

# Kohlenmonoxidvergiftung in der Schwangerschaft – Fallbericht und Diskussion der aktuellen Literatur

C.A. Pasedach<sup>1</sup>, S. Schröder<sup>2</sup>, U. Siekmann<sup>3</sup> und K.C. Clasen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinik für Anästhesiologie und Klinik für Operative Intensivmedizin und Intermediate Care, Universitätsklinikum der RWTH Aachen, <sup>2</sup>Klinik für Anästhesiologie, Operative Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Krankenhaus Düren, <sup>3</sup>Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum der RWTH Aachen

## Schlüsselwörter

Bewusstseinsstörung – Intoxikation – Kohlenmonoxid – Schwangerschaft – hyperbare Sauerstofftherapie – Druckkammer

## Key words

consciousness disorder – intoxication – carbon monoxide – pregnancy – hyperbaric oxygen therapy – hyperbaric chamber

## Kohlenmonoxidvergiftung in der Schwangerschaft – Fallbericht und Diskussion der aktuellen Literatur

Eine 29 Jahre alte Schwangere erlitt durch einen in der Wohnung verwendeten Garten grill eine akzidenzielle Kohlenmonoxidintoxikation. Symptomatisch wurde die Vergiftung durch Tachykardie, Vigilanzminderung und Kopfschmerzen. Es wurde entsprechend der Indikation eine Hyper-Bare-Oxygenations (HBO)-Therapie mit initialem Boerema-Schema (TS 300-90), gefolgt von 2-maligem Problemwunden-Schema (TS 240-90) durchgeführt. Die Symptomatik bildete sich unter der Therapie komplett zurück. Zum errechneten Geburtstermin kam ein gesundes Kind zur Welt, das sich altersentsprechend entwickelte. Es gibt bis zum heutigen Tag keine Anzeichen für Spätschäden bei der Mutter und dem Kind, weder durch die Kohlenmonoxidvergiftung, noch durch die hyperbare Sauerstoff-Therapie.

## Carbon monoxide poisoning in pregnancy – Case report and discussion of the current literature

A 29-year-old pregnant woman suffered accidental carbon monoxide intoxication due to indoor use of a garden barbecue. The poisoning became symptomatic by tachycardia, weakness, and headache. A hyperbaric oxygen therapy with initial Boerema scheme (TS 300-90), followed twice by the scheme for problem-wound management (TS 240-90) was performed according to medical indication. The symptoms resolved completely by therapy. At the calculated birth date, a healthy child was born, who developed according to age. There are no signs of late adverse effects for mother and child, neither by carbon monoxide poisoning nor by hyperbaric oxygen therapy.

## Einleitung

Kohlenmonoxid (CO)-Vergiftungen treten häufig auf [1]. Auch Schwangere sind regelmäßig betroffen [2]. Diese stellen sowohl bezüglich einer CO-Intoxikation, als auch für die Therapie eine besondere Patientengruppe dar. Schließlich ist nicht nur die Mutter, sondern auch immer das ungeborene Kind in alle Überlegungen miteinzubeziehen. Dieses ist besonders vulnerabel einer CO-Intoxikation gegenüber, selbst wenn für die Mutter keine Gefahr zu bestehen scheint [3]. Die Problematik besteht zudem darin, dass man das Ungeborene nicht neurologisch beurteilen kann. Gleichzeitig kann der Fötus aber auch durch eine nicht korrekt durchgeführte HBO-Therapie gefährdet werden [4]. Trotzdem bleibt die HBO-Therapie die einzig wirksame kausale Therapie [5] und rettet damit Leben von Mutter und Kind beziehungsweise verhindert weitere gesundheitliche Schäden [3]. In diesem Spannungsfeld sind Indikationsstellung und Durchführung der Therapie daher mit besonderer Sorgfalt abzuwägen beziehungsweise zu überwachen und benötigen spezielles Hintergrundwissen. Verantwortlich für die Bahnung der HBO-Therapie ist dabei in der Regel schon das Rettungsfachpersonal sowie der Notarzt.

Kohlenmonoxid kann die Plazenta überwinden und in der Folge direkt den Embryo schädigen. Durch den Sauerstoffmangel in der Plazenta kommt es zu einer Unterversorgung des ungeborenen Kindes. Des Weiteren wird durch den diffundierten Kohlenmonoxidanteil auch der Sauerstofftransport im Blutkreislauf des Fötus selbst behindert. Die

## Abkürzungen

ata	Absolute Atmosphäre
CK/CKMB	Kreatinkinase, Kreatinkinase (Myokardtyp)
CO	Kohlenmonoxid
COHb	an Hämoglobin gebundenes Kohlenmonoxid
EKG	Elektrokardiogramm
HBO	Hyper-Bare Oxygenation
HF	Herzfrequenz
RR	Blutdruck nach Riva Rocci
SpO <sub>2</sub>	Sauerstoffsättigung
TS	Therapieschema

Folge ist eine Hypoxie des Kindes. Dieser Fallbericht zeigt den Verlauf einer CO-Intoxikation während der Schwangerschaft mit nachfolgender Druckkammer-Therapie. Es schließt sich eine Diskussion der zugrunde liegenden Pathophysiologie an und warum der Fötus bei einer CO-Vergiftung besonders gefährdet ist. Zudem wird auf Grundlage aktueller Literatur gezeigt, dass eine hyperbare Sauerstofftherapie für das Ungeborene nicht schädlich sein dürfte und die einzig korrekte Therapieoption bleibt.

## Fallbericht

### Unfallgeschehen

Eine 29-jährige schwangere Frau hatte mit ihrer Familie auf der Terrasse im Erdgeschoss eines Mietshauses gegrillt. Nach dem Grillen war der Grill noch heiß und qualmte. Da die Familie befürchtete, der Grill könnte durch Passanten auf der Straße umgestoßen werden, wurde er in das Wohnzimmer gestellt. Er schwelte weiter vor sich hin. Die Schwangere befand sich die ganze Zeit im Wohnzimmer in räumlicher Nähe zum Rauch. Als sie Tachykardien und ein Benommenheitsgefühl bemerkte, verständigte ihre Familie den Rettungsdienst.

#### Patientin

- 29 Jahre
- Keine Vorerkrankungen
- Medikamente: Magnesium
- 23 + 6 Schwangerschaftswoche, I Gravida, 0 Para, keine Schwangerschaftskomplikationen

### Einsatzmeldung

- Tachykardie
- Benommenheitsgefühl

### Lage vor Ort und Rettungsdiensttransport

Der Rettungsdienst wurde gegen 22 Uhr verständigt. Bei Betreten der Wohnung meldete der Kohlenmonoxid-Warmmelder des Feuerwehr-Rettungsfachpersonals Alarm.

Bei der initialen Befragung klagte die Patientin über Herzrasen, ein Benommenheitsgefühl und Kopfschmerzen. Die Untersuchung der Patientin ergab eine Herzfrequenz von 175 Schlägen/min, eine Sauerstoffsättigung von 100% und einen Blutdruck von 135/80 mmHg, die Glasgow Coma Scale betrug 15 Punkte. Bei der klinischen Untersuchung zeigten sich lediglich kalte Extremitäten, ansonsten keine Pathologien, insbesondere keine neurologischen Auffälligkeiten. Aufgrund des Anschlages des Warmmelders wurde die Verdachtsdiagnose CO-Intoxikation gestellt und die Patientin unter 15 l/min O<sub>2</sub> in das ca. 20 Minuten entfernte Universitätsklinikum Aachen verbracht. Üblicherweise hat der Feuerwehr-Rettungsdienst in diesem Einsatzgebiet ein spezielles Pulsoxymeter (Masimo) mit der Möglichkeit zur CO-Messung vor Ort dabei, dieses war jedoch zu diesem Zeitpunkt defekt und kam daher nicht zum Einsatz. Der Transport verlief komplikationslos.

### Notaufnahme

Der um 22:50 Uhr gemessene COHb-Wert betrug nach Zeitverzögerung zum Unfallereignis und bereits begonnener normobarer Sauerstofftherapie 11,6%. Bis auf ein erhöhtes Lactat von 2,8 mmol/l zeigte sich die restliche Blutgasanalyse unauffällig. Bei der laborchemischen Untersuchung fiel ein erhöhter Troponin T-Wert von 29 pg/ml auf, CK und CK-MB waren normwertig. Die klinische und apparative Untersuchung ergab eine Herzfrequenz von 160/min, einen Blutdruck von 130/60 mmHg und ein unauffälliges EKG ohne ST-Streckenveränderungen. Bereits in der Notaufnahme wurde ein gynäkologisches Konsil durchgeführt, da die Patientin sich in der 24. Schwanger-

BGA
– venös 37°C
– pH 7,423
– pCO <sub>2</sub> 36,5 mmHg
– pO <sub>2</sub> 30,9 mmHg
– Bikarbonat 23,8 mmol/l
– Base Excess – 0,5 mmol/l
– Hb 11,1 g/dl
– CoHb 11,6%
– Glukose 104 mg/dl
– Laktat 2,8 mmol/l

schaftswoche (Primagravida) befand. Hier waren die Herzaktionen positiv, außerdem waren gute Kindsbewegungen feststellbar. Aufgrund der Schwangerschaft und der klinischen Symptomatik wurde die Indikation zur HBO-Therapie gestellt. Es wurde Kontakt zur nächsten Druckkammer aufgenommen, welche bei gegebener Indikation sofort ein Behandlungsteam zusammenstellte. Der Transport zur Druckkammer erfolgte unter fortgesetzter normobarer Sauerstofftherapie.

### Initiale HBO-Therapie

Die Therapie mit hyperbarem Sauerstoff wurde um 00:15 Uhr des Folgetages, also ca. 135 Minuten nach dem Unfallereignis begonnen. Bei Eintreffen in der Druckkammer hatte die Patientin nur noch eine Tachykardie, ansonsten bestanden keine Beschwerden mehr.

Die initiale Behandlung erfolgte nach dem Boerema-Schema (TS 300-90), das heißt, es wurde das Therapieschema mit 300 Kilopascal (kPa) Umgebungsdruck, entsprechend 3 ata (absolute Atmosphäre), und 90 Minuten Sauerstoffatmung angewendet. Die Herzfrequenz hielt sich konstant um die 130 Schläge/min. Die Patientin hatte keine Probleme mit dem Druckausgleich, somit konnte die Therapietiefe zügig erreicht werden. Im Anschluss wurde die nun beschwerdefreie Patientin dem Rettungsdienst zum Rücktransport in die Uniklinik übergeben, wo sie zur Überwachung auf der Intensivstation aufgenommen wurde.

### HBO-Folgetherapien

Zwei weitere Therapien folgten am selben Tag der initialen Behandlung nach dem Problemwunden-Schema (TS 240-90), das

bedeutet, es wurde das Therapieschema mit 240 Kilopascal (kPa) Umgebungsdruck, entsprechend 2,4 ata, und 90 Minuten Sauerstoffatmung angewendet. Diese fanden um 09:00 und um 17:00 Uhr statt. Bereits bei der zweiten Therapie hatte sich die Herzfrequenz wieder normalisiert und betrug durchschnittlich 80 Schläge/min. Der Blutdruck war durchgehend bei 120/70 mmHg und die SpO<sub>2</sub> lag bei 100%. Die Vitalparameter waren auch bei der dritten und letzten Therapie weiter unauffällig. Es gab im gesamten Verlauf keine Besonderheiten, keine Druckausgleichsprobleme, die Trommelfelle waren reizlos und spiegelnd und die Patientin war nun vollständig beschwerdefrei.

### Klinischer Verlauf

Zwischen den Druckkammer-Behandlungen wurde die Patientin zur Überwachung auf die Operative Intensivmedizin des Klinikums Aachen verlegt. Während des gesamten Aufenthalts war die Patientin beschwerdefrei und kardiopulmonal stabil. Die initiale Tachykardie bestand bereits nach der ersten HBO-Therapie nicht mehr. Ein abschließendes gynäkologisches Konsil erfolgte vor der Entlassung. Die Untersuchung der Herztöne des Kindes ergab keinen Anhalt für eine fetale Pathologie.

### Outcome

Der weitere Verlauf der Schwangerschaft verlief komplikationslos. Zum errechneten Termin brachte die Patientin ein gesundes Kind zur Welt. Die bisherige Entwicklung des Kindes ist altersentsprechend, es gab bei der Nachbeobachtung 1 Jahr und 2 Monate nach dem Ereignis keinen Anhalt auf körperliche Schäden, weder beim Kind noch bei der Mutter.

### Diskussion

Die Therapie mit hyperbarem Sauerstoff ist die kausale Therapie bei einer Kohlenmonoxid-Vergiftung. Sie führt zu einer raschen Entgiftung und verringert die Anzahl von

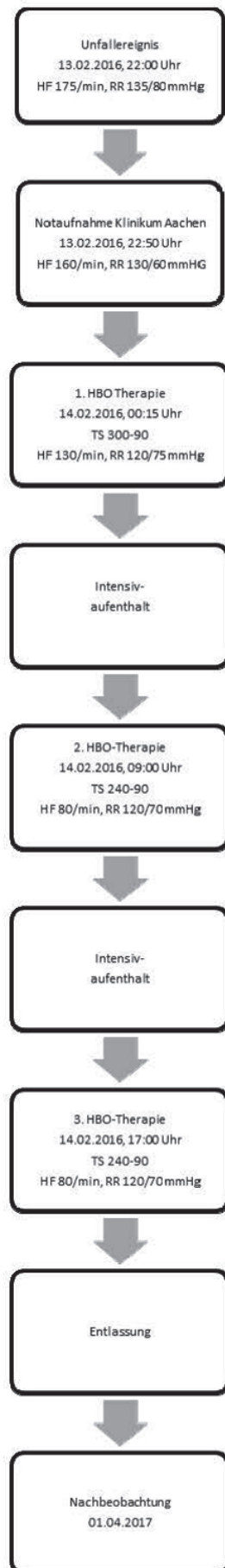


Abb. 1. Zeitachse Fallbericht; Herzfrequenz (HF), Blutdruck (RR), Hyper-Bare-Oxygenierung (HBO), Therapieschema mit 300 kPa Umgebungsdruck und 90 min Sauerstoffatmung (TS 300-90), Therapieschema mit 240 kPa Umgebungsdruck und 90 min Sauerstoffatmung (TS 240-90).

Spätkomplikationen. Die Wirkung beruht auf 3 Mechanismen.

- Sauerstoff löst sich im Plasma und es kommt zu einer Hämoglobin unabhängigen Gewebe-Oxygenierung.
- Durch den höheren Sauerstoffpartialdruck wird das Kohlenmonoxid verdrängt.
- Es kommt zu Hemmung der Lipid-Peroxidation [6].

Die Pathophysiologie der CO-Vergiftung ist komplexer als lange angenommen. Es sind bisher noch nicht alle Zusammenhänge aufgeschlüsselt worden. Deswegen wird im folgenden Abschnitt die aktuell bekannte Datenlage diskutiert.

### Indikation zur HBO-Therapie bei Schwangeren

Der Verband Deutscher Druckkammerzentren e.V. listet in seinem Behandlungskonzept die Indikationen zu einer Therapie mit hyperbarem Sauerstoff auf. Hier fallen Schwangere in eine besondere Gruppe, da dem Schutz des Fötus eine große Bedeutung zukommt [6]. Grundlage für die Entscheidung, dass Schwangere mit CO-Vergiftung einer Druckkammer-Therapie zugeführt werden sollen, sind die Studien von Elharrat und van Hoesen [7, 8].

Auch die aktuellsten Empfehlungen des European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM) sprechen sich explizit für eine HBO-Therapie bei Schwangeren aus. In der letzten Konsensus Konferenz in Lille im April 2016 wurde ebenfalls die Empfehlung zur Durchführung einer HBO-Therapie bei allen schwangeren Patientinnen nach einer Kohlenmonoxid-Vergiftung ausgesprochen. Während bei Nicht-Schwangeren die neurologische Symptomatik wichtig für die Therapieentscheidung ist, sollte bei einer bestehenden Schwangerschaft immer eine HBO-Therapie durchgeführt werden, ungeachtet der klinischen Symptomatik oder dem COHb-Level [9].

#### Indikationen zur HBO-Therapie bei Schwangeren

- alle schwangeren Patientinnen mit einer Kohlenmonoxid-Vergiftung
- unabhängig von der klinischen Symptomatik
- unabhängig vom gemessenen COHb-Wert

## *CO-Intoxikation beim ungeborenen Kind*

---

Die bei der Mutter gemessenen COHb-Werte müssen nicht identisch zu den Werten beim ungeborenen Kind sein. Diverse Studien belegen höhere COHb-Spiegel beim Fötus im Vergleich zur Mutter. In einem Fall hatte das Neugeborene einen COHb-Wert von 33%, während bei der Mutter ein COHb von 14% gemessen wurde [10]. Eine häufige Fehleinschätzung ist, dass höhere CO-Konzentrationen beim Kind durch eine erhöhte Affinität des fetalen Hämoglobins an das CO zustande kämen. Das Gegenteil ist der Fall: durch den strukturell differierenden Aufbau des fetalen Hämoglobins hat dieses eine höhere Sauerstoff-Affinität und bindet somit CO weniger gut. Bei maternalem Hämoglobin ist die Affinität von CO 230-fach stärker als die von Sauerstoff, während CO beim fetalen Hämoglobin nur 172-fach stärker bindet [11].

Longo und Hill [12] lieferten einen Erklärungsansatz für die daraus zu folgernde Pathophysiologie. Sie untersuchten schwangere Schafe und maßen die COHb-Spiegel mittels eines invasiven Katheter-Verfahrens. Sie konnten darlegen, dass es zu einem Zeitverzug bei der Aufnahme und Abgabe von Kohlenmonoxid im kindlichen Blut kommt. Danach liegen die COHb-Spiegel des Fötus mindestens 10% höher als die der Mutter. Die initiale Aufnahme von CO erfolgte beim Fötus deutlich langsamer als bei der Mutter infolge der höheren Affinität des Kohlenmonoxids an das mütterliche Hämoglobinmolekül. Zudem dauert die Elimination durch eine Linksverschiebung der Sauerstoffbindungskurve aus dem kindlichen Blut deutlich länger und es kommt so zusätzlich zu einer Akkumulation von Kohlenmonoxid. Nach mehreren Stunden überstiegen die CO-Konzentration des Fötus dann die der Mutter [12]. Einen direkten Vergleich zu dem Fallbeispiel ist nicht möglich, da der CO-Wert des ungeborenen Kindes nicht gemessen werden konnte. Aus den gewonnen Erkenntnissen von Longo und Hill resultierend wurde ein mathematisches Modell entwickelt, um fetale und maternale CO-Konzentrationen zu berechnen [13]. Faktoren wurden identifiziert, die die Konzentrationen beeinflussen. Variablen in diesem Modell umfassen

die alveoläre Ventilation, pulmonale und placentare Diffusionskapazität, Herzzeitvolumen und endogene CO-Produkte. Diese Rechenformel erwies sich als realistisch und war konform zu den im Tierversuch ermittelten Werten [12]. Auch hier ist ein Vergleich zum Fallbeispiel mangels fehlender Bestimmung der CO-Konzentration beim Fetus nicht möglich.

Eine CO-Vergiftung beim ungeborenen Kind kann gravierende Schäden zur Folge haben. Turpin beschrieb 45 Fälle, in denen Schwangere einer Kohlenmonoxid-Exposition ausgesetzt waren: 19 Föten starben in utero, 12 im weiteren Verlauf nach der Geburt und 9 Kinder waren gehörlos oder geistig behindert [14]. Norman und Halton [15] untersuchten weitere 60 Fälle. Hier wurde deutlich, dass der Zeitpunkt der Exposition eine entscheidende Rolle für die Art der Schädigung spielt. Innerhalb der Frühschwangerschaft kam es vermehrt zu Fehlbildungen, vor allem der Extremitäten. Psychomotorische Störungen oder mentale Entwicklungsstörungen kamen zu jedem Zeitpunkt der Schwangerschaft vor. Da in der späteren Schwangerschaft das fetale Gehirn sensibler auf CO-Vergiftungen reagiert, wurden hier zunehmend hypoxische Enzephalopathien und ventrikuläre Leukomalazien beobachtet [15, 16, 17]. In einer Studie wurden schwangere Katzen zu verschiedenen Gestationszeitpunkten Kohlenmonoxid ausgesetzt. Hier zeigt sich, dass die weiße Substanz und der Hirnstamm am anfälligsten für Defekte sind, gefolgt von den Basalganglien und dem Thalamus [18]. In dem dargestellten Fallbeispiel kam es zu keinen neurologischen Folgeschäden des Fetus.

## *Kann die HBO-Therapie schädlich fürs Kind sein?*

---

Die HBO-Therapie in der Schwangerschaft wurde früher sehr kontrovers diskutiert, da man sauerstofftoxische Schäden beim ungeborenen Kind annahm. Ältere Studien belegten teratogene Effekte in Tierversuchen. Dabei waren die Expositionen entweder deutlich länger oder bei merklich höherem Druck durchgeführt worden, sodass die damals gewonnenen Ergebnisse nicht un-

eingeschränkt auf heutige Therapieschemata übertragbar sind.

Bei Ferm [4] wurden Hamster während der Frühschwangerschaft bei 3 – 4 ata (absoluter Druck) für 3 und 2 Stunden Sauerstoff ausgesetzt. Die Folge war eine erhöhte Missbildungsrate (6%). Diese umfasste Nabelbrüche, Enzephalopathien, Spina bifida und Gliedmaßendefekte. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Deformierung aus der Stresssituation bei den Versuchsbedingungen herrührte. Telford und Mitarbeiter [19] setzten Ratten einmalig einer Sauerstofftherapie für 6 Stunden bei 2 ata aus und dokumentierten hohe Fehlgeburtsraten. Bei Fujikura [20] wurden schwangere Hasen in fortgeschrittener Schwangerschaft sogar 15 Stunden einer hyperbaren Sauerstoffumgebung ausgesetzt, in deren Folge es vermehrt zu Totgeburten, Augenfehlbildungen, vor allem retrolentalen Fibroplasien, Neugeborenentod innerhalb der ersten 24 Stunden und geringem Geburtsgewicht kam.

Nur wenige Tierversuche benutzen restriktive Therapieschemata, bei denen dann auch keine Komplikationen auftraten [21].

Ricci und Calogero [22] untersuchte an neugeborenen Ratten den Effekte von normobarem Sauerstoff im Vergleich zu hyperbarem Sauerstoff. Bei normobarer Therapie konnten Retinopathien in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration beobachtet werden, während in hyperbarer Umgebung bei 1,8 ata keine Netzhautschäden nachweisbar waren.

Sperling [23] nimmt an, dass Neugeborene und sich entwickelnde Mäuse eine geringere Sensitivität für eine Sauerstofftoxizität haben als Erwachsene. Neugeborene Mäuse hatten schwächere Krampfanfälle, die zudem noch kürzer anhielten, lebten länger und zeigten weniger schwere Lungenschäden als erwachsene Mäuse, wenn sie einem erhöhten Sauerstoffpartialdruck ausgesetzt wurden. Immer wieder diskutiert wurde auch die Hypothese, dass ein erhöhter Sauerstoffpartialdruck beim Fötus den Verschluss des Ductus arteriosus zur Folge haben und somit eine hyperbare Therapie lebensbedrohlich für das ungeborene Kind sein könnte. Diese These wurde jedoch widerlegt [24]; auch bei erhöhten Partialdrücken blieb der Blutfluss über den Ductus unverändert. Es muss

demnach andere Faktoren geben, die für die Schließung des Ductus arteriosus verantwortlich sind. Eine Gefahr durch eine hyperbare Sauerstofftherapie kann dagegen ausgeschlossen werden.

### *HBO-Therapie bei Schwangeren*

Studien an Schwangeren sind aus ethischen Gründen nur schwer durchführbar, weswegen die Datenlage hierzu sehr gering ist. Mathieu führte eine follow-up-Studie durch, bei der 90 Frauen beobachtet wurden, die während der Schwangerschaft eine CO-Vergiftung erlitten und eine HBO-Therapie erhielten. 90% der Frauen gebaren ein gesundes Kind. In 5 Fällen kam es zum Tod des Fötus durch die CO-Vergiftung [25]. Elkarrat und Mitarbeiter [7] führten eine prospektive Studie an 44 Schwangeren durch, die eine Kohlenmonoxid-Vergiftung erlitten hatten. Ihre Patientinnen wurden für 2 Stunden bei 2 ata und 4 Stunden bei 1 ata mit Sauerstofftherapiert. Es zeigte sich keine Zunahme fetaler oder geburtshilflicher Erkrankungen durch die hyperbare Therapie. 43 Frauen bekamen ein gesundes Kind. In einem Fall kam es zu einer Fehlgeburt, unabhängig von der CO-Intoxikation. Auch Van Hoesen und Mitarbeiter [8] berichten über einen Fall, bei dem eine 17-jährige Schwangere mit einem initialen COHb von 47,2% für 90 Minuten bei 2,4 ata mit Sauerstoff behandelt wurde. Hier kam es ebenfalls zu keinen Schäden. Die Autoren gehen davon aus, dass der Fötus eine kurze Zeit der hyperbaren Bedingung in allen Stadien der Schwangerschaft tolerieren kann und das Risiko für Tod oder Fehlbildungen durch die CO-Vergiftung durch eine HBO-Therapie minimiert wird. Es existieren weitere Fallberichte, die von einer erfolgreichen HBO-Therapie in der Schwangerschaft berichten und wo sich das Kind nach der Geburt normal entwickelte [2, 26, 27].

Die hyperbare Sauerstofftherapie wurde mittlerweile als Therapieoption bei fetalen Wachstumsstörungen untersucht [28]; es wurden 5 Therapien für 60 Minuten bei 1,5 ata (TS 150-60) durchgeführt und es zeigten sich keine Langzeitschäden. Allerdings muss hier einschränkend hinzugefügt werden, dass der Therapiedruck nur wenig über dem Normaldruck liegt. In dem hier

vorgestellten Fallbeispiel hat das ungeborene Kind keinen Schaden durch die hyperbare Sauerstofftherapie erlitten. Es entwickelt sich altersentsprechend und hat keine Fehlbildungen. Dies deckt sich somit mit den zuvor vorgestellten Studien und Fallberichten.

## Schlussfolgerung

Die heute üblichen Therapieschemata nehmen keinen schädlichen Einfluss auf das ungeborene Kind. Eine HBO-Therapie sollte nicht unterlassen werden, weil die Befürchtung besteht, dass sauerstofftoxische Schäden auftreten könnten. Im Gegenteil, die Indikation zur HBO-Therapie bei CO-Intoxikation der Schwangeren muss sehr niederschwellig gestellt werden, um das ungeborene Kind vor Schäden und Tod zu bewahren.

## Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

## Literatur

- [1] Kaiser G, Schaper A. Akute Kohlenmonoxidvergiftung. *Notf Rettmed*. 2012; 15: 429-439. [CrossRef](#) [PubMed](#)
- [2] Greingor JL, Tosi JM, Ruhlmann S, Ausseidat M. Acute carbon monoxide intoxication during pregnancy. One case report and review of the literature. *Emerg Med J*. 2001; 18: 399-401. [CrossRef](#) [PubMed](#)
- [3] Friedman P, Guo XM, Stiller RJ, Laifer SA. Carbon Monoxide Exposure During Pregnancy. *Obstet Gynecol Surv*. 2015; 70: 705-712. [CrossRef](#) [PubMed](#)
- [4] Ferm VH. Teratogenic effects of hyperbaric oxygen. *Proc Soc Exp Biol Med*. 1964; 116: 975-976. [CrossRef](#) [PubMed](#)
- [5] Nikkanen H, Skolnik A. Diagnosis and management of carbon monoxide poisoning in the emergency department. *Emerg Med Pract*. 2011; 13: 1-14, quiz 14. [PubMed](#)
- [6] Heiden C. Die hyperbare Sauerstofftherapie im Therapiekonzept für CO-Vergiftung und Rauchgasintoxikation in den Druckkammerzentren des Verbandes Deutscher Druckkammerzentren e.V. Zusammenstellung von Informationen für Ärzte im April 2013 [www.vdd-hbo.de](#) (Abruf am 05.02.2016).
- [7] Elkharrat D, Raphael JC, Korach JM, Jars-Guinestre MC, Chastang C, Harboun C, Gajdos P. Acute carbon monoxide intoxication and hyperbaric oxygen in pregnancy. *Intensive Care Med*. 1991; 17: 289-292. [CrossRef](#) [PubMed](#)
- [8] Van Hoesen KB, Camporesi EM, Moon RE, Hage ML, Piantadosi CA. Should hyperbaric oxygen be used to treat the pregnant patient for acute carbon monoxide poisoning? A case report and literature review. *JAMA*. 1989; 261: 1039-1043. [CrossRef](#) [PubMed](#)
- [9] Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. *Diving Hyperb Med*. 2017; 47: 24-32. [PubMed](#)
- [10] Woods JR, Egarter C. PeriFACTs Fall Nr. 806 Kohlenmonoxid-Vergiftung. 2008 [www.perifacts.eu/dfp/806.php](#) (Abruf 18.02.2016).
- [11] Engel RR, Rodkey FL, O'Neal JD, Collison HA. Relative affinity of human fetal hemoglobin for carbon monoxide and oxygen. *Blood*. 1969; 33: 37-45. [PubMed](#)
- [12] Longo LD, Hill EP. Carbon monoxide uptake and elimination in fetal and maternal sheep. *Am J Physiol*. 1977; 232: H324-H330. [PubMed](#)
- [13] Hill EP, Hill JR, Power GG, Longo LD. Carbon monoxide exchanges between the human fetus and mother: a mathematical model. *Am J Physiol*. 1977; 232: H311-H323. [PubMed](#)
- [14] Turpin JC, Escourrolle R, Gray F, Fournet JP, Castaing H, Dupard MC. [Carbon monoxide poisoning of the fetus. Apropos of a clinico-pathological case]. *Rev Neurol (Paris)*. 1978; 134: 485-495. [PubMed](#)
- [15] Norman CA, Halton DM. Is carbon monoxide a workplace teratogen? A review and evaluation of the literature. *Ann Occup Hyg*. 1990; 34: 335-347. [PubMed](#)
- [16] Yildiz H, Aldemir E, Altuncu E, Celik M, Kavuncuoglu S. A rare cause of perinatal asphyxia: maternal carbon monoxide poisoning. *Arch Gynecol Obstet*. 2010; 281: 251-254. [CrossRef](#) [PubMed](#)
- [17] Delomenie M, Schneider F, Beaudet J, Gabriel R, Bednarek N, Graesslin O. Carbon monoxide poisoning during pregnancy: presentation of a rare severe case with fetal bladder complications. *Case Rep Obstet Gynecol*. 2015; 2015: 687975. [CrossRef](#) [PubMed](#)
- [18] Okeda R, Matsuo T, Kuroiwa T, Tajima T, Takahashi H. Experimental study on pathogenesis of the fetal brain damage by acute carbon monoxide intoxication of the pregnant mother. *Acta Neuropathol*. 1986; 69: 244-252. [CrossRef](#) [PubMed](#)
- [19] Telford IR, Miller PD, Haas GF. Hyperbaric oxygen causes fetal wastage in rats. *Lancet*. 1969; 2: 220-221. [CrossRef](#) [PubMed](#)
- [20] Fujikura T. Retrolental fibroplasia and prematurity in newborn rabbits induced by maternal hyperoxia. *Am J Obstet Gynecol*. 1964; 90: 854-858. [CrossRef](#) [PubMed](#)
- [21] Grote W, Podlesch I. Tierexperimentelle Untersuchungen zur Teratogenität der Sauerstoffdruckbehandlung. *Z Prakt Anasth*. 1971; 6: 35-39. [PubMed](#)

- [22] Ricci B, Calogero G. Oxygen-induced retinopathy in newborn rats: effects of prolonged normobaric and hyperbaric oxygen supplementation. *Pediatrics*. 1988; 82: 193-198. [PubMed](#)
- [23] Sperling DR. Hyperbaric oxygen toxicity in newborn and developing mice. *J Appl Physiol*. 1970; 29: 472-474. [PubMed](#)
- [24] Assali NS, Kirschbaum TH Dilts PV J. Effects of hyperbaric oxygen on uteroplacental and fetal circulation. *Circ Res*. 1968; 22: 573-588. [CrossRef PubMed](#)
- [25] Mathieu D, Mathieu-Nolf M, Linke J-C, Favory R, Wattel F. Carbon monoxide poisoning. In: Mathieu D (ed). *Handbook on hyperbaric medicine*. Netherlands: Springer; 2006. p. 239-261.
- [26] Margulies JL, Margulies MD. Acute carbon monoxide poisoning during pregnancy. *Am J Emerg Med*. 1986; 4: 516-519. [CrossRef PubMed](#)
- [27] Gabrielli A, Layon AJ. Carbon monoxide intoxication during pregnancy: a case presentation and pathophysiologic discussion, with emphasis on molecular mechanisms. *J Clin Anesth*. 1995; 7: 82-87. [CrossRef PubMed](#)
- [28] Sparacia B, Sansone A, Piazza F. HBO in the treatment of fetal growth deficiencies. *Recent Advances in Anaesthesia, Pain, Intensive Care and Emergency*. 1991: 210-217.



Dr. med. Caroline Anna Pasedach  
Klinik für Anästhesiologie und  
Klinik für Operative Intensivmedizin  
und Intermediate Care  
Universitätsklinikum der  
RWTH Aachen und  
HBO-Zentrums Euregio Aachen  
Weststraße 37  
52074 Aachen  
cpasedach@ukaachen.de