

Pathophysiologie, Klinik und Therapie

Der Tauchunfall

S. Schroeder, Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

NOTFALL & HAUSARZTMEDIZIN 2004; 30: 79–82

Tauchunfälle beruhen im Wesentlichen auf der Veränderung des auf den menschlichen Organismus einwirkenden Umgebungsdruckes. Der Mensch ist an eine Luftatmosphäre mit einem absoluten Umgebungsdruck von etwa 1 bar adaptiert. Beim Tauchen kommt es dagegen zu einer unphysiologischen Überdruckexposition, wodurch unter bestimmten Voraussetzungen gesundheitliche Schäden für den Organismus bis hin zum lebensbedrohlichen Notfall auftreten können.

■ Pathophysiologie

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.

Barotraumen

Zu Barotraumen luftgefüllter Organe wie Nasennebenhöhlen, Mittelohr, Gastrointestinaltrakt und Lunge kommt es, wenn sich das in den Organen eingeschlossene komprimierte Gas gemäß dem Gesetz nach Boyle und Mariotte bei fallendem Druck in der Auftauchphase ausdehnt und nicht aus den Hohlräumen entweichen kann. Die Ursachen für eine solche Entlüftungsstörung sind zum Beispiel infektiert bedingte Schleimhautschwellungen im Bereich des Nasen-Rachen-Raumes und der Bronchien, Sekretansamm-

lungen im Bronchialsystem und willkürliches oder unwillkürliches Atemanhalten. Dabei ist kurz vor dem Erreichen der Wasseroberfläche die Volumenzunahme im Verhältnis zum Druckabfall und damit die Gefahr eines Barotraumas am größten.

Tauchunfälle sind selten und ungewöhnlich. Durch die zunehmende Verbreitung des Tauchsports erhöht sich allerdings die Wahrscheinlichkeit, einen verunfallten Taucher im Rettungsdienst versorgen zu müssen. Tauchunfälle müssen schnell und kompetent behandelt werden, da sie lebensbedrohlich sind und zu einer lebenslangen Behinderung des Betroffenen führen können. In der Initialbehandlung eines Tauchunfalls ist neben den üblichen lebenserhaltenden Sofortmaßnahmen die frühzeitige, kontinuierliche Gabe von reinem normobaren Sauerstoff essenziell. Im Anschluss sollte ein schneller und schonender Transport in ein Zentrum mit der Möglichkeit der hyperbaren Sauerstofftherapie (HBO-Therapie) erfolgen. Die HBO-Therapie ist die einzige kausale Therapie der bei Tauchunfällen auftretenden Dekompressionserkrankung und arteriellen Gasembolie.

5. Bonner Tauchersymposium, 13. März 2004

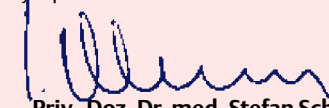
Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer,

wir freuen uns, Ihnen zum fünften Mal interessante Themen und qualifizierte Referenten zum Thema Tauchen präsentieren zu können. Ein Dank an alle Beteiligten, die sich seit 2000 bei der Organisation und Durchführung eingebracht haben, um Ihnen eine Fortbildung auf hohem Niveau präsentieren zu können. Ein Dank aber auch an Sie, die Teilnehmerinnen und Teilnehmer, denn ohne Ihre Kritik und Anregungen könnten wir dieses fünfte Jubiläum nicht feiern.

Was sich im Jahre 2000 als einmalige Veranstaltung für Taucher, Rettungsdienstpersonal und Ärzte anließ, hat sich schon fast zu einem Selbstläufer entwickelt, da uns jede Veranstaltung mit einer Verdoppelung der Teilnehmer überraschte. Unsere Idee war es, Ihnen ein breites Spektrum für medizinische Erkenntnisse, organisatorische Fragen, Tauchpraxis und Unfallprophylaxe zu präsentieren und als Treffpunkt für Aktive aus allen Sparten des Tauchens zu dienen.

Wir freuen uns natürlich über diese Honorierung unserer Arbeit und hoffen, dass auch dieses Jahr Ihre Erwartungen an uns erfüllt werden. Wir haben Ihre Anmerkungen und Wünsche aus den letztjährigen Beurteilungsbögen aufgegriffen und freuen uns, Ihnen erneut bereits zum Symposiumsbeginn alle Vorträge der Referenten in der Zeitschrift *Notfall & Hausarztmedizin* zur Verfügung stellen zu können.

Wir wünschen Ihnen eine erfolgreiche Fortbildung und hoffen, Sie auch beim nächsten Symposium wiederzusehen.



Priv.-Doz. Dr. med. Stefan Schroeder
Arzt der DRK-Wasserwacht Nordrhein



Dekompressionskrankheit

Die Dekompressionskrankheit wird dagegen durch eine Übersättigung der Gewebe mit dem Inertgas Stickstoff nach Tauchgängen mit Pressluft, dem verbreitetsten Atemgas, oder sonstigen inertgashaltigen Atemgasgemischen verursacht. Inertgase sind Gase wie Stickstoff und Edelgase, die am Stoffwechselgeschehen im menschlichen Körper nicht teilnehmen. Sie werden damit ausschließlich über das Gefäßsystem aus den Geweben abtransportiert, über die Lunge abgeatmet und so aus dem Körper eliminiert. Vom Beginn des Abtauchens an nimmt das Körpergewebe in Abhängigkeit vom jeweiligen Außendruck (Gesetze von Henry und Dalton) 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 Entsättigungshalbwertszeiten auf: Knochen, Bänder und Sehnen benötigen daher deutlich länger als die Lunge und das Blut bis zur kompletten Entsättigung von Stickstoff.

Das Auftauchen vollzieht sich aus diesem Grund nach festgelegten Regeln, die unter Umständen Stopps in bestimmten Tiefen zur weiteren Stickstoffabgabe beinhalten (Dekompressionsstopps). Die notwendigen Informationen erhält der Taucher unter Berücksichtigung der maximalen Tauchtiefe und der Gesamttauchzeit aus Tabellenwerken. Alternativ werden immer häufiger Tauchcomputer eingesetzt, die die Tauchgangsdaten registrieren und das Austauschprofil berechnen. Wird der Außendruck zu schnell reduziert, sodass keine adäquate Stickstoffentsättigung des Gewebes stattfindet, können sich Gasblasen bilden, welche möglicherweise im Gewebe und in der Zirkulation einen Gefäßverschluss herbeiführen. Dieser Umstand kann eine zelluläre Minderversorgung mit Sauerstoff und ener-

gieliefernden Substraten und dadurch bedingt eine Störung von Organfunktionen bewirken. Zusätzlich sind Schmerzen durch Druck der Blasen auf Nervenenden und entzündliche Reizerscheinungen durch Freisetzung von Botenstoffen des Immunsystems möglich. Größere Blasen können innerhalb kürzerer Zeit von Fibrinhüllen und Thrombozytenaggregaten umschlossen werden und sich zu stabilen Komplexen festigen.

Nicht jede Gasblase hat pathophysiologische Relevanz

Dopplersonografische Untersuchungen haben gezeigt, dass regelmäßig auch nach korrektem Auftauchen Gasblasen in der Blutzirkulation nachweisbar sind. Die Gasblasen bleiben allerdings ohne akute pathophysiologische Relevanz, solange eine bestimmte Blasenmenge nicht überschritten wird und die Lunge als Blasenfilter wirken kann. Insgesamt zeigt sich jedoch ein Anstieg des Risikos der Dekompressionserkrankung mit der Menge nachweisbarer Gasblasen. Jedoch haben mehr als die Hälfte der Verunfallten mit einer Dekompressionserkrankung keinen offenkundigen Regelverstoß begangen. Sie sind also im Sinne der verwendeten Instrumente richtig aufgetaucht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Auftauchregeln aufgrund von Durchschnittsbetrachtungen erstellt werden und individuelle Risikofaktoren keine Berücksichtigung finden. Dehydration, schwere körperliche Anstrengungen während des Tauchganges, Stress, erhöhter Körperfettgehalt und Kälte können die Stickstoffkinetik derartig beeinflussen, sodass es bei einzelnen Tauchern auch ohne Regelverstoß zu einer akuten Dekompressionserkrankung mit verhängnisvollen Folgen kommen kann.

Klinisches Bild

Am Notfallort ist die Differenzialdiagnose Barotrauma oder Dekompressionserkrankung in der Regel schwer zu stellen. Der Tauchgangsverlauf liefert nur bedingt Hinweise auf die eigentliche Ursache des Unfallereignisses. Ein pulmonales Überdrucktrauma kann selbst beim

Auftauchen aus den geringen Wassertiefen eines Schwimmbades auftreten. Ein Taucher kann eine Dekompressionserkrankung erleiden, obwohl er keine erkennbaren Auftauchfehler begangen hat.

Pulmonales Barotrauma

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 sind ungenügendes Abatmen des beim Auftauchen expandierenden Atemgases, insbesondere im Rahmen eines Panik- oder Notaufstiegs. Andere Ursachen können zum Beispiel auch blockierte Atemwege durch Aspiration, Laryngospasmus oder das sogenannte „air-trapping“ bei chronisch obstruktiver Lungenerkrankung sein. Bullae, pulmonale Verwachsungen und narbige Lungenveränderungen stellen Prädispositionsstellen für Alveolarrupturen dar.

Destruktion des Lungengewebes

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 übertritt, kann zum Haut- oder Mediastinalemphysem mit Hautknistern, Dyspnoe, und/oder retrosternalem Engegefühl führen. Als weitere Symptome können Dysphagie sowie eine Stimmveränderung durch Rekurrenzreizung auftreten. In seltenen Fällen kann es sogar zu einem Pneumoperikard kommen. Der Nachweis eines Hautemphysems nach einem Tauchgang gilt als pathognomonisch für das Barotrauma der Lunge. Arterielle Gasembolien sind möglich, wenn Luft aus den rupturierten Alveolen in Lungengefäße und weiter in den großen Kreislauf eingeschwemmt werden. Die Symptomverteilung hängt von der Lokalisation der Embolie ab. Es können sowohl Bewusstseinsstörungen als auch Krämpfe



aufzutreten. Die Entwicklung einer Halbseitensymptomatik ist ebenso wie eine Alteration sämtlicher Sinnesmodalitäten möglich. Selten kann es zu Koronararterienverschlüssen mit einer akuten myokardialen Ischämie und malignen Rhythmusstörungen kommen.

Dekompressionserkrankung

Die Ausprägung und das zeitliche Auftreten der Dekompressionserkrankung 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 Stickstoffentsättigung in verschiedenen Geweben verursacht.

Dekompressionserkrankung Typ I

Die muskuloskeletale Dekompressionserkrankung Typ I 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 Mediatorausschüttung mit nachfolgender

entzündlichen 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 Dekompressionserkrankung Typ I. Eine nicht mit den Belastungen des Tauchgangs oder anderweitig zu erklärende Müdigkeit und Abgeschlagenheit eines Tauchers kann als mögliches Zeichen einer subklinisch verlaufenden Dekompressionserkrankung gewertet werden und bedarf neben einem vorläufigen Tauchverbot einer ärztlichen Beobachtung.

Dekompressionserkrankung Typ II

Die Dekompressionserkrankung Typ II betrifft das zentrale und/oder periphere Nervensystem sowie das kardiopulmonale System. In Abhängigkeit der Lokalisation der Stickstoffblasen im Bereich des Nervensystems ist 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 anflutende Gasblasen können Zeichen einer Lungenembolie mit Rechtsherzbelastung und nachfolgendem Rechtsherzversagen sowie schmerzhafte Hustenattacken und Atemnot

Im Rahmen der Erstversorgung eines Tauchunfalls ist neben den üblichen, lebenserhaltenden Sofortmaßnahmen die frühzeitige, kontinuierliche Gabe von reinem, normobaren Sauerstoff unerlässlich.

aufzutreten. Dabei besteht die Gefahr, dass die Gasblasen durch einen erhöhten Perfusionsdruck durch den Lungenfilter gepresst werden und damit eine potenzielle Emboliequelle darstellen.

Diagnostik

Die Anamnese und die körperliche Untersuchung leisten einen entscheidenden Beitrag für die Diagnose des schweren Tauchunfalls. Differenzialdiagnostisch müssen nichttauchbedingte Erkrankungen, wie zum Beispiel der Myokardinfarkt, abgegrenzt werden.

Therapie

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 verunglückten Tauchers keine Einschränkungen.

Erstmaßnahmen

Die Lagerung des Patienten orientiert sich am klinischen Bild. Der wache Patient wird in Rückenlage und der bewusstseinsgetrübte Patient in stabiler Seitenlage gelagert. Die früher propagierte Linksseiten-Kopftieflage, die zur Vermeidung zerebraler Luftembolien gedacht war, wird heutzutage als schädlich angesehen und ist zu unterlassen, da durch diese Maßnahme Hirndruck provoziert werden kann. 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 Verunreinigungen des Atemgases mit Kohlenmonoxid und/oder Kohlendioxid, zum Beispiel durch Abgase der Verbrennungsmotoren von Füllanlagen, ursächlich für den Tauchunfall sein können.



Nur Ihr Urteil bringt uns weiter!

**Wir wollen mehr
Informationsqualität
für Sie.**

Helfen Sie mit, damit Ihnen weiterhin eine gute Fachpresse und ein optimales Informationsangebot zur Verfügung stehen.

In diesen Monaten befragt die Arbeitsgemeinschaft LA-MED Kommunikationsforschung im Gesundheitswesen e.V. Sie und Ihre Kollegen zum Leseverhalten und zu Ihren Präferenzen in der Fachpresse.

 **Notfall**
& Hausarztmedizin

+

LA-MED

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 spezialisierte Behandlungszentren das Ausmaß möglicher körperlicher Schäden abschätzen und entsprechende Therapien einleiten.

Frühzeitige Sauerstoffgabe

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 dichtsitzender Maske beziehungsweise über einen Endotrachealtubus erfolgen. Kann auf ein Demand-Ventil nicht zurückgegriffen werden, so empfiehlt sich der Einsatz einer Maske beziehungsweise eines Beatmungsbeutels mit Reservoir. Der Sauerstoff sollte mit dem größtmöglichen Flow verabreicht werden. Die Atmung reinen Sauerstoffs bei Normaldruck (normobare Sauerstofftherapie) ist bis zum Eintreffen am weiterversorgenden Zentrum oder bis zur Erschöpfung der Sauerstoffvorräte ununterbrochen fortzusetzen. Die konsequente normobare Sauerstofftherapie bewirkt eine gute Gewebeoxygenierung bei gleichzeitigem Stopp des Gasblasenwachstums und beschleunigter Stickstoffauswaschung aus dem Körper.

Flüssigkeitsausgleich

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 zum Beispiel mit einem Liter Ringerlösung über einen gut gesicherten großlumigen venösen Zugang innerhalb der ersten Stunde erfolgen. Die Beeinflussung der Dekompressionserkrankung durch die Gabe von Acetylsalicylsäure, Kortikosteroiden oder Heparin konnte trotz entsprechender pathophysiologischer Überlegungen nicht eindeutig belegt werden. Die weitere Therapie einer Dekompressionserkrankung und/oder einer arteriellen Gasembolie muss spezifisch an spezialisierten Druckkammerzentren durchgeführt werden. Die einzige kausale Therapie ist die Rekompensationsbehandlung unter Sauerstoffatmung in einer Therapiedruckkammer.

Umgebungsdruck beachten

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, darf eine maximale Flughöhe von 300 Metern über Grund auf keinem Fall überschritten werden. Beim Transport in Ambulanzjets muss aus oben genannten Gründen der Kabinendruck auf 1 bar gehalten werden.

Literatur bei der Redaktion

Anschrift des Verfassers

Priv.-Doz. Dr. med. Stefan Schroeder
Arzt der DRK-Wasserwacht Nordrhein
c/o Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Sigmund-Freud-Straße 25
53105 Bonn
Fax: 0228/287-4125
Email: stefan.schroeder@ukb.uni-bonn.de