

Reiz und Risiko Tauchen

Ä

Tauchen ist ein faszinierendes, aber nicht ganz ungefährliches Vergnügen.

Empfehlenswert sind eine Tauglichkeitsuntersuchung beim Arzt, eine Tauchversicherung und natürlich Vernunft.

EINIGE BEMERKUNGEN ZU DEN GRUNDLAGEN ZUR TAUCHMEDIZIN:

ATMUNGSORGANE

Ä

Ä

Der Kehlkopf bildet, im oberen Teil des Atemtrakts gelegen, den Übergang vom Rachen zur Luftröhre.
Er hat zwei Funktionen.

er schließt er die Luftröhre vor Speiseröhren, indem er beim Schlucken nach vorne oben gezogen und so der Kehledeckel verschlossen wird.

er

er reguliert über die Stimmlippen den Strom der Atemluft und erzeugt durch ihre Schwingungen Töne. Er besteht aus drei großen Knorpeln, dem Schildknorpel, dem Ringknorpel, und dem Kehledeckel (Epiglottis), sowie den zwei kleineren Stellknorpeln Innen ist der Kehlkopf mit einer Schleimhaut ausgekleidet.

Durch Verschluss der Stimmritze (Stimmritzenkrampf) ist der Luftweg versperrt. Ein- und Ausatmung ist nicht mehr möglich.

er

er

er

er

er

er

er

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Weitere Anteile des Atemtrakts sind die Luftröhre, die Bronchien und die Lunge mit den elastischen Fasern und den Alveolen.

Die Atemwege werden auch als Totraum bezeichnet, was nichts anderes heißt, als dass in ihnen kein Gasaustausch stattfindet. Eine Pendelatmung ist eine Atmung bei der die Luft nur im Totraum hin und her bewegt wird. Eine Pendelatmung kann zu einer CO₂ Vergiftung durch O₂ Mangel führen. Ein überlanger Schnorchel kann zum Beispiel den Totraum so verlängern, dass eine Pendelatmung eintritt.

Â

Lunge

••••• Sie besteht aus 2 Lungenflügeln, mit rechts 3, links 2 Lappen. Ihre Oberfläche ist mit dem Lungenfell bedeckt. Das Lungenfell geht an der Lungenwurzel in das Rippenfell über. Zwischen dem Lungenfell und dem Rippenfell liegt der Pleuraspalt.

••••• Der Gasaustausch mit dem Blutkreislauf findet über die Alveolen (ca. 100 m² und die Lungenkapillaren statt.

••••• Der Unterdruck im Pleuraspalt und die elastischen Fasern des Lungengewebes wirken als Kräfte gegeneinander und verhindern so ein Zusammenfallen (Kollaps) der Lunge.

•

•

•

•

•

•

•

•

•

•

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Atmung

Â Â Â Â Â Â „ussere Atmung:

Â Â
Passage der Atemluft
durch die Atemwege bis zu den Alveolen.

Â Â
Der Gasaustausch in
den Alveolen findet immer vom Ort der höheren Konzentration eines Gases zum Ort
der niederen Konzentration statt. (Diffusionsgesetz von Henry)

Â Â Â Â Â Â Innere Atmung:

Â Â
Energiegewinnung in
den Körperzellen unter Verwendung von O₂.

Atemregulation

Â Â Â Â Â Â Kohlendioxid (CO₂) löst den Atemreiz aus. Eine Erhöhung
des Partialdruckes von CO₂ (pCO₂) und führt zu steigender
Atemfrequenz und Atemtiefe. Eine

Â Â Â Â Â Â Reduktion des pCO₂ führt zu sinkender Atemfrequenz und
Atemtiefe.

Sinkt der pO₂ im Blut wirkt dies als Atemreiz ; ebenso Eintauchen in kaltes Wasser. Der Zwang zum Atmen kann auch von der psychischen Verfassung abhängig sein.

Dehnungsrezeptoren in den Alveolen begrenzen die Einatmung.

Ä

Zusammensetzung der Atemluft bei der Einatmung

Gas:
%:
Partialdruck / 1 bar:

Stickstoff N₂
78.00 %
0.78 bar

Sauerstoff O₂
21.00 %
0.21 bar

Kohlendioxid CO₂
00.03 %
0.003 bar

Rest und Edelgase
00.97 %
0.097 bar

Total:
100 %
1 bar

Größere Tiefen = höheres Atemminutenvolumen

Ä

Ä

Ä

Ä

Barotrauma

Ein Barotrauma ist eine Schädigung des menschlichen Körpers durch eine Druckdifferenz. Beim Tauchen kann ein Barotrauma in luftgefüllten Hohlräumen entstehen, wenn eine Verbindung zur äußeren Umgebung, also der Aussenluft (mit ihrem normalen Luftdruck von ca. 1 bar) unterbrochen ist. Ein Druckausgleich kann dann nicht mehr stattfinden. Für diese Ansammlungen von Luft im Körper gilt das Gesetz von Boyle-Mariott, $p \times v = \text{const.}$ d.h. das Volumen verändert sich proportional zum Druck. Da sich beim Tauchen der Umgebungsdruck um 1 bar je 10m Wassertiefe erhöht (gegenüber dem 1 bar Luftdruck), nimmt der Druck nahe der Wasseroberfläche relativ am stärksten zu (bei 2 m $1 + 0,2$, also 1,2 bar, das entspricht einer 20% igen Druckzunahme!), weswegen das Risiko eines Barotraumas in geringen Tiefen am höchsten ist.

Barotraumen können

1. in der Lunge

Der Lungenriß ist einer der gefährlichsten Unfälle und seine häufigsten Ursachen sind

1.1. ein Stimmritzenkrampf oder

1.2. das Luftanhalten beim Auftauchen.

Auch beim Notaufstieg sollte niemals die Luft angehalten werden! Schon der relativ geringe Überdruck von 0,1 bar, der einer Wassersäule von nur 100 Zentimetern entspricht, kann zum Einreißen von Lungengewebe führen. Je nach

Lokalisation der überdehnten Lungenbläschen, kann es dabei entweder zu

1.3. einem Pneumothorax

1.4. einem Mediastinalemphysem (Luft im Raum zwischen Herz, großen Gefäßen und

Lunge) oder,

1.5. bei Eindringen von Gasbläschen in das Gefäßsystem, zu einer arteriellen Gasembolie

(AGE, s. weiter unten) kommen.

1.3.1. Beim Pneumothorax gelangt Luft in den "Spalt" zwischen Lungen- und Rippen-

fell (Brustfell) sodass die Lunge zusammenfällt und für den Gasaustausch

wenig oder überhaupt nicht mehr zur Verfügung steht. Das sofort erkennbare

Symptom ist Atemnot. Wenn sich ein Ventilmechanismus entwickelt [1] entsteht

der akut lebensbedrohliche "Spannungspneumothorax".

Ein Zusammenbruch des Kreislaufs (sog. cardiogener Schock) mit nunmehr

massiver Luftnot sind die Folgen und nur eine sofortige Entlastung [2] kann das

Leben des Betroffenen retten.

Ä

Ä

Ä

Â

[1] bei dem Luft durch den Lungenriss in den ehemaligen "Spalt"-Raum, nunmehr luftgefüllten

Â Hohlraum zwischen Brust- und Lungenfell dringt, während die Lunge weiter komprimiert wird

[2] durch Punktion mit einer dicken Kanüle

Â

Â

1.4.1. beim Mediastinalempysem führt die in den Raum zwischen Herz, großen

Â Gefäßen, Speise- und Luftröhre und Lungenfell und schließlich unter die Haut

Â und die Weichteile des Halses eingedrungene Luft zu einem unförmigen Auf-

Â blähen des Oberkörpers des Betroffenen ("Michelinmännchen")

Wer nun aber der Meinung ist, dass eine gute Tauchtauglichkeit auch eine absolut gesunde Lunge bescheinigt, ist leider im Irrtum. Auch eine sehr sorgfältige Tauchtauglichkeitsuntersuchung kann Schwachstellen in der Lunge ohne Spezialuntersuchungen (Spiral-CT) nicht erfassen. Diese Schwachstellen sind Areale, in denen z.B. mehrere Lungenbläschen zu einer großen Blase verschmolzen sind, einer sogenannten

Emphysem-Bulla (Blase). Diese angeborene oder auch erworbene Fehlbildung, welche im Lungenröntgen nur zu sehen ist, wenn sie eine gewisse Größe erreicht, kann bei einer Blockade des "Überdruckventils" Stimmritze platzen. Diese Blockade kann auch beim Gesündesten entstehen, dann nämlich, wenn es durch das Einatmen von Wassertröpfchen zu einem Stimmritzenkrampf kommt.

Der Hauptgrund für Lungenüberblähungen ist allerdings Luft, die in einzelnen Lungenabschnitten "gefangen" ist und nicht abgeatmet werden kann. Dieses sog.

"Air-Trapping" (gefangene Luft) kann willkürlich nicht beeinflusst werden. Beim Air-Trapping kommt es bei der Ausatmung zu einer teilweisen Verlegung der Atemwege, so dass die Luft aus den betroffenen Lungenbläschen nicht entweichen kann. Passiert dies beim Auftauchen, resultiert daraus eine Überblähung der Lungenbläschen, die schließlich zerreißen. Es können nur einzelne Lungenbläschen betroffen sein, aber auch größere Anteile der Lunge. Die Ursachen für eine solche Verlegung sind mannigfaltig, gehen aber mit einer Einengung der jeweiligen Bronchien und/oder einer "Verstopfung" durch Schleimpfropfen einher. Ein empfindliches Bronchialsystem, wie bei Allergikern und Asthmatikern, ist Hauptursache des Air-Trapping. Â findet. Durch Reize, wie das Einatmen von kalter und trockener Luft kann es zu einem Krampf der Bronchialmuskulatur kommen.[1]

Ein weiterer Grund können

Schleimpfropfen sein, die Bronchialabschnitte beim Ausatmen verschließen und ein Air-Trapping verursachen. Schleim hat eine große Bedeutung für die Erwärmung, Anfeuchtung und Reinigung der Atemluft, und findet sich daher ständig in

den Atemwegen. Ist die

Â

[1] was den Durchmesser der Bronchien einengt.

Â

Schleimproduktion aber durch eine Erkrankung (wie z.B die sog. "Verkühlung"[1], Bronchitis) erhöht, kann das beim Tauchen zur Gefäßverengung führen.

auch Tabakrauch führt zu einer Vermehrung und Eindickung des Bronchialsekrets bei gleichzeitiger Engstellung der Bronchien, so dass für Raucher eine erhöhte Gefäßverengung für ein Barotrauma der Lunge angenommen werden muss.

Â

[1] viraler, grippaler Infekt mit Husten

Â

Â

Pneumothorax

Liegt der betroffene Bereich eher am Rand der Lunge, kann Schließlich ist bei einem Lungenriss möglich, dass Gas direkt in das Gefäßsystem eindringt, vor allem in das arterielle System. Die Folge sind Gasembolien in die Organe (kurz AGE = arterielle Gasembolie), wo Gasbläschen die kleinsten Gefäße verstopfen und die Versorgung der Gewebe behindern (siehe Grafik links oben). Liegen die Gasbläschen in den Hirngefäßen, führen diese zu Nervenausfällen (einem Schlaganfall ähnlich). Die Symptome können von relativ mild (hängender Mundwinkel, verminderte Kraft in einer Hand) bis zur völligen Lähmung einer Körperhälfte reichen oder zur Bewusstlosigkeit bis hin zum Herz-Kreislaufstillstand des Opfers führen.

Die wichtigste Erste-Hilfe Maßnahme bei Verdacht auf Lungenembolie ist neben der Rettung aus dem Wasser die Gabe von Sauerstoff in möglichst hoher Konzentration (100 Prozent). Genau wie bei der Dekompressionskrankheit ist auch die Gabe von Flüssigkeit wichtig (nur wenn der Patient bei klarem Bewusstsein ist!).

Sicher taucht also, wer

langsam auftaucht,
niemals die Luft anhalten und
während und nach einer Erkältung nicht taucht.

Barotraumen können aber auch

2. im Ohr bzw. seinen Hohlräumen (Mittelohr, Nasennebenhöhlen , Innenohr/Aussenohr)

Ä Ä Ä Ä Ä Ä Ä Ä sowie

3. in selteneren Lokalisationen wie

â€¢ Ä Ä Ä Ä Ä Ä der Tauchermaske,

â€¢ Ä Ä Ä Ä Ä Ä den Zähnen

â€¢ Ä Ä Ä Ä Ä Ä der Haut und

â€¢ Ä Ä Ä Ä Ä Ä dem Magen-Darmtrakt

auftreten.

â€¢ Ä Ä Ä Ä Ä Ä Ein Barotrauma der Maske betrifft v.a. die Augen und präsentiert eine verstärkte Durchblutung oder sogar Einblutungen der bzw. in die weiße - Hornhaut. Schmerzen beim Abtauchen erzwingen den Druckausgleich durch die Nase in die Tauchermaske.

â€¢ Ä Ä Ä Ä Ä Ä Rissbildungen in kariösen Zähnen oder, häufiger, in schadhafte Plomben können zu kleinsten Luftansammlungen im Zahn während des Tauchgangs führen. Beim Auftauchen kann sich die Luft nicht rechtzeitig entfalten (Boyle-Marriott !) so daß Schmerzen auftreten bzw. Zahnteile oder Füllungen / Kronen herausgesprengt werden können. Regelmäßige zahnärztliche Kontrollen gehören also auch zur Feststellung der Tauchtauglichkeit.

â€¢ Ä Ä Ä Ä Ä Ä Sehr selten treten Barotraumen der Haut auf, wenn beim Tauchen mit einem Trockentauchanzug ohne Unterzieher Luft an der Haut in Falten eingeschlossen wird. "Knutschflecken" sind die sichtbare Folge.

â€¢ Ä Ä Ä Ä Ä Ä Wie allgemein bekannt ist, enthält auch der menschliche Darm etwas Luft. Die Wände des Magen-Darm sind aber so elastisch, daß Barotraumata dieses Organsystems sehr selten sind. Trotzdem sollte man beim Auftauchen die Luft nicht behindern, die den Körper durch natürliche Öffnungen verlassen will!

Ä

Körperlich bedingte

So sind z.B. "Bends" eine akute statische muskulo-skeletale Dekompressionserkrankung. Diese Erkrankung gehört zu den häufigsten Tauchererkrankungen; trotzdem ist die Vermeidung von Risikofaktoren und einem sicheren Tauchstil das Risiko für den Taucher gering. Die Pathophysiologie bei der DCI sind komplex und noch nicht in allen Einzelheiten geklärt. Prinzipiell muss man unterscheiden in welchem Organsystem es zur Blasenentstehung gekommen ist. Außerdem führen Bläschen, die in Gefäßen entstanden oder eingewandert sind, fernab ihres Entstehungsortes zur Gewebsschädigung im Sinne einer Embolie.

Grundlage der Entstehung von Gasblasen bei der DCI ist das Henry'sche Gesetz, welches die Gasaufnahme im Körper des Tauchers erklärt. Von den Teilgasen der Umgebungsluft die beim Presslufttauchen eingeatmet werden, spielt der Stickstoff die entscheidende Rolle, da er im Stoffwechsel nicht verarbeitet wird, im Gegensatz zum Sauerstoff. Man nennt so ein Gas "Inertgas". Beim Auftauchen, also bei abnehmendem Umgebungsdruck wird das gelöste Gas wieder in den Gaszustand übergehen und über die Lungen abgeatmet. Bei zu schnellem Druckabfall, entsprechend einem zu schnellen Aufstieg, besteht die Gefahr der Stickstoffblasenbildung, vergleichbar dem Öffnen einer Mineralwasserflasche. Die im Körper des Tauchers ausperlenden Gasblasen können je nach Entstehungsort zu verschiedenen Schädigungen führen. Man unterscheidet zwischen Gasblasen die

1. in den Blutgefäßen ("intravasculäre Blasen") entstehen und

2. solchen die im Gewebe ("stationäre Blasen") auftreten; letztere können auch in die Gefäße wandern, solange noch klein sind.

Eine Entstehung arterieller Gasblasen ist aufgrund des Druckes in den Arterien [1] eher unwahrscheinlich und kommt wahrscheinlich nur bei extremer Dekompression vor. In Venen kommt es jedoch sehr leicht zu

primärer Blasenbildung oder aber auch

über eine Einschwemmung von Blasen aus den Kapillaren [2], dem Lymphsystem oder

dem Gewebe in die Venen.

[1] der beim Blutdruckmessen erfasst wird!

[2] kleinsten Blutgefäßen zwischen Arterien und Venen, welche den Sauerstoff-, Kohlendioxid- und Nährstoffaustausch zwischen dem Gewebe und dem Gefäßsystem bewirken

Ä

Vereinzelte Gasblasen im venösen System sind nicht schädlich. Bei jedem Tauchgang entstehen sog. Microblasen und werden über die Lunge abgeatmet. Erst beim Übertritt in das arterielle System besteht ein hohes Risiko einer DCI, da die Blasen dann als "Gasembolie" bevorzugt die Gehirnarterien verstopfen und die dadurch entstehenden Gewebeschäden zu neurologischen Ausfällen vom leichten Hängen eines Mundwinkels (Gesichtsnervenlähmung) bis zu Lähmungen von Armen und/oder Beinen reichen können.

Die durch die Gasblasen hervorgerufenen Schäden entstehen durch

mechanische Gewebszerreißung oder Gewebekompression aber auch durch Gefäßverschluss bei intravasalen Blasen r direkten Schäden an der Gefäßinnenhaut (Endothel).

Außerdem gibt es indirekte Gewebeschäden, welche als Reaktionen des Körpers auf die beschriebenen direkten Schäden auftreten. Gasblasen stellen nämlich einen Fremdkörper für das menschliche Immunsystem dar und führen deswegen zu

- einer Aktivierung der Gerinnungskaskade mit "Zusammenballen" von

Blutplättchen bis zur Thrombose und ev. Embolie fernab vom primären Geschehen,

Ä

zur Stimulierung des Immunsystems

zu erhöhen Gefäßdurchlässigkeit mit -dembildung

Die im Gefäß steckengebliebene Gasblase löst neben dem Gerinnsel (Thrombose) die Sekretion von Botenstoffen (Mediatoren) wie Histamin und Bradykinin aus die zu Beschwerden wie Juckreiz, Schmerzen, und Schwellung führen. Gleichzeitig bildet sich durch diese Mediatoren ein -dem, das die Durchblutung weiter verschlechtert.

Ä

Ä

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Â

Je nach Schwere und betroffenem Organsystem sind die Symptome unterschiedlich. Zu den häufigsten gehören unspezifische wie starke Müdigkeit, Hautjucken, Gelenkschmerzen, Schwindel, Gehör- und Nervenausfälle; in schweren Fällen treten Luftnot und Brustschmerzen sowie Bewusstlosigkeit auf. Klassischerweise kommt es zu Beschwerden innerhalb weniger Stunden nach dem Auftauchen; manchmal können aber auch Stunden oder Tage vergehen, sodass die Behandlung verzögert wird oder aber, und das ist sehr häufig, die Symptome mit dem Tauchen gar nicht in Zusammenhang gebracht werden.

Manchmal kann es auch beim Heimflug [1] zum Auftreten von Symptomen kommen. Dies ist eine besonders schwierige Situation[2], da sie ja ein Fliegen in niedrigen Höhen oder gar eine Zwischenlandung zu einem nicht vorhergeplanten Zeitpunkt erforderlich macht. Dies ist auch der Grund warum 24h vor dem Fliegen nicht getaucht werden soll.

Die optimale Therapie der DCI besteht in der hyperbaren Sauerstofftherapie (HBO), sowie, überbrückend in der Applikation von 100%-tigem, normobaren Sauerstoff und Maßnahmen wie Flachlagerung und Flüssigkeitssubstitution. Die Gabe von Acetylsalicylsäure (ASS) und / oder Cortison ist umstritten.

Als wichtigste Therapiemaßnahme noch am Unfallsort ist, die Atmung von reinem Sauerstoff bis zum Einlangen in die Druckkammer. Jedes Tauchboot muss daher Sauerstoff mit an Bord führen.

Das Hauptproblem ist allerdings neben der raschen Durchführung der Therapie (reiner Sauerstoff bis zur Druckkammer und dann Behandlung je nach Schwere des Falles entsprechend den Tabellen), v.a. das Erkennen der Symptome. Viel zu häufig werden Beschwerden vom Taucher selbst oder vom Tauchlehrer/Basenleiter nicht ernst genommen oder fehlinterpretiert und so die Rettungskette verzögert.

Insofern soll

☞ jeder Verdacht auf einen Tauchunfall wie ein sicherer Tauchunfall behandelt werden

☞ es gibt keine Kontraindikation für normobaren O₂ da dieser unschädlich ist!

â€¢ Sauerstoff soll bis zum Erreichen der Druckkammer verabreicht werden!

Generell lassen sich bezüglich des DCI-Risikos folgende Aussagen treffen:

Je tiefer und länger der Tauchgang, je größer die Vorsättigung (vorherige Tauchgänge, Risikofaktoren) und je schneller der Aufstieg desto größer ist das Risiko des Auftretens einer DCI. Direkt das Tauchen betreffende Risikofaktoren sind

â€¢ ein oder mehrere Tauchgänge über 30m Wassertiefe

â€¢ ein oder mehrere dekompensationspflichtige Tauchgänge

â€¢ nicht eingehaltene Dekompensations-Pausen

â€¢ Wiederholungstauchgänge

â€¢ Fliegen nach dem Tauchgang

Individuelle Risikofaktoren sind

- Alter
- Adipositas (Fettleibigkeit)
- erhöhte Blutviskosität bei Dehydratation (verschlechterte Blutflüsseigenschaften bei Wassermangel, d.h. ausreichend trinken vor und nach dem Tauchgang!)
- schwere körperliche Belastung vor oder während der Überdruckexposition
- Kälte
- vorangegangene DCI's
- Verletzungen
- Alkoholgenuß vor dem Tauchen
- Ä

[1] der ja bei Kabinendruck, also niedrigerem Luftdruck als auf Meereshöhe, stattfindet,

[2] für den Betroffenen, und das gesamte Flugzeug

Ä

Ä

Beinahe-Ertrinken (near drowning)

Ertrinken ist definiert, als Tod durch Ersticken in einer Flüssigkeit. 86 % der tödlichen Tauchunfälle haben Ertrinken als Ursache. Von Near-Drowning, beinahe ertrinken, spricht man, wenn der Verunfallte noch rechtzeitig vor Todeseintritt gerettet wird, bzw. nach dem Ertrinken erfolgreich wiederbelebt werden konnte. Da hier aus den verschiedensten Gründen weiterhin eine lebensbedrohliche Situation besteht, ist eine Krankenhausbehandlung nach der Wiederbelebung zwingend erforderlich. 11% der stationär behandelten Beinahe-Ertrunkenen sterben noch an den Folgen des Ertrinkungsunfalls.

Der Ertrinkungsvorgang selbst läuft nach einem bestimmten Schema ab, welches im Atemstillstand endet. Je eher dieser Ablauf durch äußere Hilfe unterbrochen werden kann, desto besser sind die Chancen auf komplette Heilung.

Man unterscheidet zwischen trockenem bzw. nassem Ertrinken, je nachdem ob Wasser aspiriert wurde. Aspirieren nennt man den Vorgang des "Einatmens" von nicht gasförmigen Stoffen in die Lungen, wie z.B. Wasser. Da die max. Wassermenge auch beim nassen Ertrinken gering ist (max. 200-300 ml), hat die Unterscheidung zwischen Süß- und Salzwasseraspiration keine Bedeutung. Bedeutung hat jedoch die Keimpopulation des Wassers in dem Verunfallte das near drowning erlitt.

Nach der Bergung des Verunfallten und evtl. Wiederbelebnungsmaßnahmen ist der Betroffene auch bei völliger Beschwerdefreiheit in einem Krankenhaus für mindestens 24h zu überwachen um das gefährdete sekundäre Ertrinken (eine Art Lungenödem) erkennen und rechtzeitig behandeln zu können.

Bei der Wiederbelebung (Reanimation) der meist stark unterkühlten Ertrunkenen gilt

"NO ONE IS DEAD UNTIL HE IS WARM AND DEAD!"

Ä