

Doelstelling:

In het standpunt (2009) van het CVZ, de voorganger van het Zorginstituut, is geconcludeerd dat hyperbare zuurstoftherapie zorg is conform de stand van de wetenschap en praktijk bij koolstofmonoxide vergiftiging

Het doel van dit protocol is onder meer om te zorgen voor een preciezere omschrijving van de indicatie qua ernst en soort schade waarbij hyperbare zuurstoftherapie geïndiceerd is. Daarbij zal het verwijlsbeleid genoemd worden en de contra-indicaties worden benoemd.

Algemene kwaliteitseisen voor HBO-centra zijn elders vastgelegd. Analoog aan behandelprotocollen voor overige medische beroepsgroepen hebben wij er voor gekozen de kwaliteitseisen voor HBO-centra en artsen te beschrijven in het hoofdstuk hyperbare geneeskunde van de ARBO catalogus bij SZW en niet op te nemen in dit protocol. Daarnaast zijn deze kwaliteitseisen voor HBO-centra en artsen ook neergelegd in Nederlandse (KIWA) en Europese regelgeving (ECHM ¹/ECOGP ²).

Er bestaan geen gevalideerde kwaliteitsindicatoren voor de HBO behandeling van CO-intoxicatie.

Pathogenese koolstofmonoxide:

Koolstofmonoxide, vroeger ook wel kolendamp genoemd, is een polaire anorganische verbinding van koolstof en zuurstof, met als bruto-formule CO. In de volksmond wordt het vaak gewoonweg CO genoemd. In ieder jaar maakt het onzichtbare en geurloze gas koolmonoxide (CO) slachtoffers.^{3,4} Koolstofmonoxide vergiftiging is een van de meest voorkomende acute fatale inhalatie vergiftigingen. CO is een kleurloos en reukloos gas dat veroorzaakt wordt door incomplete verbranding van koolwaterstoffen. De symptomen van acute koolmonoxidevergiftiging zijn levensbedreigend. Ook bij snelle medische interventie zijn de neurocognitieve afwijkingen op de lange termijn zeer beducht.^{4,5}

Het klinisch beeld van een acute CO-vergiftiging wordt bepaald door de ernst en bestaat uit hoofdpijn, duizeligheid, ataxie, misselijkheid, braken, spierkrampen, hyperreflexie, convulsies, coma en ademhalingsdepressie. Chronische inhalatie van lage concentraties CO veroorzaakt hoofdpijn, pijn op de borst, palpitaties, concentratiestoornissen, dementie, parkinsonisme myocardbeschadiging.

Neuropsychologische afwijkingen komen vaak voor na CO-intoxicatie, in een gerandomiseerd onderzoek hadden 46% van patiënten die alleen met normobare zuurstof behandeld waren cognitieve stoornissen en 45% affectieve stoornissen 6 weken na de intoxicatie ¹⁰ Er bestaat beperkt onderzoek dat een reductie in neurocognitieve afwijkingen na 6 weken laat zien van 46% naar 25% bij toepassen van hyperbare zuurstof vergeleken met normobare zuurstof. ¹¹

Het CO-Hb zoals gemeten kan worden in het bloed blijkt in de praktijk niet te correleren met de klinische verschijnselen. Symptomen reflecteren de opgeloste concentratie CO, die laag kan zijn als veel CO gebonden is aan het Hb (=carboxyhemoglobine) ⁹. Bij zware rokers kan het CO-Hb gehalte wel 10% bedragen, een CO-Hb gehalte bij een niet roker van >3% is bewijzend voor intoxicatie. De trend van het CO-Hb tijdens behandeling met normobare of hyperbare zuurstof geeft wel relevante informatie over de eliminatie van het koolmonoxide.

De toxiciteit is verhoogd bij lagere alveolaire zuurstof druk, hoger ademminuutvolume, preexistente cardiovasculair ziekte, verlaagde cardiac output, anemie en hypovolemie. CO is eveneens schadelijk voor de foetus door de nog hogere affiniteit voor CO van foetaal hemoglobine (HbF).

Werkingsmechanisme HBO:

Koolmonoxide is een zeer giftig gas dat 250 maal sterker bindt aan het hemoglobine in de erythrocyt dan zuurstof. Er is sprake van verdringing van zuurstof van het Hb (CO heeft een grotere affiniteit voor het hemoglobine molecuul dan zuurstof), waarbij Hb dissociatie curve naar links schuift en er op cellulair niveau inhibitie plaatsvindt van de ademhalingsketen in de mitochondriën (remming cytochromoxidase). Op orgaan niveau ontstaat cerebrale en cardiale hypoxie.

Bij hyperbare zuurstoftherapie (HBO) ademen patiënten 100% zuurstof in een omgeving waar een verhoogde druk heerst (minimaal > 2 atmosfeer). Het gevolg is een stijging van de zuurstofspanning waardoor de hoeveelheid zuurstof in het bloed en de weefsels toeneemt.

Doel is om zo snel mogelijk het CO-Hb uit te wassen en het aan Hb gebonden CO te verdringen door het aanbieden van een zo hoog mogelijke partiële zuurstofdruk (dus 100% O₂ onder verhoogde omgevingsdruk van 2,4-2,5 ATA):

Koolstofmonoxide wordt snel opgenomen en uitgescheiden via de ademhaling. Eliminatie is afhankelijk van de oxygenatie en (in mindere mate) van het ademminuutvolume:

- T_{1/2} bij kamerlucht → circa 240 minuten,
- T_{1/2} bij 100% O₂ via 'non-rebreathing' (NRB) masker → circa 60-90 minuten
- T_{1/2} bij behandeling met HBO → circa 20-30 minuten!

Samengevat werkt hbo dus door verdringing van het CO-molecuul van het Hb en wordt de inhibitie van de ademhalingsketen in de mitochondriën opgeheven. De oxygenatie van hersenen en hart wordt snel hersteld en de kans op irreversibele schade verkleind.

Positionering en indicaties HBO:^{5,6,7,10}

HBO heeft een vaste plaats in de primaire behandeling van de ernstiger CO-intoxicatie. De patiënt met een CO-intoxicatie zal i.h.a. worden aangeboden aan de SEH van ziekenhuis of - wanneer er tevens sprake is van brandwonden - bij een brandwondencentrum. Hieronder staat aangegeven op welk tijdstip in de behandeling overleg plaats dient te vinden met het HBO-centrum.

De behandeling van een CO-intoxicatie bestaat uit:

1. Verwijderen van de CO-bron of patiënt uit de omgeving met CO halen
2. Stabiliseren vitale functies en toedienen 100% O₂ via NRB-masker
3. Overleg met HBO-centrum en aanmelden voor hbo-behandeling als:⁵
 - a. COHb >25%
 - b. COHb >10% bij zwangeren, of zwanger en tekenen van foetale stress
 - c. Major signs:
 - i. Syncope/bewustzijnsverlies
 - ii. Insulten of neurologische afwijkingen
 - iii. Ernstige metabole acidose (pH<7.1)
 - iv. Angina pectoris
 - v. Ischemische orgaanschade, zoals ischemische ECG afwijkingen

Bij aanwezigheid van een of meerdere "major signs" kan ook behandeld worden bij een carboxy-hemoglobine < 20%

Contra-indicaties:

HBO kent nauwelijks contra-indicaties, alleen een onbehandelde pneumothorax is een absolute contra-indicatie en actueel gebruik van bepaalde chemotherapeutica (cisplatine, bleomycine) kunnen een contra-indicatie vormen.

Omdat het een acute indicatie betreft die veelal slechts 1-3 behandeling nodig heeft, gelden veel contra-indicaties niet. Relevante contra-indicaties zijn hier: onbehandelde pneumothorax, aanwezigheid van in het lichaam geïmplanteerde elektronica zoals ICD's en pompen voor medicatie.

Bij het bestaan van een relatieve contra-indicatie wordt in overleg met patiënt en/of verwijzer bepaald of de voordelen van behandelen opwegen tegen de risico's van de relatieve contra-indicatie. De uitkomst van deze "shared-decision" wordt in de decursus vermeld.

Behandelschema HBO:

In de bij de NVvHG aangesloten centra, die de mogelijkheden hebben voor de behandeling van een CO-intoxicatie, wordt een vast sessieprofiel gebruikt en een aantal behandelingen gegeven wat overeenkomt met de in de internationale standaard aangegeven range (1-3 sessies).⁸

Bij aanwezigheid van een "major" sign, COHb >25% of een COHb >10% bij zwangeren is HBO behandeling geïndiceerd:

- Zo snel mogelijk starten met HBO behandeling, liefst binnen 4 uur, tot die tijd normobaar 100% O2 via NRB masker
- Als na de HBO sessie er nog symptomen zijn volgt een 2^e en eventueel een 3^e sessie met tussenpozen van 4-6 uur.
- Na de laatste hyperbare behandeling volgt een oriënterend lichamelijk en neurologisch onderzoek en eind gesprek door de hyperbaar arts en gaat er een brief naar de verwijzer

Verwijsbeleid/indicatiestelling:

CO-vergiftiging is een acute en levensbedreigende aandoening en een spoedindicatie voor hyperbare zuurstof therapie. Behandeling dient plaats te vinden in een voldoende geoutilleerd hbo-centrum bij voorkeur in een ziekenhuis.

- Aanmelding na verwijzing op geleide van de toestand van de patiënt.
 - Bloedgas afname ter bepaling van COHb en lactaat zijn een indicatie voor de ernst en tijdsduur van blootstelling aan CO
 - ECG, bloedchemie en X-thorax op indicatie
 - Arts Hyperbare Geneeskunde en verwijzer stemmen af.
 - Paracentese bij bewusteloze patiënten en bij patiënten waarvan te verwachten valt dat ze niet kunnen klaren.
 - HBO zo snel mogelijk starten, HBO standaard tabel
-
- Initieel kan worden gestart met 1 behandelingen, eventueel nog een 2^e of 3^e binnen 24 uur

Een sessie hyperbare zuurstof bestaat uit een profiel volgens welke de druk in de kamer wordt verhoogd tot de behandeldiepte en aan het eind weer wordt verlaagd tot de normale atmosferische druk, hierin staat ook vastgelegd op welke momenten en voor hoe lang de patiënt zuurstof krijg (zuurstofperioden) met een stop ertussen op lucht. Dit geheel noemen we de behandel tabel.

Alle HBO centra in Nederland die lid zijn van de NVvHG behandelen de patiënten met een gelijkvormige tabel waarbij op een druk van 2.2-2.5 ATA 100% zuurstof wordt gegeven voor 75-90 minuten, hiermee is het aantal drukminuten zuurstof per sessie vastgelegd tussen 165- 225 bar.min⁻¹ O₂.

Kwaliteitsvoorwaarden hyperbare centra:

Alle HBO-centra in Nederland die lid zijn van de NVvHG worden gevisiteerd en voldoen aan de kwaliteitscriteria zoals omschreven in de door de European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM⁽¹⁾) gemaakte richtlijnen (i.e. European Code for Good Practice in hyperbaric medicine (ECOGP)⁽²⁾). Daarnaast hebben de centra een ZKN of ISO-kwaliteitskeurmerk voor patiëntenzorg en hebben zij een veiligheidsmanagementsysteem (VMS). Deze kwaliteitskeurmerken worden jaarlijks getoetst door een onafhankelijk instituut.

Dateregistratie:

Dateregistratie, patiënt behandelingsresultaten en complicatieregistratie zijn een onderdeel van het kwaliteitssysteem. Voor de HBO-behandeling van CO-intoxicatie bestaan echter geen gevalideerde parameters. De lage incidentie van deze intoxicatie in NL en de situatie dat alleen het AMC uit haar regio patiënten behandeld maakt het uitvoeren van prospectief gerandomiseerd onderzoek vrijwel onmogelijk.

Literatuurlijst.

- 1.ECHM staat voor European Committee on Hyperbaric Medicine, website: www.echm.org.
2. ECOGP staat voor European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy, dit is het door de ECHM uitgebrachte protocol wat hyperbare inrichting, personeel en veiligheidsvoorschriften beschrijft, link: <http://www.echm.org/documents/ECGP%20for%20HBO%20-%20May%202004.pdf>.
- 3.T.H.J. Joustra, E.R. Muller, M.B.A. van Asselt. Koolmonoxide onderschat en onbegrepen. Rapport Onderzoekraad voor Veiligheid 2014;1-288.
- 4.B.Blatter, C. Stam, dossier koolmonoxide. Preventiecampagne CO-vergiftiging 2016 Veiligheid NL 2016; 1-2.
- 4.Thom SR, Taber RL, Mendiguren II, et al. Delayed neuropsychological sequelae following carbon monoxide poisoning and its prophylaxis by treatment with hyperbaric oxygen. Ann Emerg Med 1995;25:474-480.
- 5.Weaver LK, Valentine KJ, Hopkins RO. Carbon monoxide poisoning : risk factors for cognitive sequelae and the role of hyperbaric oxygen. Am J Resp Crit Care Med 2007;176:491-497.
- 6.Buckley NA, Juurlink DN, et al. Hyperbaric oxygen of carbon monoxide poisoning. Cochrane database of systemic reviews 2011;4:1-40.

7. de Pont ACJM. Richtlijn voor behandeling CO intoxicatie van artsen uit klinieken met hyperpressietank. NTvG 2006: 150:665-9.

8. Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth consensus conference on hyperbaric medicine. Diving and Hyper Med. Recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment 2017:47; 24-32.

9. Ernst A, Zibrak JD. Carbon monoxide poisoning. N Engl J Med 1998;339:1603-8.

10. Weaver LK. Carbon Monoxide Poisoning; N Eng J Med 2009;360:1217-25.

11. Weaver LK, Hopkins RO, Chan KJ e.a. Hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning; N Engl J Med 2002;347:1057-67.