

TAUCHEN UND HERZ-KREIS- LAUFSYSTEM

Meeressäugetiere, die auf Nahrungssuche bis zu einigen Kilometern tief tauchen, haben ihr Herz-Kreislaufsystem perfekt auf diese Anforderungen anpassen können. Wir Menschen als Landlebewesen bewegen uns in einem wesentlich dünneren Medium als Wasser, nämlich der Luft und haben daher beim Eintauchen in ein spezifisch schwereres Element (Wasser) beim Tauchen mit veränderten physikalischen Kräften auf das Herz-Kreislaufsystem zu tun.

Ulrike Preiml

Da der Tauchsport nicht nur von gesunden, jungen Individuen betrieben wird, sondern zunehmend auch von älteren Personen, ist bei der Tauchtauglichkeitsuntersuchung ein hohes Augenmerk auf die Leistungsfähigkeit dieses Organsystems zu legen.

Druck unter Wasser: Wie schon in früheren Beiträgen an dieser Stelle erklärt, ändert sich der hydrostatische Druck pro 10 m Wassertiefe um 1 bar. Dazu wird der auf die Oberfläche des Wassers wirkende Luftdruck dazugezählt, wodurch man in 10 m Wassertiefe einen Druck von 2 bar erhält, in 20 m Wassertiefe von 3 bar, usw.

Auftrieb, Archimedisches Prinzip: Jeder Körper, der in eine Flüssigkeit eintaucht, verliert scheinbar soviel an Gewicht, wie die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge wiegt. (Abb. 1) Der Auftrieb beim Eintauchen eines Körpers in eine Flüssigkeit wirkt nun der Schwerkraft entgegen und somit erhält der Taucher das Gefühl von Schwerelosigkeit im Wasser. Herz und Kreislauf sind jedoch daran gewöhnt, das Blutvolumen gegen die Schwerkraft durch den Körper zu pumpen. Beim vollständigen Eintauchen in Wasser wird das Blutvolumen aus der Peripherie nach zentral verschoben, wodurch es zu einer starken Erhöhung der Vorlast kommt. (Abb. 2)

Tauchen und Herz-Kreislaufbelastung: Das Volumen aus dem venösen Gefäßbett strömt Richtung Herz und führt dort zur Dehnung der Vorhöfe und zur Erhöhung des Pulmonaldruckes. In den Vorhöfen wird nun vermehrt das Atrionatriuretische Peptid (ANP) ausgeschüttet und auch ein Signal zur Verminderung des ADH (Antidiuretischen

Hormons) gegeben, um durch vermehrte Diurese der Volumenbelastung entgegenzusteuern. Die erhöhte Vorlast führt auch zu einer Erhöhung des Schlagvolumens (Frank Starling Mechanismus) und somit auch zur Steigerung des Cardiac Outputs.

Periphere Vasokonstriktion: Durch Kälte, den engen Tauchanzug und den von allen Seiten wirkenden hydrostatischen Druck unter Wasser entsteht andererseits auch eine Erhöhung der Nachlast, was insgesamt eine beträchtliche Herzbelastung unter Wasser bedeutet. Über die ventilatorische Lungenbelastung beim Tauchen wurde im letzten Heft (sport- & präventivmedizin, Heft 2/2012, p. 25-29) berichtet. Beide Systeme greifen ineinander, um sportliche Leistungen zu vollbringen.

Tauchreflex: Das Eintauchen des Gesichtes in kaltes Wasser (Abb. 3) bewirkt als Relikt der Evolution über sensorische Afferenzen des Trigemini eine Verlangsamung der Herzfrequenz, die beim Menschen bis zu 30 % des Ruhewertes ausmachen kann, bei Meeressäugern aber enorme Ausmaße erreichen kann, um auf diesem Weg Sauerstoff zu sparen. (Reduktion der HF auf wenige Schläge pro Minute bei Walen, Robben, Delphinen,.....) Diese passagere Bradycardie, verbunden mit einer ausgeprägten Vagusreaktion beim Luftanhalten, wie es beim Apnoetauchen praktiziert wird, führt oft zu Rhythmusstörungen auch bei Gesunden. Diese könnten aber auch eine Reaktion auf die Dehnung der Vorhöfe und Kammern unter der Volumenbelastung sein, oder auch auf Grund der Druckwirkung auf das Reizleitungssystem zustande kommen.

ARCHIMEDES' PRINZIIP
Die Auftriebskraft entspricht dem Gewicht des verdrängten Wassers

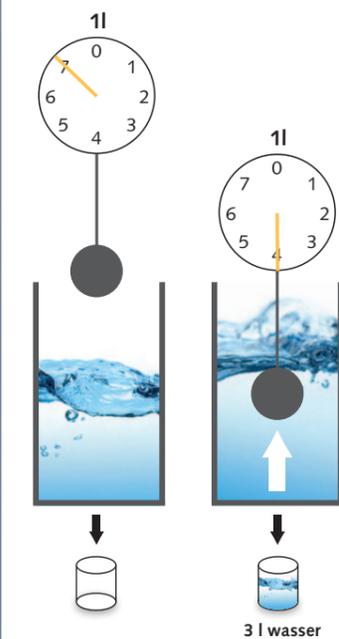


Abb. 1: „Archimedisches Prinzip“

Venöses System: Auf Grund des erhöhten Druckes im Wasser wird der venöse Rückstrom aus der Peripherie begünstigt. Das Wasser wirkt wie ein Kompressionsstrumpf. Es besteht daher keine Kontraindikation für den Tauchsport für Patienten mit Chronisch venöser Insuffizienz (sofern keine Ulcera oder Hautschäden vorhanden sind).

Arteriell System: Patienten mit PAVK ist vom Tauchen abzuraten, da es durch die Kälte und den Druck besonders bei verstärkter Flossenbewegung zu Minderdurchblutung und Schmerzen, beziehungsweise auch Krämpfen im Wasser kommen kann.

KHK: Taucher mit KHK sind nur eingeschränkt bzw. überhaupt nicht tauchtauglich. Die periphere Vasokonstriktion im kalten Wasser, die Erhöhung der Vorlast und Nachlast, sowie die möglicherweise erforderliche sportliche Leistung beim Schwimmen gegen eine Strömung können einen AP Anfall, bzw. einen Myokardinfarkt unter Wasser auslösen.

Herzinsuffizienz: Die oben beschriebenen Mehrbelastungen (Druck- und Volumenbelastung) des Herzens unter Wasser erlauben keine Freigabe zum Tauchen bei Patienten mit Herzinsuffizienz.

Hypertonie: Durch Vasokonstriktion kann es zu beträchtlicher Blutdrucksteigerung kommen. In jüngster Zeit gab es vermehrt Fallberichte von Tauchern, die anamnestisch unter Hochdruck litten und die schon nach kurzer Zeit beim Tauchen ein biswei-

len letal ausgehendes Lungenödem unter Wasser erlitten. Patienten mit Hochdruck sollten nur tauchen, wenn sie sehr gut eingestellt sind und auch in der Ergometrie unter Belastung eine regelrechte Blutdruckadaptation zeigen. Das erhöhte Risiko für ein Lungenödem ist jedoch mit dem Taucher zu besprechen, da noch nicht alle Aspekte für dieses Phänomen geklärt sind. Die Hypertonie dürfte aber eine maßgebliche Rolle spielen. Problematisch in diesem Zusammenhang wäre auch eine Betablocker-Medikation, da diese Stoffgruppe einerseits negativ inotrop wirkt und damit leistungshemmend, wenn in Notsituationen körperliche Leistung verlangt wird (Schwimmen gegen Strömung und Wellen, Retten eines verunglückten Tauchpartners,). andererseits aber auch eine obstruktive Wirkung auf die Bronchien nicht ausgeschlossen werden kann. Selektive Beta 1 Blocker sind hier vorzuziehen, bzw. wäre eine Medikation mit ACEI oder ARB überhaupt das Mittel der ersten Wahl.

Status post Myokardinfarkt (MI): Tauchen nach Herzinfarkt ist immer wieder ein Thema in der Praxis, da ältere, oft sehr geübte Taucher nach einem solchen Ereignis wieder ihre Sportart betreiben möchten und eine Tauchtauglichkeit attestiert haben wollen. Vorausgesetzt der Patient ist 12 Monate nach dem Myokardinfarkt in der Ergometrie voll leistungsfähig (wünschenswert > 110% vom Normwert), hat keine Rhythmusstörungen, eine normale EF, keine Zeichen von AP oder HI unter Belastung, so kann er (vorzugsweise nicht in eiskalten Gewässern) wieder tauchen.

Die Einschränkung durch die meist vorgegebene Betablocker-Medikation ist mit dem Patienten zu besprechen. Gleiches gilt für Patienten nach Stent oder PTCA oder ACBP. Cardiomyopathien: Patienten mit obstruktiver oder dilatativer CMP sind nicht tauchtauglich!

Schrittmacher und Tauchtauglichkeit: Sofern der Patient in der Lage ist, auf körperliche Anforderungen mit einem Anstieg der HF zu antworten, wäre theoretisch ein Tauchen möglich, sofern der Schrittmacher drucktauglich ist! Dies ist mit der Herstellerfirma im Einzelfall zu klären! Selbst dann wäre die Sinnhaftigkeit des Risikos der Schädigung und des Ausfalls des PM in Relation zum Sporterlebnis zu bedenken! Auf jeden Fall sollte nur in geringen Tiefen getaucht werden, um einen Sicherheitsabstand zur Druckfestigkeit zu haben, die der Hersteller garantiert. Patienten mit ICDs sind selbstverständlich NICHT tauchtauglich, da auch eine kurze Bewusstlosigkeit, wie sie beim Schock entstehen kann, potentiell tödliche Folgen unter Wasser haben kann.

Vorhofflimmern und Tauchen: Die Erhöhung der Vorlast könnte für die flimmernden Vorhöfe und unregelmäßig sich füllenden Kammern ungünstige hämodynamische Auswirkungen haben. Die Frage der Leistungsfähigkeit spielt ebenfalls eine große Rolle. In der Regel sind diese Patienten auch antikoaguliert, was zwar kein absolutes Hindernis für das Tauchen darstellt, aber doch auch zu bedenken ist. Sehr oft sind diese Patienten auch Hypertoniker (s.o.). Die Tauch-

tauglichkeit ist sehr sorgfältig und eher sehr zurückhaltend zu beurteilen. Selbst eine gute Leistungsfähigkeit bei der Ergometrie schließt nicht aus, dass die vermehrte Volumenbelastung unter Wasser zur Herzinsuffizienz führen könnte!

HERZRHYTHMUSSTÖRUNGEN UND TAUCHEN:

WPW Syndrom: ist kontraindiziert und sollte durch Ablation korrigiert werden
Long QT Syndrom und Brugada Syndrom: Absolute Kontraindikation (ICD!)
AV Block I: bei guter Leistungsfähigkeit und ohne höhere Blockierung während der Ergometrie: tauchtauglich
AV-Block II: Typ Wenckebach: bei adäquater Frequenzanpassung (Sinusrhythmus unter Belastung) tauchtauglich
Typ II Mobitz und AV-Block III: nicht tauchtauglich
Sick Sinus Syndrome (SSS): nicht tauchtauglich
Supraventrikuläre Extrasystolen (SVES): tauchtauglich, jedoch engmaschige Kontrollen, da es mit der Zeit manchmal in ein Vorhofflimmern übergeht.
Ventrikuläre Extrasystolen (VES): bei zunehmendem Auftreten während der Ergometrie ist eine Abklärung Richtung KHK indiziert. Couplets, Triplets und Ventrikuläre Runs sind eine Kontraindikation für das Tauchen beziehungsweise Indikationen für eine Koronarangiografie und/oder rhythmologischen Untersuchungen.
Offenes Foramen Ovale (PFO = Patent Foramen Ovale) und Tauchen: (Abb.: 4) Dieses Thema ist ein „heiß“ diskutiertes Kapitel auf tauchmedizinischen Kongres-

sen. In den letzten Jahren hat sich jedoch innerhalb der Tauchmedizinischen Gesellschaften folgendes Vorgehen herauskristallisiert:

Da man davon ausgehen muss, dass etwa 25% aller Taucher ein PFO haben, aber nicht 25% einen Tauchunfall im Sinne einer arteriellen Gasembolie erleiden und es unmöglich ist, jeden Taucher auf ein PFO zu screenen, wird empfohlen sogenanntes „low bubble diving“ zu praktizieren: z.B.:

- als Atemgas NITROX 32/68 verwenden, um möglichst wenig N2 Mikrogasblasen zu bilden
- genügend lange Oberflächenzeiten einhalten = 3 Stunden zwischen den Tauchgängen, um den Stickstoff abatmen zu können
- maximal 2 Tauchgänge pro Tag
- Anstrengungen und Pressen unter Wasser vermeiden
- nicht mir schwerem Gerät eine Leiter hochklettern

Berufstaucher, die natürlich in Ausübung Ihres Berufes sich nicht an diese Vorgaben halten können, sollten daher sehr wohl zur eigenen Sicherheit auf ein PFO untersucht werden. Obwohl die Tauchlehrer gewerberechtlich nicht in diese Gruppe fallen, wäre auch Ihnen dringend zu raten, sich diesbezüglich untersuchen zu lassen. Sie müssen auf den Tauchbasen oft 4 Mal und öfter am Tag tauchen und das manchmal ohne tauchfreie Tage in der Woche und haben nach den Tauchgängen oft noch die Tauchflaschen vom Boot zu schleppen. Einige Tauchunfälle mit AGE bei Tauchlehrern (eigene Beobachtungen) bestätigen dies.

HERZ-KREISLAUF-MEDIKAMENTE UND TAUCHEN:

Betablocker: s.o.
ACEI, ARB: keine Einschränkungen
Diuretica: Tauchen macht per se schon Diurese, so dass es hier zu verstärkenden Wirkungen kommen wird, die zu bedenken sind.
Antiarrhythmica: Es gibt leider keine Studien, die in größerer Fallzahl die Wirkung von Antiarrhythmica unter Wasser untersucht haben. Daher können nur theoretische Überlegungen zu Pro und Contra herangezogen werden. Die proarrhythmogene Wirkung dieser Stoffgruppe ist auch zu bedenken. Dies gilt auch für Medikamente, die am AV Knoten ansetzen: Digitalis, Isoptin, Flecainid, ua. Hier sind individuelle Lösungen zu finden: z.B. Tauchen mit Tiefenlimits von 10 m.

UNTERSUCHUNGEN FÜR DIE TAUCHTAUGLICHKEIT BEZOGEN AUF FRAGESTELLUNGEN DES HERZ-KREISLAUFSYSTEMS:

Auskultation, RR, EKG in Ruhe, eine Ergometrie sollte bei allen Probanden mit cardialer Anamnese oder auch nur Hypertonie alleine, bei Risikofaktoren in der Familienanamnese, Hyper- und Dyslipidämie, Diabetes mellitus usw. durchgeführt werden. Bei allen Fragestellungen hinsichtlich Leistungsfähigkeit (z.B. nach Erkrankungen oder bei Trainingsmangel) ebenfalls. Echocardiografie bei Vitien und anderen Fragestellungen. TEE (transösophageale Echocardiografie) plus „bubble test“ bei Verdacht auf PFO mit Rechts-Links-Shunt Herz-Lungenröntgen, ev. BNP Bestimmung Die Ergometrie ist wichtig, um die Leistungsfähigkeit zu ermitteln und bedarf der Ausbelastung des Probanden, um eine Verminderung der Koronarreserve zu finden. Das Erreichen der errechneten Maximalen Herzfrequenz ist ebenso wenig ein Abbruchkriterium, wie das Erreichen der 100%igen Leistungsfähigkeit!

ZUSAMMENFASSUNG:

Verglichen mit Sportarten an der Luft, ist beim Tauchen die Belastung des Herz-Kreislaufsystems durch physikalische Kräfte unter Wasser beträchtlich, so dass nur wirklich leistungsfähige und Herzgesunde den Tauchsport betreiben sollten. Eine sorgfältige Tauchtauglichkeitsuntersuchung, die das Herz-Kreislaufsystem genau unter die Lupe nimmt, ist unabdingbar.

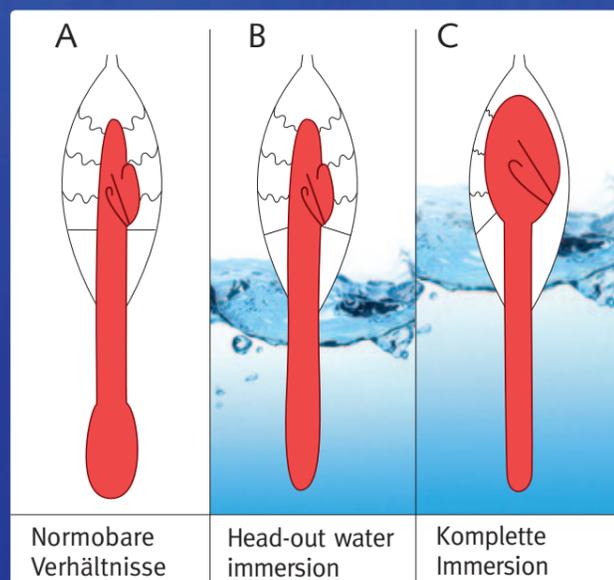


Abb. 2: Verschieben des Blutvolumens bei Immersion und Submersion

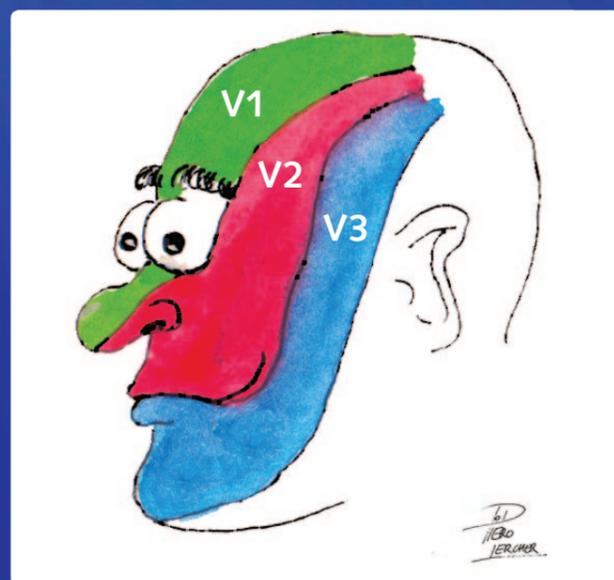


Abb. 3: Versorgungsgebiet des Trigeminus, sensible Afferenzen

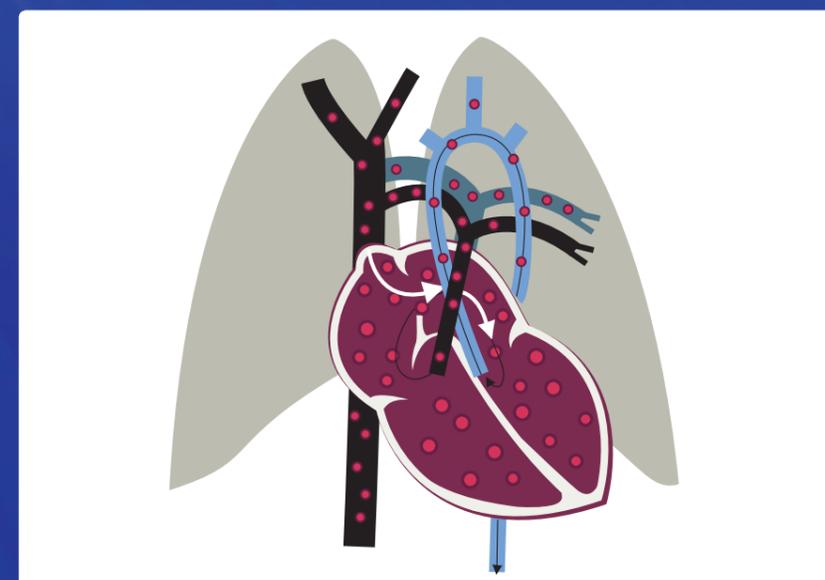


Abb. 4: Offenes Foramen Ovale und Rechts-Links-Shunt für N2-Mikrogasblasen beim Tauchen