een additief effect van hyperbare zuurstof met enkele antibiotica (vb. aminoglycosiden).

HBOT EN CICATRISATIE (6-8)

Via een stimulatie van de neoangiogenese en de fibroblastenfuncties versnelt de wondheling in gecompromitteerde gebieden. Tevens wordt de osteogenese gestimuleerd. Recentelijk kon daarenboven een up-regulatie aangetoond worden van groeifactorreceptoren door hyperbare zuurstof.

HBOT EN ISCHEMIE-REPERFUSIE (9-10)

In totaal verscheidene klinische settings zag men hyperbare zuurstof de schade aangericht tengevolge van reperfusie beperken (bijvoorbeeld door reductie van de venulaire, leucocytaire adhesie).

INDICATIES HYPERBARE ZUURSTOF THERAPIE (11-21)

Verscheidene indicaties voor hyperbare zuurstoftherapie werden reeds gevalideerd in diverse domeinen van de moderne geneeskunde. Vele van deze aandoeningen betekenen een zeer zware persoonlijke en nationale last voor ons gezondheidsbudget. Daarenboven compromitteren deze aandoeningen ook de sociale en persoonlijke integriteit alsmede het economisch potentiaal van de patiënt.

Voor de beschrijving van de acute en chronische indicaties voor hyperbare zuurstoftherapie baseren wij ons op de **European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine (Lille, September 19-21, 1994)**. Het wetenschappelijk comité van deze conference weerhoudt drie "recommendations" die ons aan de hand van de resultaten van de gekende klinische trials tot een definitie moeten brengen omtrent de erkende indicaties voor hyperbare zuurstoftherapie. Deze drie "recommendations" verschaffen drie niveaus van prioriteit waarbij hyperbare zuurstof toegevend kan worden.

TYPE 1 RECOMMENDATIONS.

Situations where the transport to a hyperbaric facility is strongly recommended because it is recognized that HBO positively affects the prognosis for survival. This implies that the patient is transferred to the nearest hyperbaric facility as soon as possible.

De volgende indicaties behoren tot type 1 recommendations:

- Decompressie ongeval
- Koolstofmonoxide intoxicatie
- Gasembolie
- Anaërobe of gemengde bacteriële weke weefsel infecties
- Brandwonden geassocieerd met koolstofmonoxide intoxicatie

Worden eveneens weerhouden als sterk bewezen aandoeningen voor hyperbare zuurstof:

- Osteoradionecrose
- Weke weefsel radionecrose (bv. radiocystitis, uitgezonderd radionecrose van de darm)
- Preventieve behandeling voor tandextractie in bestraald of osteonecrotisch bot

TYPE 2 RECOMMENDATIONS.

Situations where the transport to a hyperbaric facility is recommended because it is recognized that HBO constitutes an important part of the treatment of that given condition, which, even if it may not influence the prognosis for patient's survival, it is nevertheless important for the prevention of more serious disorders. This implies that the transfer to a hyperbaric facility is made, unless this represents a danger to the patient's life.

De volgende indicaties behoren tot type 2 recommendations:

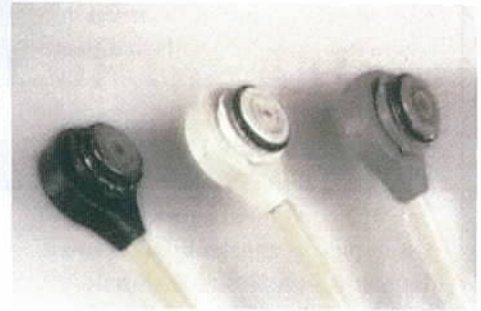
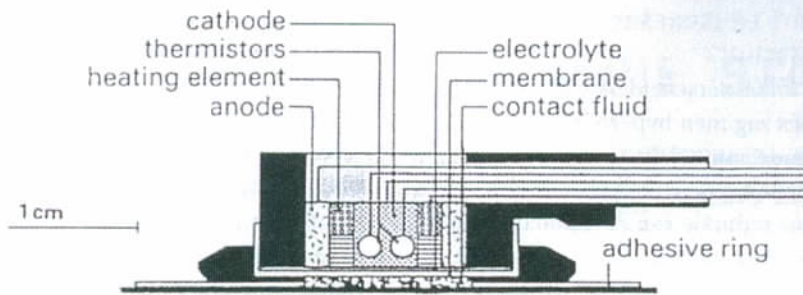
- Crush en compartment syndromen
- Gecompromitteerde enten en flappen
- Transcutane zuurstofspanning-meting als index voor definitie van indicatie en evolutie van behandeling
- Brandwonden groter dan 20% van lichaamsoppervlakte en 2de graads of meer
- Plotse doofheid
- Chronisch kritische ischemie bij diabetische voetwonden
- Chronisch kritische ischemie bij arteriosclerotische patiënten
- Chronische refractaire osteomyelitis
- Craniale en sternale osteomyelitis

TYPE 3 RECOMMENDATIONS.

Situations where the transfer to a hyperbaric facility is optional, because HBO is regarded as an additional treatment modality which can improve clinical results.

De volgende indicaties behoren tot type 3 recommendations:

- Post-vasculaire chirurgie reperfusie syndroom
- Reïmplantatie van traumatisch geamputeerde lidmaten



- Post-anoxische encephalopathie
- Acute oftalmologische ischemie
- Radiatie myelitis – gastrointestinale radiatiepathologie

TRANSCUTANE ZUURSTOF- SPANNINGSMETING

(TCOM, T_{cpO_2}) (22-25)

Aan de hand van een transcutane zuurstof spanningsmeting (T_{cpO_2}), ook genaamd de **oxygen challenge test** kan een schatting worden gemaakt of voor de betreffende patiënt hyperbare zuurstof nuttig zal zijn. Met andere woorden, via een non-invasieve, polarografische techniek is men in staat om de residuele oxygenatiegraad van een weefsel kwantitatief te objectiveren.

Alhoewel deze techniek onder normale omstandigheden reeds enige jaren gekend is, wist men aan te tonen dat enkel onder hyperoxische, hyperbare omstandigheden een discriminatie kan gemaakt worden voor welke patiënten de residuele oxygenatie voldoende is voor conservatieve wondhelings technieken of voor welke patiënten een amputatie zich noodzaakt.

S. Van Poucke, L. Beaucourt,
Universitair Ziekenhuis Antwerpen.
Eenheid voor Hyperbare Geneeskunde
Wilrijkstraat 10, 2650 Edegem.



LITERATUUR

- Krogh A. The number and distribution of capillaries in muscle with calculations of the oxygen pressure head necessary for supplying the tissue. *J Physiol* 1919 ; 52: 409-415.
- Mathieu D, Coget JM, Wattel F, et al. Filtrabilité érythrocytaire et oxygénothérapie hyperbare. *Med Sub Hyp* 1984; 3: 100-104.
- Skyhar MJ, Hargens AR, Strauss MB, et al. Hyperbaric oxygen reduces edema and necrosis of skeletal muscle in compartment syndromes associated with hemorrhagic hypotension. *J Bone Joint Surg* 1986; 68A: 1218-1224.
- Bertuglia S, Colantuoni A, Coppini G, et al. Hypoxia- or hyperoxia- induced changes in arteriolar vasomotion in skeletal muscle microcirculation. *Am J Physiol* 1991; 260(29): H362-H372.
- Mader JT, Adams KR, Sutton TE. Infectious diseases: pathophysiology and mechanisms of hyperbaric oxygen. *J Hyperb Med* 1987; 2: 133-140.
- Hunt TK, Pai MP. The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis. *Surg Gynecol Obstet* 1972; 135: 561-567.
- Marx RE, Johnson RP. Problem wounds in oral and maxillofacial surgery: the role of hyperbaric oxygen. In Davis JC, Hunt TK (eds); *Problem wounds. The role of oxygen*. Elsevier, New York, 65-123.
- Bonomo SR, Davidson JD, Yu Y, et al. Hyperbaric oxygen as a signal transducer: upregulation of platelet derived growth factor beta receptor in the response of HBO2 and PDGF. *Undersea Hyper Med* 1998; 25(4): 211-216.
- Zamboni WA, Roth AC, Russel RC, et al. Morphologic analysis of the microcirculation during reperfusion of ischemic skeletal muscle and the effect of hyperbaric oxygen. *Plast Reconstr Surg* 1993; 91: 1110-1123.
- Thom SR, Mendiguren I, Hardy K, et al. Inhibition of human neutrophil b2 integrin dependent adherence by hyperbaric oxygen. *Am J Physiol* 1997; 272 (Cell Physiol 41): C770-C777.
- Faglia E, Favales F, Aldeghi A, et al. Adjunctive systemic hyperbaric oxygen therapy in treatment of severe prevalently ischemic diabetic foot ulcers. A randomized study. *Diab Care* 1996; 19(12): 1338-1343.
- Hammarlund C, Sundberg T. Hyperbaric oxygen reduced size in chronic leg ulcers: a randomized double-blind study. *Plast Reconstr Surg* 1994 ; 93: 829.
- Myers RAM, Marx RE. Use of hyperbaric oxygen in postradiation head and neck surgery. *NCI Monogr* 1990; 9: 151-157.
- Marx RE, Johnson RP. Problem wounds in oral and maxillofacial surgery: The role of hyperbaric oxygen. In *Problem wounds: The role of oxygen* (Davis JC, Hunt TK, eds). New York:Elsevier 1988: 65-123.
- Marx RE, Johnson RP, et al. Prevention of osteoradionecrosis: a randomized prospective clinical trial of hyperbaric oxygen versus penicillin. *J Am Dent Assoc* 1985; 11: 49-54.
- Wattel F, Bosselin B, Chopin C, et al. L'oxygénothérapie hyperbare dans le traitement des pendants manquées. *Med Sub Hyp* 1982; 3: 95-101.
- Thom S. Functional inhibition of leukocyte b2 integrins by hyperbaric oxygen in carbonmonoxide mediated brain injury in rats. *Toxicol Appl Pharmacol* 1993; 123: 248-256, 1993.
- Mathieu D, Wattel F, Mathieu-Nolf M, et al. Randomized prospective study comparing the effects of HBO versus 12 hours of NBO in non-comatose CO poisoned patients: results of the interim analysis. *Undersea Hyperbaric Med* 1996; 23(suppl): 7.
- Hart G, Strauss M. Gas gangrene Clostridial myonecrosis: a review. *J*

- Hyperbaric Med. 1990; 5:125-145.
- 1st European consensus conference on hyperbaric medicine. Wattel F, Mathieu D, eds. Reports and recommendations 1994.
- Morrey BF, Dunn JM, Heimbach RD, et al. Hyperbaric oxygen and chronic osteomyelitis. Clin Orthop 1979; 144: 121-127.
- Mathieu D, Wattel F, Bouachour G, et al. Post-traumatic limb ischemia. Prediction of final outcome by transcutaneous oxygen measurements in hyperbaric oxygen. J Trauma 1990; 20: 307-314.
- Zamboni WA, Roth AC, Russell RC, et al. Morphological analysis of the micro-circulation during reperfusion of ischemic skeletal muscle and the effect of hyperbaric oxygen. Plast Reconstr Surg 1993; 91:1110-1123.
- Bouachour G, Cronier JP, Gouello JL, et al. Hyperbaric oxygen therapy in the management of crush injuries: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. J Trauma 1996; 41(2): 333-339.
- Mathieu D, Neviere R, Pellerin P, et al. Pedicle Musculocutaneous Flap Transplantation: Prediction of Final Outcome by Transcutaneous Oxygen Measurements in Hyperbaric Oxygen. Plast Reconstr Surg 1993; 91: 329-334.

WCS /S/E/R/V/I/C/E/**"BRANDWONDENZORG IS TOTALE ZORG"****THEMANUMMER WCS
NIEUWSBRIEF**

Een breed overzicht over de huidige stand van zaken van de Nederlandse Brandwondenzorg, in een speciale uitgave van de WCS Nieuwsbrief.

Deze uitgave kost slechts f 25,- per stuk (exclusief verpakings- en verzendkosten)

en kan besteld worden via:

DE WCS BESTELLIJN: 0252-223392.

HIER KAN UW ADVERTENTIE STAAN

**BENT U OP ZOEK NAAR EEN DECUBITUSCONSULENT, EEN WOND-
VERPLEEGKUNDIGE, EEN BRANDWONDENVERPLEEGKUNDIGE, EEN
PODOTHERAPEUT, EEN HUIDTHERAPEUT, EEN STOMA VERPLEEG-
KUNDIGE OF EEN NIEUWE MEDEWERKER VOOR UW BEDRIJF MET
EEN GROTE AFFINITEIT OP HET GEBIED VAN DE WONDZORG O.I.D.,
DAN KAN ADVERTEREN BINNEN DE LEZERS VAN HET WCS
NIEUWS HEEL EFFECTIEF ZIJN.**

**ELKE PERSONEELSADVERTENTIE IN HET WCS NIEUWS WORDT
OOK GEDURENDE TWEE WEKEN OP ONZE INTERNETSITE GEZET.**

**HET WCS NIEUWS WORDT DOOR ONGEVEER 15.000 PERSONEN
GELEZEN. MEER INFORMATIE, WAARONDER DE TARIEVEN, IS TE
VINDEN OP ONZE INTERNETSITE WWW.WCS-NEDERLAND.NL**