

Lungenunterdruck-Barotrauma: Sich die Seele aus dem Leib husten... oder auch nicht!

Dr. Rob Schneider, MBChB (Universität von Pretoria, Südafrika)



Einleitung:

Bei einem Lungenunterdruck-Barotrauma handelt es sich um ein Ereignis, zu dem es fast ausschließlich beim Freitauchen kommt. Gerätetaucher wissen kaum darüber Bescheid und leider haben die meisten Ärzte noch nie davon gehört, geschweige denn gelernt, wie damit umzugehen ist. Es gibt viele Unklarheiten über dieses eher schlecht beschriebene und größtenteils missverständliche Phänomen. Tauchen wir also in das Thema ein und vermeiden wir es dabei möglichst zu viel Druck auf unser Gehirn auszuüben!

Definition:

Lungenunterdruck-Barotraumatata werden im Englischen umgangssprachlich auch „Lung Squeeze“, also „Lungenquetschung“ bezeichnet. Die formal richtige Bezeichnung ist jedoch *Pulmonary Barotrauma of Descent (also Lungenbarotrauma beim Abstieg, im folgenden abgekürzt als PBT)*.

Ein PBT ist also: *Die Schädigung oder Verletzung der Lungen in Folge eines erhöhten Umgebungsdrucks auf die geschlossenen, mit Gas gefüllten Hohlräume in den Lungen während des Apnoetauchens.*

Die Beschreibung und Definition bezieht sich auf das, was mit den Lungen aufgrund des erhöhten Drucks während des Abstiegs geschieht. Manche Experten gehen von einem weiter gefassten PBT-Konzept aus, das auch Quetschungen der Luftröhre einschließt.

Vor dieser nicht gerade perfekten Definition wollen wir uns nun einmal anschauen, was wirklich abläuft. Wie wirkt sich ein erhöhter Umgebungsdruck auf die geschlossenen, mit Gas gefüllten Hohlräume der Lungen aus?

Physik und Physiologie:

Zum besseren Verständnis von PBT müssen wir uns noch einmal ein paar Grundlagen der Physik und der Physiologie ins Gedächtnis rufen.

Erstens das Gesetz von Boyle-Marriotte: *„Bei gleichbleibender Temperatur ist das Volumen einer gleichbleibenden Stoffmenge umgekehrt proportional zu ihrem Druck.“*

Unter diesem Gasgesetz versteht man, dass das Gasvolumen in einem geschlossenen System oder Hohlraum abnimmt, wenn der Umgebungsdruck zunimmt und andersherum. Beim Freitauchen sind die Lungen der geschlossene, mit Gas gefüllte Hohlraum und der hydrostatische Druck des Wassers während des Abstiegs ist der zunehmende Umgebungsdruck. Alle 10 msw (Meter Seewasser) steigt der Druck um 1 Atmosphäre (ATA). Man beachte, dass diese umgekehrte Volumenreduktion bei Druckzunahme einer exponentiellen Kurve (siehe Bild 1 unten) folgt.

Tiefe
ATM/BAR

(Atmosphärischer

Druck)

Lungenvolumen

Lungenvolumen

0 m

1

8 l

1

10 m

2

4 l

$\frac{1}{2}$

20 m

3

2.66 l

1/3

30 m

4

2 l

$\frac{1}{4}$

Bild 1

Zweitens braucht man ein gewisses Grundverständnis des Lungenvolumens. Die Totalkapazität der Lungen (Total Lung Capacity = TLC) eines 1,70m großen und 70kg schweren Mannes beträgt rund 7 Liter. Wenn sich das Lungenvolumen bis zum absoluten Minimum leert, ist das Residualvolumen erreicht (Residual Volume = RV). Andere Lungenvolumina sind bei diesem Thema nicht weiter von Bedeutung, werden aber der Vollständigkeit halber mit angegeben.

Bild 2 unten zeigt Lungenvolumina und weitere Komponenten bei einem Freitaucher

Bild 2

TLC = Total Lung Capacity, d.h. Totalkapazität

VC = Vital Capacity, d.h. Vitalkapazität

FRC = Functional Reserve Capacity, d.h. funktionelle Residualkapazität

RV = Reserve Volume, d.h. Residualvolumen

ERV = Expiratory Reserve Volume, d.h. expiratorisches Residualvolumen

IRV = Inspiratory Reserve Volume, d.h. inspiratorisches Residualvolumen

TV = Tidal Volume, d.h. Tidalvolumen bzw. Atemzugvolumen

Früher ging man davon aus, dass das Residualvolumen (RV) das geringste Volumen ist, das die Lungen erreichen können, bevor sich ein mechanischer Schaden einstellt. Mit anderen Worten, es sollte sicher sein, mit angehaltenem Atem bis zu einer Tiefe zu tauchen, bei der der Kompressionseffekt auf die Lungen nicht ein Volumen erreicht, das geringer als das Residualvolumen ist. Das RV beträgt für gewöhnlich 20 bis 25% der Totalkapazität der Lungen nach einmaligem maximalen Einatmen. Gemäß des Gesetzes von Boyle-Marriotte würde also das RV bei rund 35 bis 45 msw (d.h. bei 4.5 bis 5.5 ATA) erreicht, womit dies dann auch das Tiefenlimit beim Freitauchen wäre. Ganz offensichtlich ist das nicht der Fall, denn die Rekorde im Freitauchen reichen mittlerweile schon über die 200 msw hinaus. Dies führte zur Aufklärung anderer physiologischer Mechanismen, die hier eine Rolle spielen. Abgesehen davon, dass der Brustkorb nicht ganz starr ist und an sich etwas nachgibt, ist der wichtigste zusätzliche Kompensationsmechanismus jedoch die zentrale Ansammlung des Blutes aus dem umliegenden Gewebe im Brustkorb. Das erlaubt es rund 1,5 Litern Blut sich in den Blutgefäßen zentralen anzusammeln.

Im Wesentlichen gleicht die zentrale Ansammlung des Blutes in der Brust das Druckgefälle dann aus, wenn das RV erreicht wird und reduziert damit das tatsächliche RV. Das erlaubt es dem Taucher schadlos größere Tiefen zu erreichen. Dieser Mechanismus erhöht aber den Druck im Lungengefäßbett und in Folge dessen in den Kapillargefäßen der Lungen, was Einrisse und Blutungen zur Folge haben kann.

In der Praxis erlauben es diese Mechanismen, dass sich die Lungen sehr trainierter Freitauchmeister bis auf rund 5% der Totalkapazität komprimieren lassen. Dabei stellt sich nun die Frage, ob dadurch die absoluten Grenzen des Freitauchens festgelegt sind? Und dennoch ist es nichts Ungewöhnliches, dass diese Athleten Blut husten. Und, was der eine kann, trifft nicht für den anderen zu!

Beschwerden und Symptome:

Auch wenn es den Anschein hat, dass PBT nur bei sehr großen Tiefen ein Problem ist, gibt es Berichte über PBTs in geringer Tiefe - typischerweise bei Wiederholungstaugängen mit kurzen Oberflächenpausen, manchmal sogar schon bei einer Tiefe von nur 4 msw. Möglich ist also, dass noch mehr dahinter steckt als nur Kompression. Es ist wohlbekannt, dass sich Flüssigkeiten in den Lungen ansammeln können, einfach nur, weil man sich im Wasser befindet (wie bei der sogenannten Head-Out Water Immersion) oder etwa an der Oberfläche schwimmt. Individuelle anatomische, physiologische, pathologische und tagesabhängige Variationen spielen bei der Entstehung eines PBT alle eine Rolle.

Nicht alle Fälle von PBT werden bei ihrem Auftreten erkannt. Einige Beschwerden sind nur vorübergehender Natur. Andere können mit denen gewöhnlicher Erkrankungen wie einer Grippe oder Lungenentzündung verwechselt werden. Wenn PBT auftritt und als solches erkannt wird, dann ist es mit den folgenden Beschwerden und Symptomen verbunden.

Beschwerden: Brustschmerzen, Kurzatmigkeit, ein Gefühl von Flüssigkeit in den Lungen, Husten, Müdigkeit, ein Gefühl der Brustenge oder -quetschung, Schwindel, Übelkeit, Schwäche, Missempfindungen, Schwächegefühl.

Symptome: Hyperventilation, Husten mit hellrotem Blut, Husten mit schaumigem Blut, Übereben, Atemnot, Desorientierung, Bewusstseinsverlust, neurologische Ausfälle, Herz- und Atemstillstand, Tod.

Aus der langen Liste der Beschwerden und Symptomen lässt sich erkennen, dass ein PBT von sehr leichten bis sogar tödlichen alle Auswirkungen haben kann. Ein PBT kann von einer sehr kurze Zeitspanne bis hin zu mehreren Monaten dauern. Ein wiederholtes Auftreten ist nicht ungewöhnlich. Es stellt sich daher die Frage nach dauerhaften Schäden.

Strategien zu Abmilderung und Vermeidung:

Ob Du nun Wettkampffreitaucher bist oder einfach nur viel Zeit im Wasser verbringst: es lohnt sich, die folgenden Tipps zu befolgen und damit die Auswirkungen von PBT zu minimieren bzw. PBT ganz zu vermeiden.

- Bleib fit, vor allem was Deine Lungenfunktion betrifft.
- Baue Deine CO₂ Toleranz auf und reduziere damit die Zwerchfellkontraktionen. Diese Kontraktionen sind das unfreiwillige Schnappen nach Luft

eines Freitauchers, gegen den Widerstand der geschlossenen Stimmritze ("Glottis") oder des geschlossenen Mundes, wenn der physiologische Abbruchpunkt erreicht ist, weil das CO₂-Niveau die Atmung stimuliert.

- Wärme Dich auf und reduziere damit ebenfalls die Zwerchfellkontraktionen.
- Vermeide es, Deine Arme oder Deinen Hals in der Tiefe zu strecken. Zu viele und zu wilde Bewegungen sind nicht notwendig und sollten vermieden werden.
- Verbessere und trainiere die Flexibilität Deines Brustkorbs.
- Tauche in Tiefen, in denen Du Dich wohl fühlst, vermeide Stress, Angst und Panik.
- Kehre um bevor es in der Tiefe zu Kontraktionen kommt.
- Erhöhe die Tiefen Schritt für Schritt, wenn Du mit dem Tieftauchen beginnst.
- Nach längeren Reisen, und vor allem, wenn Du über Zeitzonen hinweg gereist bist oder unter Jetlag leidest, solltest Du nicht sofort tiefe Tauchgänge machen. Erhole Dich erst wieder vollständig.
- Erlerne bestimmte Techniken, die Dich unter Wasser, vor allem in der Tiefe, entspannen und konzentriere Dich vor allem darauf, die Spannung im Brustbereich zu lockern.
- Für den Druckausgleich solltest Du die Frenzel- bzw. Mouthfill-Technik erlernen, denn sie ist sanfter und verbraucht weniger Luft.
- Wenn Du bereits eine PBT-Vorgeschichte hast, dann ruhe Dich am Tag nach einem tiefen Tauchgang aus. Denn es scheint am zweiten Tag ein höheres PBT-Risiko zu bestehen, sogar in geringeren Tiefen.
- Wenn sich während des Tauchens Symptome einstellen, die denen eines früheren PBTs ähneln, dann brich den Tauchgang ab.
- Trainiere das Tieftauchen auch außerhalb der Saison regelmäßig.
- Beginne erst kurz vor der Oberfläche mit dem Ausatmen. Hierfür empfiehlt sich vorheriges Training.

Umgang mit PBT:

Der Umgang mit PBT orientiert sich eng an den grundlegenden Prinzipien des medizinischen Notfallmanagements, wobei die Behandlungsintensität entsprechend des ursprünglichen klinischen Bildes und dem Verlauf der Erkrankung zunimmt.

Dazu gehört:

- Beendigung des Tauchgangs und Absichern des verletzten Tauchers.
- Vermeidung jeglicher körperlichen Aktivität. Lass den Tauchpartner bei der Tarierung helfen und den verletzten Taucher zu einer Stelle bringen, an der ein Ausstieg aus dem Wasser möglich ist.
- Lass sich den verletzten Taucher ausruhen und stelle sicher, dass er dabei bequem liegt.
- Wenn vorhanden und möglich, lass den verletzten Taucher 100% medizinischen Sauerstoff atmen.
- Ermutige den verletzten Taucher zur oralen Flüssigkeitsaufnahme, wenn seine Atemwege sicher sind und er voll bei Bewusstsein ist.

Alkoholkonsum muss vermieden werden.

- Abhängig davon, welche Einrichtungen und welches Fachpersonal erreichbar sind, sollte der Taucher so schnell wie möglich notfallmedizinisch betreut werden. Die DAN Hotline ist als erster Kontakt eine gute Wahl, denn die Mitarbeiter dort können Dir bezüglich der notfallmedizinischen Betreuung eine große Hilfe sein und sie sprechen außerdem die „Tauchersprache“.
- Nimm so bald wie möglich medizinische Hilfe in Anspruch, am besten von einem Taucherarzt.
- Ruhe Dich zwei Wochen lang aus bevor Du wieder mit dem Tauchen beginnst und lass Dich am besten erst wieder von einem Taucherarzt für tauchtauglich erklären.
- Vorsicht ist besser als Nachsicht.

Fazit:

PBT ist ein herausforderndes und viel diskutiertes Problem unter Freitauchern. Es gibt noch viel über diese Erkrankung zu lernen und es gibt verschiedene Wege, es zu vermeiden oder abzuschwächen. Vielleicht definiert es tatsächlich die absolute Tiefengrenze beim Freitauchen? Wer weiß? Die Grenzen von heute sind die Pokale von morgen. In der Zwischenzeit gilt: tauche immer sicher und vergiss nicht, dabei auch Spaß zu haben.

- Brubakk Alf O. & Neumann Tom S. Bennett and Elliot's Physiology and Medicine of Diving, 5th Ed.
- Edmonds Carl, Lowry Christopher, Pennefather John & Walker Robyn. Diving and Subaquatic Medicine. 4th Ed.
- www.britishfreediving.org
- www.freediving.co.za
- www.freedive.net
- www.skin-dive.com
- www.deeperblue.com
- www.freedivers.net
- www.pureapnea.com