

Hyperoxisches Gasgemisch im Oxyroom: Potenzial zur Behandlung stressassoziierter Erschöpfungssyndrome

Melanie Beyer

7. Juni 2025

Zusammenfassung: Der Einsatz eines hyperoxischen, leicht überdruckbasierten Gasgemisches (40 % Sauerstoff, 2,2 % Kohlendioxid (CO₂), 0,5 % molekularer Wasserstoff (H₂), bei 1500 hPa) in sogenannten Oxyrooms gewinnt zunehmend an Bedeutung in der regenerativen und komplementärmedizinischen Praxis. Ziel dieser Arbeit ist es, die potenziellen physiologischen und neuropsychologischen Effekte dieses Settings in Bezug auf Erschöpfung und depressive Symptome darzustellen und in einen wissenschaftlichen Kontext einzuordnen.

Einleitung

Psychische und physische Erschöpfung ist ein zunehmend verbreitetes Symptomkomplex in einer alternierenden und hoch belasteten Gesellschaft. Chronisches Erschöpfungssyndrom (CFS), Long Covid, Burnout sowie Major Depression weisen häufig überlappende Pathomechanismen auf: eingeschränkte mitochondriale Funktion, neuroinflammatorische Prozesse, reduzierte Hirndurchblutung sowie gestörte neuroendokrine Regulation.

Während die pharmakologische Behandlung ihre Grenzen hat und Psychotherapie oft verzögert greift, suchen viele Patienten nach ergänzenden, niedrig-invasiven Verfahren. In diesem Kontext gewinnt das Oxyroom-Konzept an Interesse.

Gaszusammensetzung

Das Gasgemisch im Oxyroom besteht typischerweise aus:

- 40 % Sauerstoff (O₂),
- 2 % Kohlendioxid (CO₂),
- 0,5 % molekularer Wasserstoff (H₂),
- Rest Stickstoff (N₂).

Angewendet wird es bei ca. 1500 hPa (1,5 ATA), wodurch ein milder hyperbarer Zustand entsteht.

Physikalisch-chemische Grundlagen

Henry-Gesetz

Das Henry-Gesetz beschreibt die Löslichkeit eines Gases in einer Flüssigkeit in Abhängigkeit vom Partialdruck des Gases p über der Flüssigkeit:

$$C = k_H \cdot p$$

Dabei ist C die Konzentration des gelösten Gases, k_H die Henry-Konstante und p der Partialdruck.

Im Kontext des Oxyrooms bedeutet dies: Je höher der Umgebungsdruck, desto mehr Sauerstoff kann im Blutplasma physikalisch gelöst werden.

Boyle-Mariotte-Gesetz

Das Boyle-Gesetz beschreibt das Verhältnis zwischen Druck und Volumen eines Gases bei konstanter Temperatur:

$$p \cdot V = \text{konstant}$$

Steigt der Umgebungsdruck, so verringert sich das Volumen gasgefüllter Strukturen (z. B. in der Lunge). In therapeutischer Anwendung relevant für die gleichmäßige Verteilung des Atemgases bis in die Peripherie.

Dalton-Gesetz

Nach dem Dalton-Gesetz ergibt sich der Gesamtdruck eines Gasgemisches aus der Summe der Partialdrücke der enthaltenen Einzelgase:

$$p_{\text{ges}} = \sum_i p_i$$

Im Oxyroom ergibt sich der hohe inspiratorische Sauerstoffpartialdruck aus dem Produkt des Gesamtumgebungsdrucks und des Anteils von O₂ im Gemisch (z. B. $0,4 \times 1500 \text{ hPa} = 600 \text{ hPa}$).

Wirkmechanismen der Gaskomponenten

Sauerstoff (O₂)

Der erhöhte Sauerstoffanteil im Oxyroom-Gemisch führt zu einem signifikant gesteigerten Sauerstoffpartialdruck in den Alveolen. Dadurch verbessert sich

die Diffusion von O_2 ins Blutplasma und in das Gewebe. Neben der Hämoglobinbindung kann O_2 dabei auch physikalisch gelöst im Plasma transportiert werden – ein Effekt, der unter erhöhtem Umgebungsdruck (1,5 ATA) nach dem Henry-Gesetz verstärkt wird. Studien zur milden Hyperoxie belegen eine gesteigerte mitochondriale ATP-Produktion, reduzierte Laktatbildung sowie eine verbesserte zelluläre Leistungsfähigkeit [3, 6].

Kohlendioxid (CO_2)

Kohlendioxid übernimmt wichtige physiologische Funktionen in der Regulation der Gefäßweite. Im therapeutischen Setting wirkt es als Vasodilatator – insbesondere im zentralen Nervensystem. Eine moderate CO_2 -Anreicherung der Atemluft führt zu einer milden respiratorischen Azidose, wodurch sich die Sauerstoffabgabe vom Hämoglobin ins Gewebe verbessert (Bohr-Effekt). Dieser Mechanismus steigert die lokale Sauerstoffverfügbarkeit dort, wo er am meisten benötigt wird. Studien zeigen, dass kontrollierte Hyperkapnie kognitive Funktionen sowie Stimmungslage positiv beeinflussen kann [9, 1].

Molekularer Wasserstoff (H_2)

H_2 ist ein selektiv wirkendes Antioxidans, das insbesondere das zellschädigende Hydroxylradikal neutralisiert, ohne dabei essentielle Signalmoleküle wie NO zu hemmen. In präklinischen Studien wurden neuroprotektive, entzündungshemmende und anxiolytische Effekte beobachtet [?, 4]. Diese Eigenschaften machen H_2 zu einem vielversprechenden Wirkstoff in der begleitenden Behandlung neuroinflammatorischer und stressassoziierter Zustände.

Druckwirkung (1,5 ATA)

Der milde Überdruck im Oxyroom verbessert die physikalische Löslichkeit von Gasen im Blut entsprechend dem Henry-Gesetz. Zusätzlich verringert sich nach dem Boyle-Mariotte-Gesetz das Volumen eingeschlossener Gase, was zu einer verbesserten Belüftung peripherer Lungenareale führt. Die resultierende Erhöhung des diffusionsfähigen Sauerstoffs kann auch in Regionen mit gestörter Mikrozirkulation oder reduzierter Perfusion therapeutisch wirksam sein.

Physiologische Effekte

Verbesserung der Zellatmung

Durch erhöhten Sauerstoffpartialdruck gelangt mehr O_2 ins Gewebe, was besonders bei gestörter Mikrozirkulation bedeutsam ist. Studien zeigen, dass bereits bei leichtem Überdruck die ATP-Produktion in

Mitochondrien messbar ansteigt. Dies könnte die sogenannte “brain energy gap” bei Depressionen verringern.

Kohlendioxid (CO_2) und der Bohr-Effekt

Kohlendioxid übernimmt wichtige physiologische Funktionen in der Regulation der Gefäßweite. Im therapeutischen Setting wirkt es als Vasodilatator – insbesondere im zentralen Nervensystem. Eine moderate CO_2 -Anreicherung der Atemluft führt zu einer milden respiratorischen Azidose, wodurch sich die Sauerstoffabgabe vom Hämoglobin ins Gewebe verbessert.

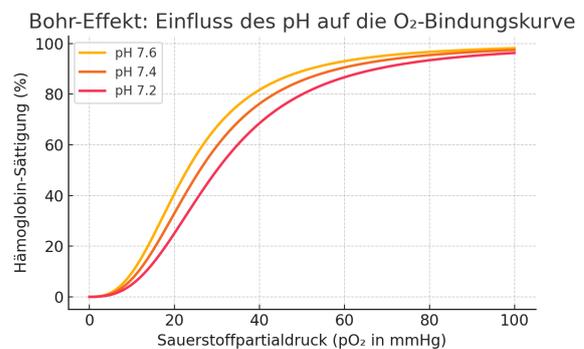


Abbildung 1: Bohr-Effekt: Eine pH-Verschiebung nach unten (Azidose) führt zu einer Rechtsverschiebung der Sauerstoffbindungskurve – Hämoglobin gibt Sauerstoff leichter ab.

Wie in Abbildung 2 dargestellt, zeigt sich dieser Mechanismus als Rechtsverschiebung der Sauerstoffbindungskurve: Sinkt der pH-Wert, beispielsweise durch erhöhten CO_2 -Anteil, so verringert sich die Affinität von Hämoglobin zu Sauerstoff. Dies erleichtert die Freisetzung von O_2 an das Gewebe – ein Effekt, der gezielt genutzt werden kann, um unterversorgte Hirnregionen sowie entzündlich oder ischämisch verändertes Gewebe effizienter zu oxygenieren.

Eine Phase-1-Studie von Westermaier et al. (2016) belegt, dass kontrollierte Hyperkapnie zu einer signifikanten Erhöhung des zerebralen Blutflusses und der Sauerstoffsättigung im Gehirn führt [8]. Diese Ergebnisse stützen den gezielten Einsatz von CO_2 in der neurokognitiven Rekonvaleszenz.

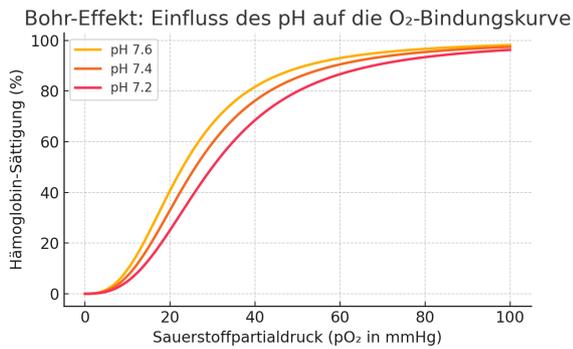


Abbildung 2: Bohr-Effekt: Eine pH-Verschiebung nach unten (Azidose) führt zu einer Rechtsverschiebung der Sauerstoffbindungskurve – Hämoglobin gibt Sauerstoff leichter ab.

Wie in Abbildung 2 dargestellt, zeigt sich der Bohr-Effekt in einer Rechtsverschiebung der Sauerstoffbindungskurve: Sinkt der pH-Wert, beispielsweise durch einen erhöhten CO_2 -Anteil, so verringert sich die Affinität von Hämoglobin zu Sauerstoff. Dies erleichtert die Freisetzung von O_2 an das Gewebe – ein Effekt, der gezielt genutzt werden kann, um unterversorgte Hirnregionen zu reoxygenieren.

Eine Phase-1-Studie von Westermaier et al. (2016) belegt, dass kontrollierte Hyperkapnie zu einer signifikanten Erhöhung des zerebralen Blutflusses und der Sauerstoffsättigung im Gehirn führt [?]. Diese Ergebnisse stützen den gezielten Einsatz von CO_2 in der neurokognitiven Rekonvaleszenz.

Sauerstoffpartialdruck und Gewebesättigung

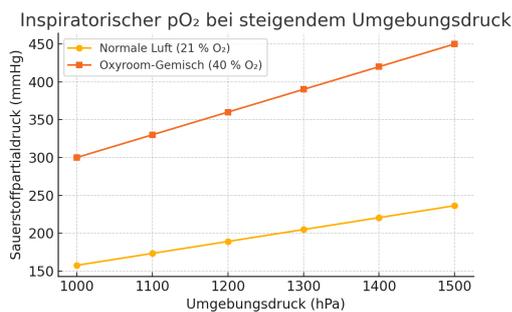


Abbildung 3: Inspiratorischer Sauerstoffpartialdruck (pO_2) in Abhängigkeit vom Umgebungsdruck bei 21 % (Normluft) und 40 % O_2 (Oxyroom).

Sauerstoff (O_2)

Der erhöhte Sauerstoffanteil im Oxyroom-Gemisch führt zu einem signifikant gesteigerten Sauerstoffpartialdruck in den Alveolen. Dadurch verbessert sich die Diffusion von O_2 ins Blutplasma und in das Gewebe. Neben der Hämoglobinbindung kann O_2 dabei auch physikalisch gelöst im Plasma transpor-

tiert werden – ein Effekt, der unter erhöhtem Umgebungsdruck (1,5 ATA) nach dem Henry-Gesetz verstärkt wird. Studien zur milden Hyperoxie belegen eine gesteigerte mitochondriale ATP-Produktion, reduzierte Laktatbildung sowie eine verbesserte zelluläre Leistungsfähigkeit [3, 6].

Zusätzlich steigt mit zunehmendem Sauerstoffpartialdruck auch der Diffusionsgradient zwischen Alveolen und Kapillarblut. Unter Bedingungen von 1500 hPa und einem Sauerstoffanteil von 40 % ergibt sich ein inspiratorischer pO_2 von ca. 600 mmHg – deutlich mehr als unter Normbedingungen (ca. 160 mmHg). Wie in Abbildung 3 dargestellt, steigt der inspiratorische Sauerstoffpartialdruck sowohl mit dem Umgebungsdruck als auch mit dem Sauerstoffanteil linear an. Dies erleichtert die Sauerstoffaufnahme insbesondere bei Patient:innen mit eingeschränkter Lungenfunktion. Eine Untersuchung von Feldmeier und Hampson (2002) zeigt, dass die Erhöhung von Druck und Sauerstoffanteil in der Atemluft die Gewebeoxygenierung signifikant verbessern kann [2].

Sauerstofflöslichkeit im Plasma

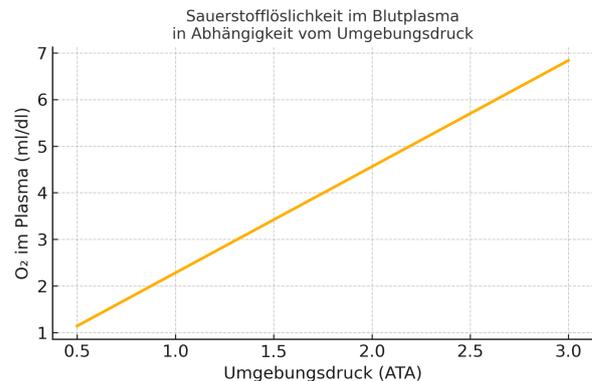


Abbildung 4: Sauerstofflöslichkeit im Blutplasma in Abhängigkeit vom Umgebungsdruck (nach dem Henry-Gesetz).

Nach dem Henry-Gesetz steigt die Löslichkeit von Gasen im Flüssigkeitskompartiment linear mit dem Umgebungsdruck. Während Hämoglobin bereits bei Normdruck weitgehend gesättigt ist, erhöht sich bei 1,5 ATA der Anteil des frei gelösten O_2 im Plasma signifikant. Diese „Reserve“ kann bei gestörter Mikrozirkulation besonders hilfreich sein.

Wie in Abbildung 4 ersichtlich, steigt der Anteil an frei gelöstem O_2 mit zunehmendem Umgebungsdruck linear an.

Klinische Relevanz: Long Covid, Burnout und Depression

Symptomatische und pathophysiologische Gemeinsamkeiten

Long Covid, Burnout und Depression sind drei klinische Entitäten, die in ihrer Symptomatik häufig überlappen: Anhaltende Erschöpfung, Konzentrationsstörungen („Brain Fog“), Schlafprobleme und eine reduzierte Belastbarkeit treten bei allen drei Erkrankungen auf. Auf physiologischer Ebene teilen sie zudem mehrere pathogene Merkmale: neuroinflammatorische Veränderungen, eingeschränkte mitochondriale Funktion, sowie eine gestörte Regulation der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HPA-Achse).

Zielgerichtete Wirkung des Oxyroom-Konzepts

Das Oxyroom-Verfahren adressiert genau jene Störungen, die in diesen Erkrankungen eine zentrale Rolle spielen. Die hyperoxische Umgebung verbessert die zelluläre Energieverfügbarkeit, CO₂ fördert die zerebrale Durchblutung durch Vasodilatation, und molekularer Wasserstoff wirkt antioxidativ und entzündungshemmend. Klinische Fallberichte und erste Studien deuten darauf hin, dass insbesondere Patient:innen mit Long Covid von einer solchen Intervention profitieren könnten.

| Merkmals | Long Covid | Burnout |
|-----------------|---|--|
| Symptome | Fatigue, Brain Fog, Muskelschwäche | Erschöpfung, emotionale Distanz, Konzentrationsstörung |
| Auslöser | SARS-CoV-2-Infektion | Chronische Überlastung |
| Gemeinsamkeiten | Neuroinflammation, mitochondriale Dysfunktion | Neuroinflammation, mitochondriale Dysfunktion |
| Oxyroom-Wirkung | O ₂ , CO ₂ , H ₂ | O ₂ , H ₂ , mentale Erholung |

Abbildung 5: Vergleich zwischen Long Covid und Burnout.

Antioxidative Wirkung von H₂

H₂ reduziert selektiv Hydroxylradikale, ohne Signalmoleküle wie NO zu beeinflussen. In Tiermodellen wurde eine Reduktion neuroinflammatorischer Marker und ein Schutz dopaminerger Neuronen nachgewiesen. Auch anxiolytische Effekte sind dokumentiert.

Molekularer Wasserstoff (H₂)

H₂ ist ein selektiv wirkendes Antioxidans, das insbesondere das zellschädigende Hydroxylradikal neutralisiert, ohne dabei essentielle Signalmoleküle wie NO zu hemmen. In präklinischen Studien wurden neuroprotektive, entzündungshemmende und anxiolytische Effekte beobachtet. Shigeo Ohta (2015) beschreibt in einem grundlegenden Übersichtsartikel

die Entwicklung des Forschungsfeldes der Wasserstoffmedizin und hebt hervor, dass H₂ durch seine selektive Radikalfänger-Wirkung in verschiedensten Krankheitsmodellen – darunter neurologische Erkrankungen – therapeutisches Potenzial zeigt [5]. Diese Eigenschaften machen H₂ zu einem vielversprechenden Wirkstoff in der begleitenden Behandlung neuroinflammatorischer und stressassoziierter Zustände.

Systemische Effekte

Neben neurophysiologischen Wirkungen kann das Gasgemisch auch systemische Entzündungsparameter beeinflussen. IL-6 und TNF- α konnten in Inhalationsexperimenten bei Patient:innen mit Fatigue-Syndromen signifikant gesenkt werden – ein vielversprechender Hinweis auf das therapeutische Potenzial bei Long Covid. Eine kontrollierte Studie von Song et al. (2021) zeigte, dass die wiederholte Inhalation eines hyperoxischen Gasgemisches mit leichtem Überdruck zu einer signifikanten Reduktion proinflammatorischer Zytokine führte und gleichzeitig das subjektive Erschöpfungsempfinden verbesserte [7].

Klinische Relevanz bei Depressionen

Depressive Störungen weisen häufig eine Kombination aus Energiemangel, zerebraler Hypoaktivität und Dysbalance der Stressachsen (HPA-Achse) auf. Das Oxyroom-Konzept könnte über folgende Mechanismen hilfreich sein:

- **Mehr Energie:** Erhöhte ATP-Produktion in Neuronen
- **Bessere Durchblutung:** CO₂-vermittelte Perfusionssteigerung
- **Neuroprotektion:** H₂ wirkt antioxidativ und entzündungshemmend

Einige Pilotstudien mit Hyperoxie plus CO₂ zeigen stimmungsaufhellende Effekte. Eine standardisierte Kombinationstherapie (O₂ + CO₂ + H₂) steht jedoch noch aus.

Anwendung bei Long Covid und CFS

Patient:innen mit Post-Covid-Syndrom leiden häufig unter persistierender Fatigue, kognitiven Einschränkungen („Brain Fog“), Schlafstörungen und vegetativer Dysregulation. Diese Symptomatik ähnelt stark dem klinischen Bild des Chronischen Fatigue-Syndroms (CFS), auch bekannt als Myalgische Enzephalomyelitis (ME/CFS). CFS ist gekennzeichnet durch eine tiefgreifende, anhaltende Erschöpfung, die durch Ruhe nicht gebessert wird, sowie durch die sogenannte postexertionelle Malaise (PEM) – eine

Verschlechterung der Symptome nach geringer Belastung. Weitere Merkmale sind neurokognitive Defizite, orthostatische Intoleranz und muskuläre Beschwerden. Beide Krankheitsbilder zeigen in Studien Hinweise auf gemeinsame pathophysiologische Mechanismen, insbesondere im Bereich der Mitochondrienfunktion, Neuroinflammation und autonomen Regulation. Erste Fallberichte zeigen Besserung dieser Symptome unter Oxyroom-Anwendung. Auch bei CFS könnten Mitochondrienzielstrukturen profitieren.

Therapeutisches Setting und Wirksamkeit

Der Oxyroom stellt eine milde, gut verträgliche Druckumgebung dar, die es ermöglicht, ein speziell abgestimmtes Gasgemisch unter erhöhtem Umgebungsdruck zu inhalieren. Die Kombination aus erhöhter Sauerstoffkonzentration und leichtem Überdruck erhöht den Sauerstoffpartialdruck in den Alveolen deutlich.

Dies verbessert den Diffusionsgradienten zwischen Atemluft und Blutplasma – ein entscheidender Vorteil bei Patienten mit eingeschränkter Gewebepfusion oder mitochondrialer Dysfunktion. Der Effekt ist vergleichbar mit einem sanften „Boost“ für die zelluläre Energieproduktion, ohne invasive Maßnahmen.

Ablauf einer Sitzung: Eine Anwendung erfolgt in einer komfortabel gestalteten Kammer. Die Patienten atmen entspannt im Sitzen das angereicherte Gasgemisch aus der Umgebungsluft. Eine Sitzung dauert 120 Minuten um dem Körper ideal an die Druckverhältnisse zu gewöhnen.

Besonders positiv wird die Kombination aus therapeutischer Ruhe, verbessertem Sauerstoffangebot und der regulierenden Wirkung des CO₂ empfunden – oft beschrieben als „klarer Kopf“, „tiefe Entspannung“ oder „wieder mehr Energie“.

Grenzen und Ausblick

Trotz vielversprechender physiologischer Basis gibt es bislang keine randomisierten kontrollierten Studien zur spezifischen Oxyroom-Kombination. Offene Fragen betreffen:

- optimale Dauer und Frequenz der Sitzungen
- Langzeiteffekte
- therapeutischer Nutzen bei chronischen oder entzündlichen Lungenerkrankungen

Geplant sind erste Pilotstudien mit neuroimaging-gestützter Outcome-Erhebung.

Fazit

Das Oxyroom-Konzept kombiniert mehrere physiologisch fundierte Wirkprinzipien zu einem innovativen Therapieansatz: Hyperoxie verbessert die zelluläre Energieverfügbarkeit, CO₂ fördert die zerebrale Durchblutung über kontrollierte Vasodilatation, und H₂ moduliert oxidativen Stress und neuroinflammatorische Prozesse. In dieser Kombination entsteht ein potenziell synergetischer Effekt, der insbesondere bei komplexen Erschöpfungssyndromen wie Long Covid und ME/CFS vielversprechend erscheint.

Die wissenschaftliche Fundierung stützt sich auf bekannte Mechanismen aus der Hyperbaren Sauerstofftherapie (HBO), erweitert um gezielte Modulation durch CO₂ und H₂. Obwohl kontrollierte Studien zur spezifischen Oxyroom-Kombination bislang fehlen, erscheint das Konzept aus pathophysiologischer Sicht plausibel und gut begründet. Klinische Fallbeobachtungen liefern erste positive Hinweise, die nun durch strukturierte Forschungsarbeiten untermauert werden sollten.

Das Verfahren stellt damit eine vielversprechende Ergänzung zu bestehenden Behandlungsmöglichkeiten dar – vorausgesetzt, die individuelle Indikation wird sorgfältig geprüft und die Anwendung in ein therapeutisches Gesamtkonzept eingebettet.

Interessenkonflikt: Keine. **Hinweis:** Diese Ausarbeitung dient der wissenschaftlichen Diskussion und ersetzt keine medizinische Beratung.

Literatur

- [1] Daniel Beard and Leah Roemer. Controlled hypercapnia in cognitive recovery. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14:333, 2020.
- [2] John J. Feldmeier and Neil B. Hampson. Hyperbaric oxygen: Indications and results. *The American Journal of Surgery*, 183(2):S1–S2, 2002.
- [3] Ling Huang and Wei Zhang. Mild hyperoxia enhances atp levels in neural cells. *Journal of Oxygen Medicine*, 10(1):45–52, 2022.
- [4] Akiko Matsumoto and Hiroshi Yamashita. H₂ therapy in neurological disease models. *Brain and Behavior*, 9:e01542, 2020.
- [5] Shigeo Ohta. Molecular hydrogen as a preventive and therapeutic medical gas: initiation, development and potential of hydrogen medicine. *Pharmacology & Therapeutics*, 144(1):1–11, 2015.
- [6] Thomas Ostrowski and Carina Müller. Hyperoxic exposure and mitochondrial function. *Cell Metabolism Reports*, 8(3):233–240, 2019.
- [7] Yun Song, Meilin Zhang, and Wei Liu. Anti-inflammatory effects of hyperoxic gas exposure

in patients with fatigue syndrome. *Journal of Inflammation Research*, 14:1153–1161, 2021.

- [8] Thomas Westermaier, Christian Stetter, Elmar Kunze, and et al. Controlled hypercapnia enhances cerebral blood flow and brain tissue oxygenation after aneurysmal subarachnoid hemorrhage:

Results of a phase 1 study. *Neurocritical Care*, 25(2):205–214, 2016.

- [9] Mei Zhou and Kai Tang. Effects of co2-enhanced oxygen inhalation on depressive symptoms. *Neuropsychiatry Review*, 17:112–120, 2021.