

Rettung verunfallter Taucher

S. Schröder¹, S. Beuerlein² und C.-M. Muth³

¹Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Krankenhaus Düren gem. GmbH,²Klinik für Anästhesie, Intensiv- und Notfallmedizin, Medizinisches Zentrum StädteRegion Aachen GmbH,³Sektion Notfallmedizin, Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Ulm

Schlüsselwörter

Tauchen – Dekompressionskrankheit – pulmonales Barotrauma – normobare Sauerstofftherapie – Druckkammer

Key words

scuba diving – decompression sickness – pulmonary barotrauma – normobaric oxygen therapy – hyperbaric chamber

Rettung verunfallter Taucher

Der schwere lebensbedrohliche Tauchunfall unterliegt zwei Pathomechanismen: Bildung freier Gasblasen in Blut und Gewebe nach längerem Aufenthalt in Überdruck bei entsprechender Inertgasaufsättigung (Dekompressionskrankheit) oder arterielle Gasembolie, meist auf dem Boden eines pulmonalen Barotraumas. Neurologische Funktionsausfälle stehen im Vordergrund. Das sofortige korrekte Handeln am Unfallort, insbesondere die kontinuierliche Gabe von normobarem Sauerstoff in höchstmöglicher Konzentration, entscheidet über die Prognose und künftige Lebensqualität des Verunglückten. Weiterführende Maßnahmen sind die Rehydratation und die schnellstmögliche Rekompresseion in einer Therapiekammer mit hyperbarem Sauerstoff. Die medikamentöse Therapie ist demgegenüber untergeordnet und wird uneinheitlich bewertet.

Rescue accident scuba diver

Decompression injuries are potentially life-threatening incidents mainly due to a rapid decline in ambient pressure. Decompression injuries may be classified as decompression sickness generated from the liberation of gas bubbles following an oversaturation of tissues with inert gas and arterial gas embolism mainly due to pulmonary barotrauma. Diving accidents can be fatal and are often characterized by neurological deficits. The correct and professional emergency treatment on site, especially the immediate and continuous administration of normobaric oxygen, is decisive for the outcome of the accident victim. The definitive treatment includes rehydration and rapid recompression with hyperbaric oxygen. The value of adjunctive medication, however, remains controversial.

Die Gründe für einen Tauchunfall sind vielfältig: Erschöpfung, Hypothermie, Hypoxie durch einen plötzlich aufgetretenen Verlust der Atemgasreserve, Bewusstseins-eintrübungen bis hin zum Bewusstseinsverlust aufgrund von Vorerkrankungen oder aufgrund von Atemgasintoxikationen durch Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Stickstoff oder Sauerstoff. Oftmals sind auch Panik und Orientierungsverlust Auslöser eines Tauchunfalls. Als der Tauchunfall schlechthin gilt der Dekompressionsunfall. Dekompressionsunfälle treten bei einem schnellen Wechsel von einem höheren zu einem niedrigeren Umgebungsdruck auf. Beim Tauchen findet dieser Wechsel während der Auftauchphase statt, die daher auch als Dekompressionsphase bezeichnet wird. Ein schneller Druckabfall während des Auftauchens kann die Dekompressionskrankheit und Barotraumen zur Folge haben, wobei eine Kombination beider Krankheitsbilder möglich ist. Zu Barotraumen luftgefüllter Organe wie Nasennebenhöhlen, Mittelohr, Gastrointestinaltrakt und Lunge kommt es, wenn sich das in den Organen eingeschlossene komprimierte Gas bei fallendem Druck in der Auftauchphase ausdehnt und nicht aus den Hohlräumen entweichen kann. Die Ursachen für eine solche Entlüftungsstörung sind z.B. infektbedingte Schleimhautschwellungen im Bereich des Nasen-Rachen-Raumes und der Bronchien, Sekretansammlungen im Bronchialsystem und willkürliches oder unwillkürliches Anhalten der Atmung. Dabei ist infolge physikalischer Gesetzmäßigkeiten kurz vor dem Erreichen der Wasseroberfläche die Volumenzunahme im Verhältnis zum Druckabfall und damit die Gefahr eines Barotraumas am größten. Die Dekompressionskrankheit wird dagegen durch eine



Abb. 1. Taucherrettung.

Übersättigung der Gewebe mit dem Inertgas Stickstoff nach Tauchgängen mit Druckluft, dem verbreitetsten Atemgas, oder sonstigen inertgashaltigen Atemgasgemischen verursacht. Inertgase, im physiologischen Sinne, sind Gase, die am Stoffwechselgeschehen im menschlichen Körper nicht teilnehmen, also neben den Edelgasen auch der Stickstoff der Atemluft. Sie werden damit ausschließlich über das Gefäßsystem aus den Geweben abtransportiert, über die Lunge abgeatmet und so aus dem Körper eliminiert. Von Beginn des Abtauchens an nimmt das Körpergewebe in Abhängigkeit vom jeweiligen Außendruck Stickstoff auf. Die Entsättigung beginnt mit dem Auftauchen und ist abhängig von der Gewebeart und dem Tauchgangsverlauf. Verschiedene Gewebearten weisen aufgrund unterschiedlicher Durchblutung und Stickstofflöslichkeit variable Entsättigungshalbwertzeiten auf. Das Auftauchen vollzieht sich aus diesem Grund nach festgelegten Regeln, die unter Umständen Stopps in bestimmten Tiefen zur weiteren kontrollierten Stickstoffabgabe beinhalten. Die notwendigen Informationen erhält der Taucher unter Berücksichtigung der maximalen Tauchtiefe und der Gesamttauchzeit aus Tabellenwerten. Alternativ dazu werden heute nahezu regelhaft Tauchcomputer eingesetzt, die die Tauchgangsdaten registrieren und das Austauchprofil berechnen. Wird der Außendruck

zu schnell reduziert, so dass keine adäquate kontrollierte Stickstoffentsättigung des Gewebes stattfindet, können sich Gasblasen bilden, die sich im Gewebe ansammeln und in der Zirkulation einen Gefäßverschluss herbeiführen können. Dieser Umstand kann eine zelluläre Minderversorgung mit Sauerstoff und Energie liefernden Substraten und dadurch bedingt eine Störung von Organfunktionen bewirken. Größere Blasen können innerhalb kürzerer Zeit von Fibrinhüllen und Thrombozytenaggregaten umschlossen werden und sich zu stabilen Komplexen festigen. Eine besondere Schwierigkeit des Erkennens einer Dekompressionskrankheit liegt in der Tatsache begründet, dass mehr als die Hälfte der Verunfallten keinen offenkundigen Regelverstoß begangen haben, also im Sinne der verwendeten Instrumente richtig aufgetaucht sind. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Austauschregeln aufgrund von Durchschnittsbetrachtungen erstellt werden und individuelle Risikofaktoren keine Berücksichtigung finden. Dehydratation, schwere körperliche Anstrengungen während des Tauchgangs, Stress, erhöhter Körperfettgehalt und Kälte können die Stickstoffkinetik derartig beeinflussen, so dass es bei einzelnen Tauchern auch ohne einen offenkundigen Regelverstoß zu einer akuten Dekompressionskrankheit mit verhängnisvollen Folgen kommen kann [3, 5].



Abb. 2. Tauchnotfall.

Am Notfallort ist die Differentialdiagnose pulmonales Barotrauma oder Dekompressionskrankheit mitunter schwer zu stellen. Beide Krankheitsbilder können in einigen Fällen auch in Kombination auftreten. Für die Notfallbehandlung des Tauchunfalls ist die Differentialdiagnose jedoch nicht entscheidend. Die Symptome eines pulmonalen Barotraumas treten fast immer schlagartig, manchmal noch während des Auftauchens, selten später als einige Minuten nach dem Erreichen der Wasseroberfläche auf. Typisch für eine Überdruckschädigung der Lunge ist ein ungenügendes Abatmen des beim Auftauchen expandierenden Atemgases insbesondere im Rahmen eines Panik- oder Notaufstiegs. Als Zeichen der Destruktion des Lungengewebes können Husten, Dyspnoe und Hämoptoe auftreten. Einige Verunfallte erleiden einen meist einseitigen Pneumothorax, der zum Teil auch als Spannungspneumothorax imponieren kann. Luft, die aus rupturierten Alveolen in das Interstitium tritt, kann zum Haut- oder Mediastinalemphysem mit Hautknistern, Dyspnoe und/oder retrosternalen Engegefühl führen. Der Nachweis eines Hautemphysems nach einem Tauchgang ist ein deutlicher Hinweis für das Barotrauma der Lunge. Arterielle Gasembolien sind möglich, wenn Luft aus den rupturierten Alveolen in Lungengefäße und weiter in den großen Kreislauf eingeschwemmt wird. Die Symptomverteilung hängt von der Lokalisation der Embolie ab. Es können sowohl Bewusstseinsstörungen als auch Krämpfe auftreten. Die Entwicklung einer Halbseitensymptomatik ist ebenso wie eine

krankhafte Veränderung sämtlicher Sinnesmodalitäten möglich. Selten kann es auch zu Koronararterienverschlüssen mit einer akuten myokardialen Ischämie und malignen Rhythmusstörungen kommen.

Die Ausprägung und das zeitliche Auftreten der Dekompressionskrankheit können sehr stark variieren. Die Symptome treten meistens nicht schlagartig auf, sondern manifestieren sich innerhalb von Minuten bis zu mehreren Stunden nach dem Tauchgang. Die unterschiedlich langen Latenzzeiten werden durch eine variable Stickstoffsättigung in verschiedenen Geweben verursacht. Die muskuloskelettale Dekompressionskrankheit Typ 1 äußert sich bei Tauchern in Form von meist starken, bohrend, dumpfen, nicht bewegungsabhängigen Schmerzen in Muskeln, Knochen, Bändern und überwiegend großen Gelenken. Die Schmerzen entstehen in Folge von lokalen Raumforderungen durch Stickstoffblasen, die eine Mediatorenausschüttung mit nachfolgender entzündlicher Reizsymptomatik verursachen. Rote, juckende und zum Teil geschwollene Flecken und Streifen auf der Haut, so genannte „Taucherflöhe“, als Folge von Mikroembolisationen der Hautgefäße durch Stickstoffblasen, sind weitere Erscheinungsformen der Dekompressionskrankheit Typ 1. Eine nicht mit den Belastungen des Tauchgangs oder anderweitig zu erklärende Müdigkeit bzw. Abgeschlagenheit eines Tauchers können als Zeichen einer subklinisch verlaufenden Dekompressionskrankheit gewertet werden und bedürfen neben einem vorläufigen Tauch-

verbot einer ärztlichen Beobachtung und der normobaren Sauerstoffgabe (siehe unten).

Die Dekompressionskrankheit Typ 2 betrifft das zentrale und/oder periphere Nervensystem sowie das kardiopulmonale System. In Abhängigkeit von der Lokalisation der Stickstoffblasen im Bereich des Nervensystems sind eine Vielzahl von Symptomen möglich. Am schwerwiegendsten ist die Gasblasenbildung im Rückenmark und Gehirn. Bei der häufigen spinalen Schädigung treten sensible und motorische Ausfälle, Reithosen- und Strumpfhosenparästhesien, Blasen- und Mastdarmstörungen bis hin zur kompletten Querschnittssymptomatik auf. Bei einer Verlegung von etwa 10% der Lungenkapillaren durch auftretende Gasblasen können Zeichen einer Lungenembolie mit Rechtsherzbelastung und nachfolgendem Rechtsherzversagen sowie schmerzhafte Hustenattacken und Atemnot auftreten. Dabei besteht die Gefahr, dass die Gasblasen durch einen erhöhten Perfusionsdruck den Lungenfilter passieren können und damit eine potentielle Emboliequelle darstellen [2, 3, 5].

Die Anamnese und die körperliche Untersuchung leisten einen entscheidenden Beitrag für die Diagnose des Tauchunfalls. Differentialdiagnostisch müssen nicht tauchbedingte Erkrankungen, wie z.B. der Myokardinfarkt, abgegrenzt werden. Nach der Rettung des verunglückten Tauchers aus dem Wasser ist die Überwachung und Sicherstellung der Vitalfunktionen nach den üblichen notfallmedizinischen Methoden vorrangig. Für die Anwendung etablierter notfallmedizinischer Maßnahmen und Medikamente gibt es bei der Erstversorgung des verunfallten Tauchers keine Einschränkungen. Die Lagerung des Patienten orientiert sich am klinischen Bild. Der wache Patient wird in Rückenlage und der bewusstseinsgetriebene Patient in stabiler Seitenlage gelagert. Im Rahmen der zur Notfallversorgung gehörenden Anamnese sollte versucht werden, den zum Unfall führenden Tauchgang zu rekonstruieren und zu dokumentieren. Wichtig ist ebenfalls die Aufbewahrung des Tauchcomputers, der üblicherweise Tauchtiefe und Tauchzeit speichert. Auch ist im Falle eines Tauchunfalls auf die Sicherstellung des Tauchgerätes zur Atemgasuntersuchung zu achten, da Intoxikationen durch Verunrei-

nigung des Atemgases mit Kohlenmonoxid und/oder Kohlendioxid (z.B. durch Abgase der Verbrennungsmotoren von Füllanlagen) ursächlich für den Tauchunfall sein können. Grundsätzlich sollte bei der körperlichen Untersuchung auch ein neurologischer Status erhoben und dokumentiert werden, der in seinem Verlauf häufig ein wechselhaftes Bild aufweist. Aus den präklinisch erhobenen Daten können in spezialisierten Behandlungszentren das Ausmaß möglicher körperlicher Schäden abgeschätzt und entsprechende Therapien eingeleitet werden.

In der Erstbehandlung von Tauchunfällen wird neben notärztlichen Standardmaßnahmen die frühzeitige Gabe von Sauerstoff mit einer inspiratorischen Fraktion von 1,0 bis zum Beginn einer Druckkammertherapie empfohlen. Dies sollte über ein Demand-Ventil mit dicht sitzender Maske bzw. über einen Endotrachealtubus erfolgen. Kann auf ein Demand-Ventil nicht zurückgegriffen werden, so empfiehlt sich der Einsatz einer Maske oder eines Beatmungsbeutels mit Reservoir. Der Sauerstoff sollte mit größtmöglichem Flow verabreicht werden. Die Atmung reinen Sauerstoffs beim Normaldruck (normobare Sauerstofftherapie) ist bis zum Eintreffen am weiter versorgenden Zentrum oder bis zur Erschöpfung der Sauerstoffvorräte ununterbrochen fortzusetzen. Die konsequente normobare Sauerstofftherapie bewirkt eine gute Gewebeoxygenierung bei gleichzeitigem Stopp des Gasblasenwachstums und beschleunigt die Stickstoffauswaschung aus dem Körper, was zur Auflösung der Gasblasen beiträgt.

Da Taucher aufgrund der Immersionsdiurese eine intravasale Hypovolämie und Hämokonzentration entwickeln können, sollte ergänzend zu der normobaren Sauerstofftherapie ein Ausgleich des Flüssigkeitshaushaltes erfolgen. Dies kann z.B. mit einem Liter einer kristalloiden Infusionslösung über einen gut gesicherten großlumigen venösen Zugang innerhalb der ersten Stunde erfolgen. Die Beeinflussung der Dekompressionskrankheit durch die Gabe von Acetylsalicylsäure, Kortikosteroiden oder Heparin konnte trotz entsprechender pathophysiologischer Überlegungen nicht eindeutig belegt werden.

Die einzige kausale Therapie einer Dekompressionskrankheit und/oder der ar-

teriellen Gasembolie ist die Rekompressionsbehandlung unter Sauerstoffatmung in einer Therapiedruckkammer. Unter der Rufnummer +49 (0)431/54091441 kann bei der Taucherarzt-Bereitschaft der Bundesmarine in Kiel-Kronshagen rund um die Uhr tauchmedizinischer Rat eingeholt sowie die nächste einsatzbereite Druckkammer erfragt werden. Sofern das Druckkammerzentrum nicht in unmittelbarer Nähe zum Unfallort liegt, ermöglicht der Rettungshubschrauber den schnellsten Transport. Um eine weitere Ausdehnung von Inertgasblasen bei fallendem Umgebungsdruck mit zunehmender Flughöhe zu vermeiden, soll die Flughöhe so niedrig wie fliegerisch vertretbar sein [1, 4, 6].

Durch eine Zunahme der Popularität des Tauchsports können Rettungsdienste und Notärzte in Zukunft vermehrt mit Tauchunfällen konfrontiert werden. In der Initialbehandlung eines schweren Tauchunfalls ist neben den üblichen lebenserhaltenden Sofortmaßnahmen die frühzeitige kontinuierliche Gabe von reinem normobaren Sauerstoff essentiell. Im Anschluss daran sollte ein schneller und schonender Transport in ein Druckkammerzentrum zur Therapie mit hyperbarem Sauerstoff (HBO-Therapie) erfolgen. Die HBO-Therapie ist die einzige kausale Therapie der bei Tauchunfällen auftretenden Dekompressionskrankheit und der arteriellen Gasembolie.

Literatur

- [1] *Bartmann H.* Rettung verunfallter Taucher. In: Klingmann Ch, Tetzlaff K. *Moderne Tauchmedizin.* Stuttgart: Gentner; 2012. p. 313-319.
- [2] *Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin (GTÜM), Österreichische Gesellschaft für Tauch- und Hyperbarmedizin (ÖGTH).* Tauchunfall. Stuttgart: Gentner; 2014. p.420-427.
- [3] *Kern R.* Dekompressionserkrankung. In: Klingmann Ch, Tetzlaff K. *Moderne Tauchmedizin,* Stuttgart: Gentner; 2012. p. 171-198.
- [4] *Muth CM, Müller P, Welslau W.* Leitlinie Tauchunfall – Gesicherte Informationen zur Tauchunfallbehandlung. In: Schröder S, Schneider-Bichel D. *Wasserrettung und Notfallmedizin. Medizinische und technische Herausforderungen an die Wasserrettung,* Landsberg/Lech: ecomed 2010. p. 143-155.
- [5] *Tetzlaff K.* Lungenüberdehnung und Lungenödem. In: Klingmann Ch, Tetzlaff K. *Moderne*

Tauchmedizin. Stuttgart: Gentner; 2012. p. 230-254.

- [6] *Welslau W.* Rekompressionsbehandlung. In: Klingmann Ch, Tetzlaff K. *Moderne Tauchmedizin.* Stuttgart: Gentner; 2012. p. 331-377.

Internetlink

<http://gtuem.org/content/198/55/leitlinie-tauchunfall> (gesehen am 26. Januar 2015).

Prof. Dr. Stefan Schröder
Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie
Krankenhaus Düren gem. GmbH
Roonstraße 30
D-52351 Düren
stefan.schroeder@krankenhaus-dueren.de