

DCS-Risikofaktoren identifizieren

Was können wir von aufgezeichneten Tauchprofilen und ihren Folgen über das mögliche Auftreten einer Dekompressionskrankheit (DCS) lernen? Eigentlich eine ganze Menge. Diese Frage war der Hauptgrund dafür, dass ein vorausschauendes DAN Europe damit begann eine Datenbank mit Tauchprofilen zu erstellen, die Sporttaucher und technische Taucher seit 1994 von ihren Tauchcomputern hochgeladen hatten. Und es war der Grund dafür, warum die Software kontinuierlich verbessert wurde und Profile mit den dazugehörigen Hintergrundinformationen angesammelt wurden. Nennen wir es doch eine Hommage der Tauchcommunity an großen Datenmengen!

Daher waren DAN Forscher sehr interessiert daran, im Rahmen einer einzigartigen Studie die neuesten analytischen Methoden auf diese Tauchdaten anzuwenden und dabei fast 40.000 Profile von Sporttauchgängen mit offenen Tauchgeräten zu untersuchen, die von europäischen Taucher zusammen mit detaillierten Fragebögen eingesammelt worden waren. Bei fast 1000 Tauchgängen wurden nach dem Tauchgang auch Blasenmessungen mittels Dopplergeräten gemacht und 320 Tauchgänge hatten eine DCS zur Folge. Man beachte, dass technische Tauchgänge mit Trimix und Rebreather von der Studie ausgeschlossen waren. Die Ergebnisse wurden 2017 in der wissenschaftlichen Abhandlung mit dem Titel [*Dive Risk Factors, Gas Bubble Formation, and Decompression Illness in Recreational SCUBA Diving: Analysis of DAN Europe DSL Data Base*](#) veröffentlicht.

Die Studie hatte drei Ziele: Erstens sollte sie ein genaues Bild von den Tauchpraktiken der europäischen Sporttaucher im Vergleich zu den empfohlenen Praktiken ermitteln. Zweitens sollten druckunabhängige Risikofaktoren wie z. B. Alter, Geschlecht, Körperbau und andere Umweltfaktoren einschließlich ihrer möglichen Auswirkungen auf die Bildung von Blasen, untersucht werden. Und drittens erhofften sich die Forscher Risikofaktoren identifizieren zu können, die bei tatsächlichen DCS-Fällen vorhanden gewesen waren.



Das DCS-Rätsel

Mit der wachsenden Popularität des Tauchens werden auch jedes Jahr immer mehr Tauchgänge gemacht und entsprechend mehr DCS-Fälle treten auf. Obwohl die Zahl der betroffenen Taucher und die genaue Anzahl von DCS-Fällen unbekannt sind, sind sie mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,01 - 0,1% pro Tauchgang relativ selten. Der höhere Prozentsatz bezieht sich hierbei auf Berufstaucher und der niedrigere auf Sporttaucher. Nichtsdestotrotz können die Folgen dramatisch sein.

Obwohl der genaue Mechanismus einer DCS noch immer umstritten ist ^[1], ist man sich weitgehend einig darüber, dass winzige Inertgasblasen in den Blutgefäßen ("vascular gas emboli" (VGE)) die Hauptverursacher sind. Jedoch können Taucher auch „stille“ VGE haben, die zwar von einem Dopplergerät erkannt werden, aber keine DCS-Symptome auslösen.

Die Dekompressionsmethoden, die heute verwendet werden, sind weit verbreitet und allgemein akzeptiert. Und genau da gibt es etwas, das ein Rätsel aufwirft. Die Mehrzahl der DCS-Fälle treten „unerwartet“ auf, d. h. sie können nicht mit den aktuell verwendeten Dekompressionsalgorithmen erklärt werden. Der Taucher hat sie also nicht „verdient“, denn er hat sich eine DCS zugezogen, obwohl er sich ordnungsgemäß an die Vorgaben seines Tauchcomputers gehalten hat.

„Das Problem ist, dass die heutigen Dekompressionsmodelle nur Sättigung und Entsättigung von Inertgas berücksichtigen, aber nicht die Ansammlung von Mikrokernen (Vorstufe einer VGE), die unserer Ansicht nach in erster Linie für die Dekompressionsblasen verantwortlich ist“, erklärt der Mitverfasser der Studie, DANs Vizepräsident für Forschung & Bildung Costantino Balestra. Laut Balestra deuten [neue Forschungsergebnisse](#) darauf hin, dass biologische Prozesse mit den Mikrokernen interagieren und so

VGEs bilden könnten, wodurch die individuelle Anfälligkeit und Lebensweise des Tauchers umso wichtiger bei der Vorhersage einer DCS ist.



Die Ergebnisse

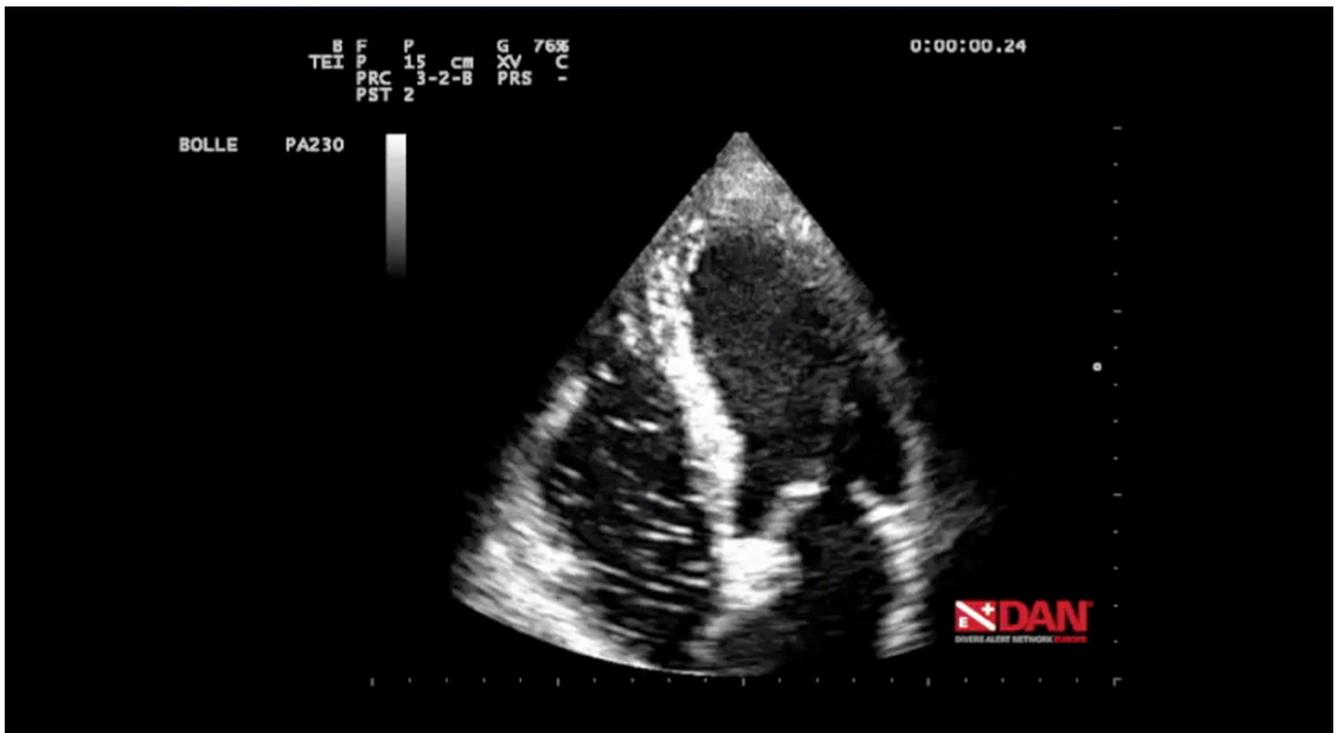
Forscher haben eine gründliche statistische Analyse der anthropometrischen Daten, Risikofaktoren und Tauchgangsdaten der Taucher durchgeführt und dabei den Body Mass Index (BMI) und auch den jeweiligen [Gradientfaktor \(GF\)](#) für jeden Tauchgang berechnet, der die „Stickstoffübersättigung“ als einen Bruchteil des maximal zulässigen Werts für jeden Gewebetyp misst. Die Gewebetypen wurden in schnell, mittel und langsam unterteilt. Die Forscher bestimmten bei den Tauchgängen, bei denen auch ein Dopplermonitoring auf Gasbläschen stattfand, auch die Blasenstadien, um diese dann mit den Risikofaktoren zu vergleichen.

Und das führte zu den folgenden Erkenntnissen:

Die meisten der Sporttauchgänge wurden im „sicheren“ Bereich gemacht, d. h. sie hatten eine durchschnittliche Tiefe von 27 m, eine durchschnittliche Tauchzeit von 46 Minuten und einen durchschnittliche führenden GF von 0,66. Das bedeutet, dass die durchschnittliche Gewebeübersättigung bei 66 % des maximal zulässigen Grenzwertes lag. Die durchschnittliche Aufstiegs geschwindigkeit war langsamer als die aktuell empfohlene Geschwindigkeit von 9 – 10 m/min. Und was noch wichtiger ist, nur sehr wenige Deko-Stopps wurden ausgelassen. Das deutet darauf hin, dass Taucher eher konservativ tauchen.

Hinzu kommt, dass Taucher zwar bei 6,3% der Tauchgänge Probleme (u. a. mit der Ausrüstung) hatten, diese jedoch bei weniger als 0,6 %, also bei ca. 109 Tauchgängen, wirklich ernst waren. Die Daten bestätigten auch, dass die Anzahl der Blasen zwischen 30 und 45 Minuten nach dem Auftauchen ihr Maximum erreichten. Diese Feststellung ist sehr wichtig und bestätigt, dass es sehr wichtig ist, sich

während dieser Zeit nach einem Tauchgang nicht übermäßig körperlich zu belasten.



Risikofaktoren und die Unmöglichkeit eine DCS vorherzusagen

Ein Schwerpunkt der Studie war es zu untersuchen, wie die verschiedenen Risikofaktoren die Blasenbildung und schließlich das Auftreten einer DCS beeinflussen. Hierdurch sollte die Vorhersagbarkeit verbessert werden. Interessant ist, dass die Analyse kaum einen bzw. garkeinen Zusammenhang zwischen der Blasenbildung und den vielen Risikofaktoren zeigte, die berücksichtigt wurden. Nur ein höheres Alter und der BMI scheinen mit einer erhöhten Blasenbildung in Zusammenhang zu stehen.

Obwohl Forscher keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Blasen und Risikofaktoren, die nicht mit dem Tauchprofil in Zusammenhang stehen (z. B. geringe Sicht oder hohe Arbeitslast) entdecken konnten, konnten sie folgern, dass viele Risikofaktoren beim Taucher wahrscheinlich Stress auslösen. Dies führte zu der Hypothese, dass immunologisch-entzündliche Faktoren, die in Stresssituationen ausgeschüttet werden, die Blasenbildung beeinflussen könnten. Diese möglichen Variablen werden gerade im Rahmen einer tiefergehenden Follow-up-Studie untersucht.

Die Analyse der 320 DCS-Fälle war faszinierend und machte deutlich, wie schwierig es ist, eine DCS vorherzusehen. In etwa 93 % der DCS-Fälle hielten sich die Taucher korrekt an ihre Dekompressionsverfahren. Diese Fälle wurden als „unverdient“ betrachtet. Nur acht von 320 DCS-Fälle wiesen einen GF auf, der >1 war, d. h. nur 2,5% der Fälle wären von dem zugrunde liegenden Algorithmus „vorausgesagt“ worden. Interessant ist, dass bei allen acht entweder schnelle oder langsame Gewebe beteiligt waren. Diese Ergebnisse zeigen, dass noch mehr wissenschaftlich untersucht werden muss und dass das Problem, wie oben beschrieben, stärker aus physiologischer Sicht betrachtet werden muss.



Nächste Schritte

Immer mehr Daten werden gesammelt und DAN Europe hat eine Reihe von Projekten geplant, in deren Rahmen die Arbeit, die mit dieser Studie begonnen wurde, fortgesetzt werden soll. Außerdem ist geplant, mehr „technische“ Daten zu sammeln, bei denen auch Heliumgemische und Rebreather berücksichtigt werden. Des Weiteren soll die Datenbank erweitert werden und auch Freitaucherdaten mit aufnehmen. DAN wird bald neue Softwareinstrumente auf den Markt bringen, die es den Taucher erleichtern wird, sich an der Sammlung von Daten zu beteiligen.



^[1] Die jüngsten Hypothesen postulieren, dass Inertgasblasen zellvermittelte Mechanismen auslösen können, die DCS einer entzündliche Erkrankung gleichstellen ([Thom et al., 2015](#)). Diese Hypothesen deuten darauf hin, dass das Auftreten von „stillen Blasen“ und weitere Risikofaktoren, die mit einer Zunahme der Blasenbildung und DCS korrelieren könnten, eine nähere wissenschaftlichen Untersuchung enwert sind.

Über den Autor

Michael ist preisgekrönter Journalist und Technikexperte. Er schreibt schon seit Jahrzehnten über das Thema Tauchen und die Technik beim Tauchen. Er hat den Begriff "technisches Tauchen" geprägt. Seine Arbeiten sind in Veröffentlichungen wie dem Alert Diver, DIVER, Quest, Scientific American, Scuba Times, Sports Diver, Undercurrent, Undersea Journal, WIRED und X-Ray erschienen. Er ist Gründer und Chefredakteur von aquaCORPS und hat dabei geholfen, dass das technische Tauchen nun zum Mainstream des Sporttauchens zählt. Er hat außerdem die ersten Tek, EuroTek und AsiaTek Konferenzen veranstaltet.