

Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V.



Leitlinie Tauchunfall

verfasst von Wilhelm Welslau und Mitarbeitern

erstellt am 13.10.2002 - gültig bis Okt. 2005

Inhalt

Leitlinie Tauchunfall

Vorbemerkungen	Seite 2
Definition	Seite 4
Erstmaßnahmen am Unfallort	Seite 5
- Erste Hilfe durch Laien	Seite 5
- Erste Hilfe durch medizinisches Personal	Seite 8
Transport zur Behandlungs-Druckkammer	Seite 9
Erste Druckkammer-Behandlung	Seite 10
Transport zum Behandlungszentrum	Seite 11
Druckkammer-Folgebehandlungen	Seite 12
Tauchtauglichkeit nach Tauchunfall	Seite 14
Verzeichnis der relevanten Fachliteratur	Seite 14
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	Seite 17

Anlagen

1 Zusammenfassung der Leitlinie	Seite 19
2 Blockgrafik „Systematik der Tauchunfälle“	Seite 24
3 Flussdiagramm „Tauchunfall-Management“ (mod. nach DAN Europe)	Seite 25
4 Tabelle "Pathogenese und Symptomatik von Tauchunfällen"	Seite 26
5 Tabelle "Differentialdiagnosen von Tauchunfällen"	Seite 27
6 Checkliste „5 Minuten Neurocheck" (DAN Europe)	Seite 28
7 Flussdiagramm „Erste Druckkammerbehandlung bei Tauchunfall“	Seite 30
8 „Problemwunden-Schema“ (GTÜM e.V.)	Seite 31
9 Leitlinien-Erklärung	Seite 32

Vorbemerkungen

Verantwortlichkeit

Verantwortlich für die Leitlinie ist die Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V. (GTÜM), vertreten durch ihren Vorstand. Die Entwicklung erfolgte in Zusammenarbeit mit den Schwestergesellschaften der GTÜM, der Österreichischen Gesellschaft für Tauch- und Hyperbarmedizin (ÖGTH) und der Schweizerischen Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin (SGUHM). Die Entwicklung erfolgte ohne Unterstützung durch Dritte.

Autoren

Die Leitlinie wurde durch eine Expertengruppe unter der Leitung von Dr. med. Wilhelm Welslau (GTÜM) erstellt. Mitglieder der Expertengruppe waren: Dr. med. Wilfried Beuster (ÖGTH), Dr. med. Wolfgang Förster (Tiefbau-BG), Dr. med. Günter Frey (Bundeswehrkrankenhaus Ulm), Dr. med. Armin Kemmer (BG-Unfallklinik Murnau), Dr. med. Ulrich van Laak (DAN Europe), Dr. med. Claus-Martin Muth (Universität Ulm), Dr. med. Doreen Peusch-Dreyer (VDD), Prof. Dr. med. Peter Radermacher (Universität Ulm), Dr. med. Adel Taher (Hyperbaric Medical Center Sharm el Sheikh, Ägypten), Dr. med. Jürg Wendling (SGUHM), Dr. rer. nat. Jürgen Wenzel (DLR, Institute for Aerospace Medicine, Köln), Norbert Zanker (Tauchlehrer, Belgien)

Evidenzeinstufung

Zur Erstellung der Leitlinie in Stufe 1 nach AWMF (Methodische Empfehlungen „Leitlinie für Leitlinien“, Stand 02/2000) wurde in 12/2001 die oben genannte repräsentative Expertengruppe gebildet.

Zur in Stufe 1 erstellten Leitlinie wurde in Stufe 2 nach AWMF (Methodische Empfehlungen, s.o.) am 12.10.-13.10.2002 auf einer Konsensuskonferenz im Rahmen der wissenschaftlichen Tagung der GTÜM e.V. beraten. Die Expertengruppe aus Stufe 1 stellte die Leitlinie vor. Als Steuergremium für die Stufe 2 fungierte eine international besetzte Jury unter dem Vorsitz von Prof. Dr. med. Alf O. Brubakk (Universität Trondheim, Norwegen). Mitglieder: Dr. med. Peter Germonpre (DAN Europe, Belgien), Dr. med. Clemens Mader (ÖGTH, Österreich), Dr. rer. nat. Klaus Müller (DLR, Institute for Aerospace Medicine, Köln), Dr. med. Peter Müller (EJUHM), Dr. med. Peter Nussberger (SGUHM, Schweiz), Dr. med. Giso Schmeißer (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften - HVBG), Dr. med. Wilhelm Welslau (GTÜM).

Gültigkeit

Die Leitlinie wurde in Stufe 2 am 13.10.2002 durch die Jury und das Fachpublikum der Konsensuskonferenz approbiert. Die Leitlinie ist bis Oktober 2005 gültig. Sie wird spätestens alle 3 Jahre überarbeitet.

Die Überarbeitung erfolgt durch eine Expertengruppe, die durch Vertreter der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften GTÜM, ÖGTH und SGUHM gebildet wird. Kommt ein solches Gremium nicht zustande, so wird jedenfalls eine solche Expertengruppe spätestens 6 Monate vor der wissenschaftlichen Tagung der GTÜM durch die GTÜM allein gebildet. Die Expertengruppe überprüft die Leitlinie auf ihre Gültigkeit (Leitlinie Stufe 1). Im Rahmen der wissenschaftlichen Tagung werden erforderliche Änderungen der Leitlinie in einer Konsensuskonferenz erneut als Stufe 2-Leitlinie verabschiedet.

Ziele

Die Leitlinie soll eine Hilfe für medizinische Entscheidungsprozesse im Rahmen der Versorgung der Patienten darstellen. Im Rahmen der Qualitätssicherung stellt sie eine qualitativ hochstehende medizinische Versorgung auch unter dem Gesichtspunkt ökonomischer Zwänge dar. Sie gibt dem einzelnen Arzt in einem Notfallbereich weit abseits der Routine Informationen und Instruktionen über den aktuellen Stand der medizinischen Erkenntnisse. Dargelegt wird der aktuelle Stand der Erkenntnisse in der Behandlung von Tauchunfällen:

- in der Ersten Hilfe durch Laien, medizinisches Assistenzpersonal und Ärzte
- in den Prinzipien der Rettungskette und des Transfers verunfallter Taucher
- in der ersten definitiven Therapie von Tauchunfällen
- in der weiteren medizinischen Versorgung von Tauchunfällen

Zielgruppen der Leitlinie sind:

- Alle Taucher, insbesondere alle Tauchlehrer und andere Laienhelfer
- erstbehandelnde Ärzte und Notärzte, sowie Rettungsorganisationen
- alle Ärzte an therapeutischen Druckkammern

Anwendbarkeit

Bei jedem Zweifel an der Anwendbarkeit der Leitlinie ist im Einzelfall der Rat eines Experten (= erfahrener Taucherarzt) einzuholen. In der Leitlinie wird dies explizit bei der Ersten Hilfe durch Laien, der Ersten Hilfe durch medizinisches Personal, der Ersten Druckkammerbehandlung und bei der Frage der Tauchtauglichkeit nach einem Tauchunfall genannt.

Regionale Anpassung

In Österreich und der Schweiz müssen national die Behörden und Organisationen gesondert eingebunden werden. Dies geschieht in der Verantwortung der ÖGTH (Österreich) und der SGUHM (Schweiz) und wird an dieser Stelle nicht ausgeführt. Andere regionale Anpassungen sind nicht sinnvoll und nicht notwendig.

Definition

Der Tauchunfall ist ein potentiell lebensbedrohliches Ereignis, hervorgerufen durch raschen Abfall des Umgebungsdruckes beim Tauchen mit und ohne Tauchgerät in der sogenannten Dekompressionsphase. Er ist gekennzeichnet durch die Bildung freier Gasblasen in Blut und Geweben. Aus dem Tauchunfall kann eine Dekompressions-Erkrankung entstehen (englisch „Decompression Illness“, die international übliche Abkürzung hierfür ist „DCI“). Der Tauchunfall wird daher auch als Dekompressions-Unfall bezeichnet. Tauchunfälle können abhängig vom Entstehungsmechanismus in Dekompressions-Krankheiten (englisch „Decompression Sickness“, Abkürzung „DCS“) und arterielle Gasembolien (englisch „Arterial Gas Embolism“, Abkürzung „AGE“) unterschieden werden (siehe Anlage 2 "Systematik der Tauchunfälle").

Die DCS tritt nach längerem Aufenthalt im Überdruck und entsprechender Inertgas-Aufsättigung auf. Sie wird klassisch in die „DCS Typ I“ mit dem Leitsymptom „muskuloskeletale Schmerzen“ und die „DCS Typ II“ mit neurologischer Symptomatik unterschieden. Diese Systematik wird auch in dieser Leitlinie verwendet (siehe unten Kasten „Symptomatik“). Parallel hierzu wird weltweit eine für medizinische Laien (= Taucher) gedachte Einteilung in „Milde Symptome“ (starke Müdigkeit, Hautjucken) und „Schwere Symptome“ unter Einbeziehung der AGE verwendet (siehe Anlage 3 „Tauchunfall-Management“). Daneben werden weitere Klassifizierungen verwendet, die sich jedoch bisher nicht allgemein durchsetzen konnten. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden sie in der Leitlinie nicht genannt, obwohl sie in mancher Hinsicht Vorteile gegenüber der klassischen Einteilung bieten.

Die AGE ist typischerweise die Folge eines Lungen-Barotraumas mit Überdehnung der Lunge. Ursächlich ist ein ungenügendes Entweichen von Luft aus der Lunge während der Reduktion des Umgebungsdrucks beim Aufstieg. Als Nebenfunde sind ein Pneumothorax und/oder ein Mediastinalemphysem möglich. Darüber hinaus kann es bei massiver Blasenbildung auf der venösen Seite durch verschiedene Shuntmechanismen zu einem Übertritt von Gas ins arterielle System kommen, z.B. durch ein persistierendes Foramen ovale (Abkürzung „PFO“) oder direkte transpulmonale Passage von Gasbläschen. Klinisch sind DCS Typ II und AGE in vielen Fällen nicht differenzierbar (siehe Anlage 4 "Pathogenese und Symptomatik von Tauchunfällen" und Anlage 5 "Differentialdiagnosen von Tauchunfällen").

Erstmaßnahmen am Unfallort

Bei Tauchunfällen ist/sind Ersthelfer in der Regel der/die Tauchpartner oder Sicherungstaucher. Der Erfolg der Ersten Hilfe-Maßnahmen und der weiteren Behandlung hängt entscheidend davon ab, dass die Ersthelfer schnell und richtig handeln. Voraussetzung hierfür ist

- a) eine entsprechende Ausbildung aller Taucher,
- b) das Vorhandensein einer auf die Tauchgangs-Planung angepassten Notfallausrüstung, sowie
- c) sichere Kommunikationsmittel (zum Beispiel Mobiltelefon und Telefonnummern).

Nur dann können die in dieser Leitlinie angegebenen Maßnahmen auch wirkungsvoll durchgeführt werden.

Die Vorlage für Anlage 3 (Fließschema „Tauchunfall-Management“) stammt von Divers Alert Network Europe. Das Fließschema in Anlage 3 weicht in einigen Punkten vom DAN-Schema ab. Da dieses aber unter Tauchern weit verbreitet ist wird darauf hingewiesen, dass das DAN-Schema grundsätzlich richtig ist und verwendet werden kann.

Erste Hilfe durch Laien

Entscheidung für Verdachtsdiagnose Tauchunfall bei folgenden Voraussetzungen:

- es wurde zuvor aus einem Tauchgerät unter Wasser geatmet, unabhängig von dem verwendeten Atemgas / der Atemgas-Mischung (eventuell nur ein Atemzug)
- es wurde zuvor aus einer Luftansammlung unter Wasser geatmet (zum Beispiel Wrack oder Höhle)
- es wurden zuvor Apnoe-Tauchgänge durchgeführt (in der Regel mehrere tiefe Tauchgänge)

und

- es liegt/liegen eines/mehrere der folgenden Symptome vor:

Milde Symptome

- extreme Müdigkeit
- Hautjucken („Taucherflöhe“)

mit kompletter Rückbildung innerhalb von 30 Minuten nach Einleiten der spezifischen Erste Hilfe Maßnahmen

Maßnahmen

- Sauerstoffgabe (100%, siehe unten)
- Flüssigkeitsgabe, 0,5 - 1 Liter oral
(keine hypertonen, alkohol- oder coffeinhaltigen Getränke!)
- bei Unterkühlung weiteren Wärmeverlust verhindern (Decken, Dampfsperre)

- orientierende neurologische Untersuchung (siehe Anlage 6 „5 Minuten-Neurocheck“)
- keine nasse Rekompensation
- wenn symptomfrei innerhalb 30 Minuten: Arzt verständigen, 24 Stunden beobachten
- wenn noch Symptome nach 30 Minuten: wie schwere Symptome behandeln

Schwere Symptome

Bei Auftreten von Symptomen noch unter Wasser oder Vorliegen von anderen Symptomen wie

- Hautsymptome
- Schmerzen
- Ameisenlaufen
- Körperliche Schwäche
- Taubheitsgefühl
- Lähmungen
- Atembeschwerden
- Seh-, Hör-, Sprachstörungen
- Schwindel
- Übelkeit
- Eingeschränktes Bewusstsein
- Bewusstlosigkeit

Spezifische Erste Hilfe-Maßnahmen

- Lagerung
 - bei bewusstseinsklarem Taucher: Rückenlagerung
 - bei Bewusstlosigkeit stabile Seitenlage
- Sauerstoffgabe (schnellstmöglicher Beginn)
 - bei intakter Eigenatmung unabhängig vom Bewusstseinszustand Atmung von 100% Sauerstoff (Abkürzung „O₂“) über dicht abschließende Maske mit
 - a) Demand-Ventil oder
 - b) Kreislauf-System mit Absorber für Kohlendioxid (Abkürzung „CO₂“),
 - c) gegebenenfalls über Konstantdosierung (mindestens 15 Liter/Minute) mit Reservoirbeutel und Rückschlagventilen, wenn keine besseren Systeme zur Verfügung stehen.Bewußtseinsklare Taucher können die Maske eventuell selbst halten.
 - bei insuffizienter Eigenatmung Masken-Beatmung mit 100% O₂-Zufuhr
 - a) Beatmungsbeutel mit O₂-Reservoir und O₂-Konstantdosierung (mindestens 15 Liter/Minute) oder
 - b) Beatmungsbeutel mit 100% O₂ Demand-Ventil oder
 - c) Kreislauf-System mit CO₂-Absorber

Die Sauerstoffgabe soll ohne Pause bis zum Erreichen der Behandlungsdruckkammer weitergeführt werden.

Auch bei sehr begrenztem O₂-Vorrat soll O₂ immer in der höchst möglichen Konzentration gegeben werden, keinesfalls mit Raumluft-Zumischung oder bei Konstantdosierung mit weniger als 15 Liter/Minute.

- Flüssigkeitsgabe
 - Bei bewußtseinsklaren Opfern mit stabiler neurologischer Symptomatik und intaktem Schluckreflex schluckweise orale Gabe von 0,5-1 Liter Flüssigkeit/Stunde (keine hypertonen, alkohol- oder coffeinhaltigen Getränke!)
 - Bei eingetrübten oder bewusstlosen Opfern oder bei gestörtem Schluckreflex keine orale Flüssigkeitsgabe! (intravenöse Volumengabe erforderlich)

Weitere Maßnahmen

- Gegebenenfalls Herz-Lungen-Wiederbelebung
- Orientierende neurologische Untersuchung (siehe Anlage 6 „5 Minuten-Neurocheck“)
- Wärmeverlust verhindern (geschützter Ort, Decken, Dampfsperre, möglichst wenig bewegen), keine aktive Wiedererwärmung (zum Beispiel auch heiß duschen), da dies evtl. zur Verschlechterung der Tauchunfall-Symptome und anderen Problemen führen kann.

Taucherärztliche Telefonberatung

Schnellstmögliche Kontaktaufnahme mit Taucherarzt, um Vorgehen zu koordinieren, zum Beispiel

- nationale DAN-Hotline in Deutschland: 0431-54090, Kennwort „Tauchunfall“
- internationale DAN-Hotline: +39-0396057858, Kennwort „Tauchunfall“
- Eine aktuelle Liste mit Telefonnummern weiterer Hotlines finden Sie auf der Website der GTÜM e.V. unter <http://www.gtuem.org>

Transport-Organisation

- Rettungsleitstelle alarmieren, „Verdacht auf Tauchunfall“ angeben
- Transportmittel
Es gibt keine prinzipielle Präferenz für ein bestimmtes Transportmittel, es ist das im Hinblick auf die Gesamt-Transportzeit schnellste und schonendste Transportmittel zu verwenden. Es besteht keine Einschränkung für einen Helikoptertransport (möglichst nicht höher als 1000 Fuss / 300 Meter Flughöhe über Grund).
- Transportziel
nächste erreichbare Notfallaufnahme, möglichst in Nähe einer Behandlungs-Druckkammer
- Dokumentation
Bei Übergabe des Opfers an Rettungsdienst/Transportbegleitung Dokumentation von Tauchgangsdaten, Symptomverlauf und bisherigen Behandlungsmaßnahmen mitgeben.
- Gerätesicherstellung
Alle Geräte, die zur Rekonstruktion des Unfall-Tauchgangs beitragen können (zum Beispiel Dekompressions-Computer, Tiefenmesser), sollten dem Taucher mitgegeben werden.
- Tauchpartner des verunfallten Tauchers sollen in die Beobachtung mit einbezogen werden.

Nasse Rekompensation

Für eine nasse Rekompensation gibt es in Mitteleuropa keine Indikation, sie ist zu unterlassen.

Erste Hilfe durch medizinisches Personal

Herz-Lungen-Wiederbelebung

falls erforderlich

Spezifische Erste Hilfe-Maßnahmen

- Lagerung (siehe oben)
- 100% Sauerstoffgabe (schnellstmöglicher Beginn)
 - bei intakter Eigenatmung: (siehe oben)
 - bei insuffizienter Eigenatmung Beatmung mit 100% O₂ ggf. nach endotrachealer Intubation über Tubus

Die Sauerstoffgabe soll ohne Pause bis zum Erreichen einer Behandlungs-Druckkammer weitergeführt werden.

Auch bei sehr begrenztem O₂-Vorrat soll O₂ in der höchst möglichen Konzentration gegeben werden, keinesfalls mit Raumluft-Zumischung oder bei Konstantdosierung mit weniger als 15 Liter/Minute

- Flüssigkeitsgabe
intravenöse Gabe von 0,5 - 1 Liter Flüssigkeit / Stunde (bevorzugt Ringerlaktat, keine ausschließlich Glucose-haltigen Lösungen)

Medikamente (dem Arzt vorbehalten)

- Grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen Standards
- Für die Behandlung von Tauchunfällen ist bisher kein Medikament als spezifisch sicher wirksam belegt.

Weitere Maßnahmen

- Grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen Standards
- Orientierende neurologische Untersuchung (wiederholt, siehe zum Beispiel Anlage 6 "5 Minuten-Neurocheck")
- Urinkatheter, wenn erforderlich (zum Beispiel bei Blasenentleerungsstörungen)
- Thoraxdrainage, wenn erforderlich (zum Beispiel bei Spannungs-Pneumothorax)
- Bei Hyperthermie: Aggressive Behandlung bei Patienten mit schweren neurologischen Symptomen
- Bei Unterkühlung: Weiteren Wärmeverlust verhindern. Patienten mit schwerer Unterkühlung (kein Kältezittern mehr) möglichst wenig bewegen. Patienten an geschützten Ort bringen und in wärmende Decken hüllen, Dampfsperre zum Beispiel mit Rettungsdecke.

CAVE: bei schwerer Unterkühlung ist eine aktive Wiedererwärmung mit vor Ort zur Verfügung stehenden Möglichkeiten oft ineffektiv und birgt ohne intensivstationäre Interventionsmöglichkeiten das Risiko evtl. nicht beherrschbarer Herz-Kreislaufprobleme. Daneben kann eine Wiedererwärmung (zum Beispiel auch heiß duschen) evtl. zur Verschlechterung der Tauchunfall-Symptome führen.

Taucherärztliche Telefonberatung

Kontaktaufnahme mit Taucherarzt, um Vorgehen zu koordinieren, zum Beispiel

- nationale DAN-Hotline in Deutschland: 0431-54090, Kennwort „Tauchunfall“
- internationale DAN-Hotline: +39-0396057858, Kennwort „Tauchunfall“
- Eine aktuelle Liste mit Telefonnummern weiterer Hotlines finden Sie auf der Website der GTÜM e.V. unter <http://www.gtuem.org>

Monitoring und Dokumentation

- Notarztprotokoll
- Laien-Dokumentation der Tauchgangsdaten, des Symptomverlaufes und der Behandlungsmaßnahmen
- Mitgegebene Geräte (zum Beispiel Dekompressions-Computer, Tiefenmesser)

Transport zur Behandlungs-Druckkammer

Transportmittel

- bodengebundene Rettungsfahrzeuge (möglichst erschütterungsarm, CAVE Passfahrten)
- Boot (möglichst erschütterungsarm)
- Hubschrauber (niedrigste fliegerisch vertretbare Flughöhe, möglichst nicht mehr als 1000 Fuss / 300 Meter über Grund)
- Flugzeug (Kabinendruck nahe 1 bar)

Beim Transport von DCI-Patienten ohne vorangegangene Druckkammerbehandlung ist eine Umgebungsdruckreduktion deutlich unter den Luftdruck am Tauchgewässer zu vermeiden, da dies zu einer Verschlimmerung der Symptomatik führen kann.

Betreuung während Transport

- Eingeleitete Maßnahmen der Spezifischen Erste Hilfe fortführen (siehe oben)
- Die Sauerstoffgabe soll ohne Pause bis zum Erreichen einer Behandlungsdruckkammer weitergeführt werden
- Regelmäßige Wiederholung der orientierenden neurologischen Untersuchung (siehe zum Beispiel Anlage 6 "5 Minuten-Neurocheck")

Erste Druckkammer-Behandlung

Technische Mindestanforderungen an die Behandlungs-Druckkammer

- In Deutschland muß die Behandlungs-Druckkammer den Anforderungen der DIN 13256 entsprechen
- Allgemein wird gefordert
 - Mindest-Arbeitsdruck von 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe),
 - O₂-Atemmöglichkeit für alle Personen in der Druckkammer
 - medizinische Ausstattung entsprechend einem Notarztkoffer nach DIN 13232

Maßnahmen vor der ersten Behandlung

- Neurologischer Status, notfalls zu Beginn der Behandlung (Dokumentation!)
- Röntgen-Thorax in 2 Ebenen, alternativ (besser) Thorax-Computertomografie zum Ausschluss eines Pneumothorax. Die Untersuchung ist immer durchzuführen, wenn
 - dies ohne vertretbaren Zeitverlust möglich ist oder
 - bei Verdacht auf Lungenbarotrauma
- Urinkatheter, wenn erforderlich (zum Beispiel bei Blasenentleerungsstörungen)
- Thoraxdrainage, wenn erforderlich (zum Beispiel bei Spannungs-Pneumothorax)
- Parazentese, wenn erforderlich (zum Beispiel bei Bewusstlosigkeit)
- bei intubierten Patienten kontinuierliche Cuffdruckkontrolle (Stand der Technik) oder befüllen des Endotrachealtubus-Cuffs mit Aqua destillata
- Weitere Maßnahmen nach medizinischer Erforderniss im jeweiligen Einzelfall
- gegebenenfalls taucherärztliche Telefonberatung, um Vorgehen abzustimmen, zum Beispiel
 - nationale DAN-Hotline in Deutschland: 0431-54090, Kennwort „Tauchunfall“
 - internationale DAN-Hotline: +39-0396057858, Kennwort „Tauchunfall“
 - Eine aktuelle Liste mit Telefonnummern weiterer Hotlines finden Sie auf der Website der GTÜM e.V. unter <http://www.gtuem.org>

Behandlungstabellen

- Standard-Behandlungstabelle ist "US Navy Treatment Table 6" oder Modifizierungen dieser Tabelle mit initialer 100% O₂-Atmung bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe) (zum Beispiel Tabelle S1 in Berufsgenossenschaftlicher Information (BGI) 690 „Merkblatt für die Behandlung von Erkrankungen durch Arbeiten im Überdruck“). Diese Tabelle wird für alle Tauchunfälle empfohlen, unabhängig vom verwendeten Atemgas (zum Beispiel Sauerstoff, Luft, Nitrox, Heliox oder Trimix).
- Andere Behandlungs-Tabellen sollten Einrichtungen und Personal mit Erfahrung, Kenntnissen und einer entsprechenden Ausrüstung vorbehalten bleiben, welche es ermöglichen, auch mit unerwünschten Ergebnissen umgehen zu können.
- Bei Verstoß gegen Dekompressionsregeln (englisch „omitted decompression“) ohne Symptomatik sind kürzere Behandlungstabellen zum Beispiel bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe) oder 240 kPa (2,4 bar absolut / 14 Meter Wassertiefe) mit O₂-Atmung möglich, zum Beispiel „US Navy Treatment Table 5“ oder "Problemwunden-Schema" (s. Anlage 8).

Maßnahmen während der ersten Behandlung

- wiederholt neurologische Kontrolluntersuchungen, zum Beispiel während Luftpausen, immer vor Entscheidungen über evtl. erforderliche Verlängerungen der Behandlungstabelle (Dokumentation!)
- wiederholt Auskultation der Lungen (Pneumothorax? ggf. seitengleiche Beatmung?), immer vor Drucksenkungen in der Behandlungstabelle
- regelmäßige Kontrolle aller abgeschlossenen Gasräume in den medizinischen Behandlungsgeräten (zum Beispiel Endotrachealtubus-Cuff, Infusion, Tropfkammer, Blutdruck-Manschette), immer vor Drucksenkungen in der Behandlungstabelle

Adjuvante Behandlungsmaßnahmen

- Grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen / intensivmedizinischen Standards
- bei wachen Patienten psychologische Unterstützung!
- Flüssigkeitsbilanzierung, abhängig von der Symptomatik
- Für die Behandlung von Tauchunfällen ist bisher kein Medikament als spezifisch sicher wirksam belegt.

Dokumentation

der durchgeführten Maßnahmen zur Übergabe an den Weiterbehandler

Transport zum Behandlungszentrum

Sind nach der ersten Druckkammer-Behandlung noch Symptome vorhanden, so hat sich innerhalb von 24 Stunden eine oder gegebenenfalls mehrere Folgebehandlung/en anzuschließen. Ist in diesen Fällen die erste Behandlung in einer Druckkammer durchgeführt worden, wo zwischen den Druckkammer-Behandlungen keine stationäre medizinische Betreuung möglich ist, so muss ein Transport in ein entsprechend ausgestattetes Behandlungszentrum erfolgen. Die Wahl des Transportmittels erfolgt unter Abwägung von Transportstrecke und Transportzeit und der unter „Transportmittel“ genannten Kautelen.

Transportmittel

- bodengebundene Rettungsfahrzeuge (möglichst erschütterungsarm)
- Boot (möglichst erschütterungsarm)
- Hubschrauber (Einzelfall-Entscheidung über Flughöhe und Zeitpunkt des Transports)
- Flugzeug (Einzelfall-Entscheidung über Kabinendruck und Zeitpunkt des Transports)

Es gibt keine gesicherten Daten für eine pauschale Forderung nach einem Transport unter 1 bar-Bedingungen auch für Sekundärtransporte. Die Entscheidung ist nicht nur unter Kostenaspekten, sondern auch im Sinne des Patienten zu bedenken, da Flüge mit üblichem Kabinendruck (zum Beispiel 0,8 bar absolut) oft schneller und einfacher zu organisieren sind.

Beim Transport von DCI-Patienten nach Durchführung von mindestens einer Druckkammer-Behandlung und mindestens 24 Stunden nach dem Unfallereignis stellt ein Flugtransport mit üblichem Kabinendruck (zum Beispiel 0,8 bar absolut) kein prinzipielles Transporthindernis mehr dar. Es muss aber in jedem Fall daran gedacht werden, dass Sauerstoffatmung erforderlich sein kann.

Die Entscheidung für einen solchen Transport ist in Abhängigkeit von a) dem bisherigen Krankheitsverlauf und b) der Schwere evtl. noch bestehender Symptome. Es liegen international keine einheitlichen Empfehlungen vor, nach welcher Zeit und nach wie vielen Druckkammerbehandlungen DCI-Patienten mit welchem Kabinendruck geflogen werden sollen. Die Entscheidung sollte im Einzelfall mit erfahrenen Taucherärzten abgestimmt werden.

Betreuung während Transport

- grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen / intensivmedizinischen Standards
- eingeleitete Maßnahmen fortführen
- 100% Sauerstoffgabe in Abhängigkeit von der Klinik
- Volumenersatz, bei jedem Flug auf gute Hydrierung achten (intravenös oder oral)
- orientierende neurologische Verlaufskontrollen
- Dokumentation, zum Beispiel Notarztprotokoll / Intensivtransport-Protokoll
- Medikamente: grundsätzlich Verfahren nach notfallmedizinischen / intensivmedizinischen Standards

Druckkammer-Folgebehandlungen

Sind nach der ersten Druckkammer-Behandlung noch Symptome vorhanden, so hat sich innerhalb von 24 Stunden eine oder gegebenenfalls mehrere Folgebehandlung/en anzuschließen.

Art und Anzahl der Druckkammer-Behandlungen nach der ersten Druckkammer-Behandlung

- Gegebenenfalls eine zweite Druckkammer-Behandlung nach der Standard-Behandlungstabelle (siehe oben) oder
- sofort mindestens 1x täglich Behandlungen mit hyperbarem Sauerstoff (HBO) zum Beispiel nach dem sogenannten „Problemwunden-Schema“ mit 90 Minuten O₂-Atmung bei 240 kPa (2,4 bar absolut / 14 Meter Wassertiefe)
- Andere Behandlungs-Tabellen sollten Einrichtungen und Personal mit Erfahrung, Kenntnissen und einer entsprechenden Ausrüstung vorbehalten bleiben, welche es ermöglichen, auch mit unerwünschten Ergebnissen umgehen zu können.

Abstände zwischen den Behandlungen

höchstens 24 Stunden, höchstens 2 Behandlungen innerhalb 24 Stunden

weitere Diagnostik / Kontrolluntersuchungen je nach klinischen Symptomen

- Magnetresonanztomografie (MRT)
- Computertomografie (CT)
- fachneurologische Konsiliaruntersuchung (regelmäßig)
- Lungenfunktion nach klinischer Symptomatik

Krankengymnastik / Physiotherapie

- zwischen den Druckkammerbehandlungen:
 - entsprechend dem klinischen Erkrankungsbild durch Fachpersonal
 - Beginn spätestens nach 3 Tagen.
- während der Druckkammerbehandlungen:
 - ist möglich, Vorteile gegenüber der Durchführung zwischen den Druckkammer-Behandlungen sind nicht erwiesen.

Entscheidung über Beendigung der Druckkammerbehandlungen

- Nach vollständiger und anhaltender Symptombefreiheit kann die Druckkammer-Therapie beendet werden.
- Kommt es bei mehreren durchgeführten Behandlungen nach initialer Besserung unter fortgeführter Therapie während 3-5 Tagen zu keiner weiteren Verbesserung der Symptomatik, so wird die Druckkammer-Therapie abgebrochen und die für das neurologische Krankheitsbild empfohlene Rehabilitations-Maßnahme fortgeführt

Dokumentation**Weitere therapeutische Maßnahmen**

Medikamentöse und weitere Therapie entsprechend dem klinischen Erkrankungsbild nach Maßgabe der beteiligten Fachgebiete (Intensivmedizin, Innere Medizin, Urologie, Neurologie usw.)

Rehabilitation nach Ende der Druckkammer-Behandlungen

Bei fortbestehenden neurologischen Ausfällen wird die für das neurologische Krankheitsbild empfohlene Rehabilitations-Maßnahme unmittelbar an die Druckkammer-Therapie angeschlossen.

Tauchtauglichkeit nach Tauchunfall

Grundsätzlich sollte die Beurteilung der Tauchtauglichkeit nach Tauchunfall gemäß den Empfehlungen im "Tauchtauglichkeits-Manual" (siehe unter Literatur) erfolgen.

Voraussetzung für die Erwägung einer erneuten Tauchtauglichkeit ist eine vollständige Beendigung der Tauchunfall-Therapie und die Stabilität des Behandlungs-Ergebnisses, auch im Fall von Residuen.

Die erneute Tauglichkeitsuntersuchung sollte nur durch einen erfahrenen Tauchmediziner erfolgen. Dessen Qualifikation sollte mindestens "Diving Medicine Physician" sein (siehe Ausbildungs-Richtlinien unter: <http://www.gtuem.org>, <http://www.oegth.at> oder <http://www.edtc.org>). Zusätzlich sollte er über praktische Erfahrung in der Tauchunfall-Behandlung verfügen.

Relevante Fachliteratur

1. Annane D, Troche G, Delisle F, Devauchelle P, Paraire F, Raphael JC, Gajdos P: Effects of mechanical ventilation with normobaric oxygen therapy on the rate of air removal from cerebral arteries. Crit Care Med. 1994;22(5):851-7
2. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF): W. Lorenz, W. Müller: Methodische Grundlagen der Leitlinienerstellung - Leitlinie für Leitlinien, Februar 2000
3. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) und Ärztliche Zentralstelle für Qualitätssicherung (ÄZQ): Das Leitlinien-Manual. Zeitschrift für ärztliche Fortbildung und Qualitätssicherung (ZaeFQ). 95 (2001): Suppl I. Urban&Fischer, ISSN 1431-7621
4. Ärztliche Zentralstelle Qualitätssicherung (ÄZQ): Checkliste Methodische Qualität von Leitlinien. 2. Version (8/1999), gültig bis 2/2003
5. Ball R: Effect of severity, time to recompression with oxygen, and re-treatment on outcome in forty-nine cases of spinal cord decompression sickness. Undersea Hyperb Med. 1993;20:133-45
6. Bennett PB & Elliott DH: The Physiology and Medicine of Diving (fifth edition). Brubakk A and Neuman T (Eds.); London: Harcourt Brace, 2002 (in press)
7. Berufgenossenschaftliche Information BGI 690 „Merkblatt für die Behandlung von Erkrankungen durch Arbeiten in Überdruck (Arbeiten in Druckluft, Taucherarbeiten)“, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Fachausschuß „Arbeitsmedizin“, Oktober 1996

8. Boussuges A, Blanc P, Molenat F, et al.: Haemoconcentration in neurological decompression illness. *Int J Sports Med* 1996;17:351-355
9. Bracken MB, Holford TR: Effects of timing of methylprednisolone or naloxone administration on recovery of segmental and long-tract neurological function in NASCIS 2. *J Neurosurg* 1993;79:500-507
10. Bracken MB, Shepard MJ, Collins WF, et al.: A randomized, controlled trial of methylprednisolone or naloxone in the treatment of acute spinal-cord injury. Results of the Second National Acute Spinal Cord Injury Study. *New Engl J Med* 1990;322:1405-1411
11. Bracken MB, Shepard MJ, Collins WF, Jr, et al.: Methylprednisolone or naloxone treatment after acute spinal cord injury: 1-year follow-up data. Results of the second National Acute Spinal Cord Injury Study. *J Neurosurg* 1992;76:23-31
12. Bracken MB, Shepard MJ, Holford TR, et al.: Administration of methylprednisolone for 24 or 48 hours or tirilazad mesylate for 48 hours in the treatment of acute spinal cord injury. Results of the Third National Acute Spinal Cord Injury Randomized Controlled Trial. *National Acute Spinal Cord Injury Study. JAMA* 1997;277:1597-1604
13. Bracken MB, Shepard MJ, Holford TR, et al.: Methylprednisolone or tirilazad mesylate administration after acute spinal cord injury: 1-year follow up. Results of the third National Acute Spinal Cord Injury randomized controlled trial. *J Neurosurg* 1998;89:699-706
14. Bruno A, Biller J, Adams HP, Jr, et al.: Acute blood glucose level and outcome from ischemic stroke. *Neurology* 1999;52:280-284
15. Bühlmann AA: Dekompressionskrankheit des Rückenmarks. Resultate der Früh- und Spätbehandlung. *Schweiz. Med. Wschr.* 1985;115:796-800
16. Dovenbarger J, Ugucioni D (Eds.): Report on Decompression Illness and Diving Fatalities: 1998 Edition, Divers Alert Network
17. Dovenbarger J, Ugucioni DM, Sullivan K, Freiburger JJ, Dear, GD, Moon RE: A review of paralysis in 69 recreational SCUBA injuries. *Undersea & Hyperbaric Medicine. Suppl.* 2000
18. Dromsky DM, Toner CB, Fahlman A, et al.: Prophylactic treatment of severe decompression sickness with methylprednisolone. *Undersea Hyperbaric Med* 1999;26 (Suppl):15
19. Edmonds C, Lowry CH, Pennefather J, Walker R: *Diving and Subaquatic Medicine*, 4th Ed., Arnold Publishers, London, 2002
20. Ehm OF, Hahn M, Wenzel J: Tauchen noch sicherer. Leitfaden der Tauchmedizin für Sporttaucher, Berufstaucher und Ärzte. 8. überarbeitete und erweiterte Auflage, Müller-Rüschlikon Verlags AG, Cham 1999.
21. European Committee for Hyperbaric Medicine: Proceedings of the 2nd European Consensus Conference on Treatment of Decompression Accidents in Recreational Diving. Recommendations of the Jury. Hrsg.: F. Wattel, D. Mathieu, Marseille, 1996:13-25
22. Flynn ET: Decompression Sickness. In: *Hyperbaric Oxygen Therapy: A Critical Review*. Eds: Camporesi EM, Barker AC, Undersea and Hyperbaric Medical Society, Bethesda MD, 1991
23. Freiburger JJ, Denoble PJ, Vann RD, Pieper CF, Ugucioni DM, Pollock NW, Wachholtz C, Moon RE: The association of presenting symptoms of DCI with residual neurological abnormalities after treatment. *Undersea & Hyperbaric Med, Suppl.* 2001
24. Geerts WH, Heit JA, Clagett GP, et al.: Prevention of venous thromboembolism. Sixth ACCP Consensus Conference on Antithrombotic Therapy. *Chest* 2001;119:132S-175S

25. Green JW, Tichenor J, Curley MD: Treatment of type I decompression sickness using the U.S. Navy treatment algorithm. *Undersea Biomed Res* 1989;16(6):465-470
26. GTÜM/ÖGTH/SGUHM: Tauchtauglichkeits-Manual. Wendling, J., O. Ehm, R. Ehram, P. Knessl, P. Nussberger (Eds.), 2nd Edition, September 2001
27. Hampson NB (Ed.): *Hyperbaric Oxygen Therapy: A Committee Report*. Undersea and Hyperbaric Medical Society, 10531 Metropolitan Avenue, Kensington MD 20805-2627, USA. Revised 1999
28. Hurlbert RJ: The role of steroids in acute spinal cord injury: an evidence-based analysis. *Spine* 2001;26(24 Suppl):S39-S46
29. Hyldegaard O, Kerem D, Melamed Y: Effect of combined recompression and air, oxygen, or heliox breathing on air bubbles in rat tissues. *J Appl Physiol*. 2001;90:1639-47
30. Hyldegaard O, Moller M, Madsen J: Effect of He-O₂, O₂, and N₂O-O₂ breathing on injected bubbles in spinal white matter. *Undersea Biomed Res* 1991;18:361-371
31. Melamed Y, Shupak A, Bitterman H: Medical problems associated with underwater diving. *N Engl J Med* 1992 Jan 2;326(1):30-5
32. Mitchell SJ: Lidocaine in the treatment of decompression illness: a review of the literature. *Undersea Hyper Med* 2001;28(3):165-174
33. Moon R: Adjunctive therapy in decompression illness: present and future. *SPUMS Journal* 2000;30: 99-110
34. Moon RE, Dear GL, Stolp BW: Treatment of decompression illness and iatrogenic gas embolism. *Respir Clin N Am* 1999;5:93-135
35. Moon RE, Sheffield PJ: Guidelines for treatment of decompression illness. *Aviat Space Environ Med*. 1997 Mar;68(3):234-43
36. Moon RE: Classification of the decompression disorders: time to accept reality. *Undersea Hyperb Med*. 1997;24(1):2-4
37. Moon RE: Treatment of diving emergencies. *Crit Care Clin*. 1999;15:429-56
38. Muth CM, Shank ES, Larsen B: Der schwere Tauchunfall: Pathophysiologie - Symptomatik - Therapie. *Anaesthesist* 2000;49(4): 302-316
39. Muth CM, Shank ES: Gas embolism. *N Engl J Med*. 2000;342(7):476-82
40. Mutzbauer TS, Ermisch J, Tetzlaff K, Frey G, Lampl LA: Low dose lidocaine as adjunct for treatment of decompression illness (DCI). *Undersea Hyperbaric Med* 1999; 26(supp):A20
41. Myers RA, Bray P (1985) Delayed treatment of serious decompression sickness. *Ann Emerg Med* 14;254-257
42. NOAA Diving Manual, Diving for Science and Technology 1991;20-8 - 20-9
43. Pointillart V, Petitjean ME, Wiart L, et al.: Pharmacological therapy of spinal cord injury during the acute phase. *Spinal Cord* 2000;38:71-6
44. Radermacher P, Warninghoff V, Nürnberg JH, Flechsig F, van Laak U: Erfolgreiche Langzeitbehandlung mit hyperbarem Sauerstoff nach schwerer zerebroarterieller Gasembolie, *Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther*. 1994;29 59-61
45. Schlotterbeck K, Tanzer H, Alber G, Mueller P: Zerebrale Luftembolie nach zentralem Venenkatheter. *Anaesth Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1997;32: 458-462

46. Shank ES, Muth CM: Decompression illness, iatrogenic gas embolism, and carbon monoxide poisoning: the role of hyperbaric oxygen therapy. *Int Anesthesiol Clin.* 2000;38:111-38
47. Shupak A, Melamed Y, Ramon Y, Bentur Y, Abramovich A, Kol S: Helium and oxygen treatment of severe air-diving-induced neurologic decompression sickness. *Arch Neurol.* 1997;54:305-11
48. Spiess BD, Cochran RP, Kunzelman K, et.al. Cerebral protection from massive air embolism with a perfluorocarbon emulsion prime addition for cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology,* 1994;81:A692
49. Strauss MB, Borer RC Jr: Diving medicine: contemporary topics and their controversies. *Am J Emerg Med.* 2001 May;19(3): 232-8
50. Thalmann ED: Principles of U.S. Navy Recompression Treatments for Decompression Sickness. In: Moon RE and Sheffield PJ (eds.): *Treatment of Decompression Illness, Proceedings of the Forty-fifth Workshop of the Undersea and Hyperbaric Medical Society.* UHMS, Kensington MD 1996
51. US Navy Diving Manual. Naval Sea Systems Command Publication 0910-LP-100-3199. Revision 4, March 2001
52. Vann R, Denoble P, Ugucioni D, Freiburger J, Perkins R, Reed W, Dovenbarger J, Caruso J: Report on Decompression Illness, Diving Fatalities and Project Dive Exploration: 2002 Edition, Divers Alert Network
53. Vann RD, Gerth WA: Physiology of decompression sickness. In Pilmanis AA, Editor. *Proceedings of the 1990 Hypobaric Decompression Sickness Workshop,* p. 35-51. Brooks Air Force Base, Armstrong Laboratory, 1990
54. Wass CT, Lanier WL, Hofer RE, et al.: Temperature changes of 1°C alter functional neurological outcome and histopathology in a canine model of complete cerebral ischemia. *Anesthesiology* 1995;83:325-335
55. Wendling, J: Epidemiology, Clinical Manifestation and Treatment Results of Recreational Diving Accidents. In: European Committee for Hyperbaric Medicine: *Proceedings of the 2nd European Consensus Conference on Treatment of Decompression Accidents in Recreational Diving. Recommendations of the Jury.* Hrsg.: F.Wattel, D.Mathieu, Marseille, 1996:37-57
56. Young Y, Menon DK, Tisavipat N, Matta BF, Jones JG: Propofol neuroprotection in a rat model of ischaemia reperfusion injury. *Eur J Anaesthesiol* 1997;14:320-326

Abkürzungen und Fachbegriffe

AGE	Arterielle Gasembolie
AWMF	Arbeitsgemeinschaft wissenschaftlicher medizinischer Fachgesellschaften
ÄZQ	Ärztliche Zentralstelle Qualitätssicherung
bar absolut	Druckeinheit für absoluten Druck
CAVE	"Vorsicht", Hinweis auf besonderes medizinisches Problem
CO ₂	Kohlendioxid
CT	Computer-Tomografie
DAN	Divers Alert Network
DCI	Decompression illness

DCS	Decompression sickness
Dekompression	Druckreduzierung
Demand-Ventil	Ventil, welches bei geringem Sog / Unterdruck auf der Niederdruckseite "auf Anforderung" (= on demand) Gas liefert
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EUBS	European Underwater and Baromedical Society
EJUHM	European Journal for Underwater and Hyperbaric Medicine
GTÜM	Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V.
HBO	Hyperbarer Sauerstoff (= hyperbaric oxygen)
Heliox	Atemgasgemisch aus Helium und Sauerstoff
hypertone Getränke	Getränke höherer Osmolarität gegenüber anderen Flüssigkeiten im menschlichen Körper (z.B. stark zuckerhaltige Flüssigkeit)
ICHM	International Committee for Hyperbaric Medicine
kPa	Kilopascal
MRT	Magnet-Resonanz-Tomografie
Neurocheck	Orientierende Untersuchung des Nervensystems
Nitrox	Atemgasgemisch aus Stickstoff und Sauerstoff
O ₂	Sauerstoff
ÖGTH	Österreichische Gesellschaft für Tauch- und Hyperbarmedizin
oral	den Mund betreffend, mündlich, in den Mund
Problemwunden-Schema	Tabelle für Druckkammern mit 90 Minuten O ₂ -Atmung bei 240 kPa (2,4 bar absolut / 14 Meter Wassertiefe), wird auch zur Behandlung von Tauchunfällen eingesetzt
SGUHM	Schweizerische Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin
Tabelle S1	Tabelle für Druckkammern mit initialer O ₂ -Atmung bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe), wird zur Behandlung von Tauchunfällen eingesetzt
Trimix	Atemgasgemisch aus Helium, Stickstoff und Sauerstoff
UHMS	Undersea and Hyperbaric Medical Society
US Navy Treatment Table 5	Tabelle für Druckkammern mit initialer O ₂ -Atmung bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe), wird zur Vorbeugung von Tauchunfällen bei Verstoß gegen Dekompressionsregeln eingesetzt
US Navy Treatment Table 6	Tabelle für Druckkammern mit initialer O ₂ -Atmung bei 280 kPa (2,8 bar absolut / 18 Meter Wassertiefe), wird zur Behandlung von Tauchunfällen eingesetzt
VDD	Verband deutscher Druckkammerzentren e.V.