



Sportverletzungen und HBOT

Der Sportler strebt stets nach dem nächsten „Sieg“, egal ob Profi oder Hobbysportler. Dabei steht er vor zahlreichen Herausforderungen: Müdigkeit und Verletzungen sind zweifellos ernstzunehmende Gegner.

Die Dauer der Genesungszeit, die Länge der Trainingspause, der Grad des Konditionsverlusts, der Umfang des Muskelabbaus durch Inaktivität oder die Überlastung der kompensierenden anderen Seite spielen immer eine Rolle. Und dann sind da noch das Team, die investierte Arbeit, die Träume. Wann stehe ich wieder auf dem Spielfeld, auf der Bahn, springe ins Schwimmbecken, setze mich wieder in den Sattel, nehme Schläger, Dolch, Schaufel, Speer oder Ball in die Hand, ziehe meine Trainingsschuhe oder Schlittschuhe an?

Die Verkürzung der Rehabilitationszeit bei Spitzensportlern ist nicht nur psychologisch, sondern auch finanziell ein wichtiger Aspekt.

Die Zahl der in der medizinischen Fachliteratur zu diesem Thema veröffentlichten Artikel ist in den letzten Jahren gestiegen, doch die Anzahl der HBOT-Studien im Zusammenhang mit Sportverletzungen ist nach wie vor geringer als bei anderen, klassischen Indikationen (z. B. Schlaganfall, Weichteil- und Knochenentzündungen, nicht heilende Wunden, Long-Covid, Gewebeschäden nach Bestrahlung).^{1,2} Der Grund dafür liegt nicht unbedingt in der Infragestellung der Wirksamkeit der Methode, sondern vielmehr darin, dass wissenschaftlich auswertbare Ergebnisse aus einer ausreichenden Anzahl von Studien mit heterogenen Kontrollgruppen stammen müssen. Die Art, das Auftreten und der akute Charakter von Sportverletzungen lassen dies nicht zu, und Spitzensportler berichten selten öffentlich über die tatsächlichen Hintergründe ihrer schnellen Regeneration.

Die Wirkungen der hyperbaren Sauerstofftherapie (HBOT) bei Sportverletzungen

Die hyperbare Sauerstofftherapie (HBOT) ist im letzten Jahrzehnt zu einem festen Bestandteil der Sportmedizin geworden. Es erscheinen immer mehr klinische und randomisierte Studien, die objektive Belege für die beschleunigende Wirkung der HBOT auf die Heilung von Sportverletzungen liefern.¹⁻¹²

Wirkmechanismus der hyperbaren Sauerstofftherapie

Die hyperbare Sauerstofftherapie hat sowohl kurz- als auch langfristige physiologische Auswirkungen auf das verletzte Gewebe.

Zu den unmittelbaren Wirkungen zählen ein um ein Vielfaches erhöhter Sauerstoffgehalt, ein rascher Rückgang von Ödemen und eine damit einhergehende Schmerzlinderung. Sie optimiert die Phagozytosefunktion der Neutrophilen, senkt das Infektionsrisiko und mildert Reperfusionsschäden.³

Bei längerer Behandlungsdauer – mit intermittierender und wiederholter Verabreichung – aktiviert die HBOT das sogenannte „Hyperoxie-Hypoxie-Paradoxon“. Infolgedessen wird die Kapillarneubildung beschleunigt, die Kollagenproduktion der Fibroblasten stimuliert, die Bindegewebe- und Knochenneubildung verstärkt, die Aktivität der knochenbildenden Zellen gesteigert, die Anzahl der in den Blutkreislauf gelangenden Stammzellen erhöht sowie die endogene antioxidative Kapazität des Organismus verbessert.^{3 4}

Muskel- und Weichteilverletzungen



Muskel- und Weichteilverletzungen können bei jedem intensiven Training auftreten. Muskelkater entsteht nicht nur durch die Ansammlung von Milchsäure, sondern auch durch mikroskopische Risse in den Muskelfasern. An den Stellen dieser Mikrorisse entsteht eine Entzündung, die Schmerzen und Ödeme verursacht.

Die ersten Beobachtungsberichte mit geringer Fallzahl, in denen Physiotherapeuten lediglich schätzten, um wie viele Tage die Spieler dank HBOT weniger ausfielen, als aufgrund früherer

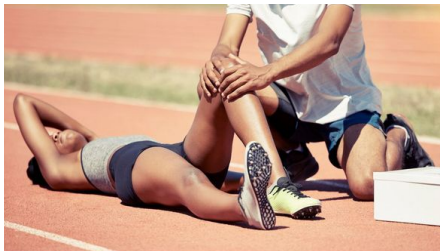
Erfahrungen zu erwarten gewesen wäre, gelten bereits als interessante Anekdoten aus der Sport- und HBOT-Geschichte.

Basierend auf den heutigen randomisierten, kontrollierten Studien kann die hyperbare Sauerstofftherapie die frühzeitige Regeneration von Muskelverletzungen fördern: Unter HBOT

sinken die Serummarker für Muskelschäden (Kreatinphosphokinase, Myoglobin) schneller, und es ist früher eine messbare Verbesserung hinsichtlich der Schmerzen und der Muskelkraft festzustellen als bei Sportlern, die keine HBOT erhalten.¹

Eine Übersichtsarbeit und einige kontrollierte Studien deuten darauf hin, dass die HBOT einen positiven Einfluss auf den verzögerten Muskelkater (DOMS) und auf durch Muskelkontraktionen verursachte Mikroverschädigungen haben kann.^{2 5}

Verstauchungen



Die häufigsten Sportverletzungen. Die hyperbare Sauerstofftherapie ist besonders wirksam bei Geweben, deren Kapillardurchblutung von Natur aus geringer ist als bei anderen Geweben – Sehnen und Bänder. Sie verbessert die Sauerstoffversorgung und reduziert Ödeme.³

In einer randomisierten Doppelblindstudie wurde bei Patienten mit akuter Sprunggelenksverstauchung die hyperbare Sauerstofftherapie mit einem Placebo verglichen. Die HBOT-Behandlung wurde in den ersten beiden Tagen bei einem Druck von 2,0 ATA insgesamt mehrmals durchgeführt. Die Funktionsfähigkeit des Sprunggelenks – gemessen anhand eines Funktionsscores – war bei alltäglichen Aktivitäten in der HBOT-Gruppe besser, obwohl sich hinsichtlich der Gesamtdauer der Genesung kein eindeutiger, signifikanter Unterschied zeigte.²

Bei akuten Verstauchungen kommt HBOT als Ergänzung zu konservativen Behandlungen in Betracht.²

Kreuzbandverletzung und ACL-Rekonstruktion

Eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes (ACL) ist eine der häufigsten Kniebandverletzungen bei Sportlern. Bei der ACL-Rekonstruktion wird das gerissene Band durch ein implantiertes Sehnen-Transplantat ersetzt, wobei die Heilung der Sehnen-Knochen-Verbindung für die langfristige Stabilität und die Rückkehr zum Sport von entscheidender Bedeutung ist.

Die Einheilung des ACL-Transplantats ist ein monatelanger, mehrphasiger Prozess (frühe Heilung, Proliferation, Reifung), in dessen Verlauf sich das Transplantat stabil im Knochen verankern und teilweise „ligamentisieren“ muss. Die Wirkung der hyperbaren Sauerstofftherapie auf die ACL-Rekonstruktion wurde zunächst in Tierversuchsmodellen untersucht: Unter HBOT wurden eine bessere Transplantatreifung, eine festere Sehnen-Knochen-Integration, eine geringere Erweiterung des Knochentunnels und günstigere biomechanische Parameter (höhere Zugfestigkeit, Steifigkeit) im Vergleich zur Kontrollgruppe berichtet.⁶



Neuere experimentelle und frühe klinische Daten deuten darauf hin, dass die Heilung des ACL-Transplantats unter HBOT in den ersten Monaten nach dem Eingriff auch mittels MRT messbar günstiger verlaufen könnte. Die Autoren betonen, dass HBOT das Risiko eines Transplantatversagens nach einer ACL-Rekonstruktion potenziell verringern und die funktionelle Genesung fördern kann; insgesamt scheint HBOT eine sichere und vielversprechende ergänzende Methode zur Unterstützung des Heilungsprozesses von Sehnen und Bändern zu sein.^{6,7}

Knochen und Frakturen

Knochen sind ein sich dynamisch veränderndes Gewebe des Körpers, in dem ständig Auf- und Abbauprozesse ablaufen. Lokaler Sauerstoffmangel ist einer der Hauptfaktoren, die die Heilung von Knochenbrüchen einschränken: Bei einem Bruch wird nicht nur die Knochenstruktur beschädigt, sondern auch die Mikrozirkulation und der venöse Rückfluss beeinträchtigt, was zu Gewebeblutungen, Knochenödemen und Schwellungen führt.³



Bei einer höheren Sauerstoffkonzentration wird die Aktivität der Osteoblasten (knochenbildende Zellen) gesteigert, was den Mineralisierungsprozess beschleunigt und die Knochenqualität im Bereich der Fraktur verbessert.^{3,4}

Die hyperbare Sauerstofftherapie scheint eine vielversprechende Möglichkeit bei der Behandlung komplizierter Frakturen zu sein, insbesondere bei infizierten oder schlecht heilenden Fällen.^{8,9}

Gehirnerschütterung, postkommotionelles Syndrom

Die Wirksamkeit der hyperbaren Sauerstofftherapie bei traumatischer Gehirnerschütterung ist nachgewiesen; sie verfügt über eine Indikation vom Typ III bzw. Evidenzgrad C.¹³

Die Gehirnerschütterung – eine mildere Form der traumatischen Hirnverletzung – stellt bei Sportlern ein erhebliches Problem dar. Gehirnerschütterungen, die im jungen Erwachsenenalter beim Sport erlitten werden, können auch langfristig negative neurokognitive Auswirkungen haben, sogar noch Jahrzehnte nach der Verletzung.¹⁰

Bei etwa 10–20 % der leichten Gehirnerschütterungen entwickelt sich ein „postkommotionelles Syndrom“: Konzentrationsschwierigkeiten, Stimmungsschwankungen, Kopfschmerzen, Schwindel und Gedächtnisstörungen können auftreten, die lange anhalten können. Die Behandlung erfolgt meist konservativ und symptomatisch, beispielsweise durch Anpassung des Schlaf- und Lebensrhythmus, reichliche Flüssigkeitszufuhr, Ruhe, Schmerzmittel und gezielte Rehabilitation.¹¹ Die hyperbare Sauerstofftherapie beschleunigt und vervollständigt den Heilungsprozess.

Boussi-Gross und Kollegen untersuchten die Wirksamkeit der HBOT bei Patienten mit chronischem postkommotionellem Syndrom. Sie verwendeten ein partielles Crossover-Design, um die Möglichkeit einer spontanen Besserung und eines Placebo-Effekts auszuschließen. Die HBOT-Behandlung führte zu einer signifikanten Verbesserung der Symptome, einer besseren kognitiven Leistungsfähigkeit und einer höheren Lebensqualität, während in der inaktiven Kontrollphase keine derartige Verbesserung festgestellt wurde.¹¹ Dies deutet darauf hin, dass die HBOT bei leichten, chronischen traumatischen Hirnverletzungen die Sauerstoffversorgung des Gehirns, die Funktion neuronaler Netzwerke und die Mitochondrienfunktion verbessern kann.^{11, 12}

Zusammenfassung

Wissenschaftliche Veröffentlichungen zeigen, dass die hyperbare Sauerstofftherapie insbesondere bei Verletzungen vielversprechend sein kann, bei denen die Durchblutung des geschädigten Gewebes von Natur aus gering ist – so beispielsweise bei Sehnen, Bändern und Knochen. Bisherigen klinischen Daten zufolge kann die Heilungsdauer in bestimmten Fällen

um 20–40 % verkürzt werden; allerdings variieren das Ausmaß der Wirkung und die klinische Bedeutung je nach Indikation und Patientengruppe, und endgültige Ergebnisse müssen noch in größeren, gut kontrollierten Studien ermittelt werden.

Literaturverzeichnis

1. Barata P, Cervaens M, Resende R, Camacho O, Marques F: Hyperbaric oxygen effects on sports injuries. *Clinics (Sao Paulo)*, 2011; 66(12): 2195–2200.
2. Bennett MH, Best TM, Babul S, Taunton J: Hyperbare Sauerstofftherapie bei verzögert auftretendem Muskelkater und Weichteilverletzungen im Sport. *Cochrane Database Syst Rev*, 2005; (4): CD004713.
3. Heyboer M III, Wojcik SM, Grant WD, Chambers P: Hyperbare Sauerstofftherapie: Rolle in der Wundversorgung und Wirkmechanismen. *Semin Plast Surg*, 2017; 31(3): 99–106.
4. Thom SR: Oxidativer Stress ist von grundlegender Bedeutung für die hyperbare Sauerstofftherapie. *J Appl Physiol (1985)*, 2009; 106(3): 988–995.
5. Hagiwara S, Iwasaka H, Hasegawa A, Noguchi T: Auswirkungen von hyperbarem Sauerstoff auf trainingsbedingte Muskelschäden. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol*, 2010; 2: 16.
6. Gušić M, Vlahović T, Hrabac P, et al.: Auswirkungen der hyperbaren Sauerstofftherapie auf die Heilung des Transplantats nach einer Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes: eine experimentelle Studie. *Front Physiol*, 2024; 15: 1483142.
7. Liu S, Zhang H, Chen Y, et al.: Wirkung der hyperbaren Sauerstofftherapie auf die frühe, MRT-basierte Transplantatheilung nach einer Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2026; 34(2): xx–xx.
8. Hofmann A, Engelhardt M, Wagner F, et al.: Hyperbare Sauerstofftherapie zur Förderung der Frakturheilung und zur Behandlung von Fraktur-Pseudarthrosen. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012; (11): CD009689.
9. HOLLT-Studienforscher: Hyperbare Sauerstofftherapie bei Traumata der unteren Extremitäten (HOLLT) – Protokoll einer randomisierten Studie und Pilotdaten. *BMJ Open*, 2015; 5(6): e008381.
10. De Beaumont L, Henry LC, Gosselin N, et al.: Kumulative Auswirkungen wiederholter leichter Schädel-Hirn-Verletzungen bei asymptomatischen Sportlern. *J Neurotrauma*, 2009; 26(12): 2063–2070.
11. Boussi-Gross R, Golan H, Volkov O, et al.: Die hyperbare Sauerstofftherapie kann das Postkommotionelles Syndrom noch Jahre nach einer leichten traumatischen Hirnverletzung verbessern – randomisierte prospektive Studie. *PLoS One*, 2013; 8(11): e79995.

-
12. Harch PG: Hyperbare Sauerstofftherapie bei chronischen leichten traumatischen Hirnverletzungen und beim Post-Commotio-Syndrom: eine systematische Übersicht. *Neurol India*, 2022; 70(Suppl): S573–S584.
 13. 10. Konsensuskonferenz zur Hyperbarmedizin (Europäisches Komitee für Hyperbarmedizin), Lille 2016.

Sicherheit und Garantie

Die Behandlungen werden in jedem Fall unter den in wissenschaftlichen Studien verwendeten Druck- und Sauerstoffparametern durchgeführt, d. h. wir gewährleisten eine Atmung mit 100 % Sauerstoff bei 2,5 Atmosphären.

Unsere hyperbare Sauerstofftherapie-Kammer entspricht den Anforderungen der Verordnung des Europäischen Parlaments über Medizinprodukte der Klasse IIb (Medical Devices Regulation, MDR, Verordnung (EU) 2017/745).

Der Betrieb erfolgt in Übereinstimmung mit den bewährten Verfahren der hyperbaren Sauerstofftherapie, wie sie im „European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy“ des European Committee of Hyperbaric Medicine (ECHM) festgelegt sind.

Die Ausbildung unseres Personals entspricht den Vorgaben der „Educational and Training Standards for Physicians in Diving and Hyperbaric Medicine“ des ECHM-EDTC sowie den Vorgaben der European Baromedical Association für Pflegekräfte, Bediener und Techniker. Gemäß diesen Vorschriften werden die Behandlungen in jedem Fall von einem dreiköpfigen Team unter ständiger Anwesenheit eines qualifizierten Hyperbar-Therapeuten durchgeführt.

Die Versorgung mit 100 % medizinisch reinem Sauerstoff erfolgt für Krankenhäuser aus Flüssigsauerstofftanks und Sauerstoffflaschen mit einem Druck von 200 bar, die von einem auf den Vertrieb medizinischer Gase spezialisierten Unternehmen bereitgestellt werden, nicht über die im Behandlungsraum befindliche Aufbereitungsanlage, die aus der Umgebungsluft vor Ort komprimierten Sauerstoff erzeugt.

Wir verfügen über die für die Hochdruck-Sauerstofftherapie vorgeschriebenen Präventions-, Sensor- und Brandschutzvorrichtungen.

In Ungarn ist der Betrieb von Gesundheitsdienstleistungen, die medizinische hyperbare (Hochdruck-)Sauerstofftherapie anbieten, reguliert; die Anforderungen an die Ausstattung und das Fachpersonal sind in den fachlichen Mindestanforderungen des Nationalen Zentrums

für Volksgesundheit (Verordnung 2/2004. (XI. 17.) EüM) festgelegt, die das Balance Medical Center in jeder Hinsicht erfüllt und für die es über eine Betriebsgenehmigung verfügt.

Die Einhaltung all dieser Vorschriften und der damit verbundenen Sicherheitsvorschriften unterscheidet unsere medizinische hyperbare Sauerstofftherapie deutlich von den anderswo angebotenen Niederdruck-Hyperbarbehandlungen und macht sie für therapeutische Zwecke geeignet.

Wir empfehlen Ihnen, sich in jedem Fall gründlich zu informieren und eine Therapie nur an einer zertifizierten Einrichtung zu beginnen, wenn es um die Heilung einer Erkrankung geht. Gesundheit ist ein wertvolles Gut – lassen Sie uns darauf achten!

[Nehmen Sie Kontakt mit dem Balance Medical Center auf, um einen Beratungstermin zu vereinbaren.](#)