

6. LÖLLGEN, H., G. von NIEDING und R. HORRES: Hämodynamik und respiratorischer Gasaustausch bei Immersion bis zum Hals. In: Tauchmedizin (GERSTENBRAND/LORENZONI/SEEMANN Hrsg.). Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei, Hannover 1981
7. RÖSSLE, R.: Ursache und Folgen der arteriellen Luftembolien des großen Kreislaufes. Virchows Arch. 314 (1944) 511 - 533
8. RÖSSLE, R.: Über die Luftembolie der Kapillaren des großen und kleinen Kreislaufes. Virchows Arch. 313 (1944) 1 - 27
9. SCHMIDT, R. F., und G. THEWS: Physiologie des Menschen. Verlag Springer, Berlin - Heidelberg - New York 1983
10. SCHWEITZER, W. E.: Überdehnung der Lunge - Pathogenese und Therapie. In: Tauchmedizin 2 (GERSTENBRAND/LORENZONI/SEEMANN Hrsg.) Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei, Hannover 1983
11. SEEMANN, K., und A. WANDEL: Der Tauchunfall mit Überdehnung der Lunge und Luftembolie. Münch. med. Wschr. 42 (1967) 2168 - 2175
12. STEGMANN, Th.: Koronare und zerebrale Luftembolie. Fortschr. Med. 102 (1984) Nr. 21

DIE PROBLEMATIK DES APNOETAUCHERS AUS NEUROLOGISCHER SICHT

THE PROBLEMS OF APNOEIC DIVING
FROM THE NEUROLOGICAL ASPECT

von

F. GERSTENBRAND, A. K. PALLUA und L. SALTUARI

EINLEITUNG

Das Apnoetauchen ist die älteste Form des Tauchens und auch die einfachste und damit die am wenigsten kontrollierbare. Es kann jederzeit ohne Inanspruchnahme von Tauchhilfen, die eine Verlängerung des Aufenthalts unter Wasser ermöglichen, durchgeführt werden.

Im allgemeinen versteht man unter Apnoetauchen all jene Tauchformen, die ohne technische Hilfsmittel den Aufenthalt unter Wasser ermöglichen. Durch die Menge des Sauerstoffvorrats, den der Taucher vor dem Tauchgang aufnimmt, ist die Tauchzeit auf wenige Minuten begrenzt.

Zwei Formen des Apnoetauchens sind zu unterscheiden, und zwar das Streckentauchen und das Tieftauchen. In beiden Fällen kann aufgrund der physiologischen Verhältnisse die 3-Minuten-Grenze auch beim durchtrainierten Taucher kaum überschritten werden. Aufgrund dieser Tatsache sind die Tauchtiefen und die Tauchlängen absolut begrenzt. Der Weltrekord für Apnoetauchen als Tieftauchen wurde von MAJOLL und MAJORKA mit 94 bzw. 96 m aufgestellt (1979). Diese extremen Tauchtiefen sind nur mit Hilfe von Gewichten und jahrelanger physischer und psychischer Vorbereitung möglich. Die Angaben über Streckentauchversuche und Längen beim Streckentauchen variieren oft beträchtlich, liegen aber in Maximalfällen bei 300 m. Beide Extremwerte des Tieftauchens und des Streckentauchens sind nur durch entsprechendes Aufbautraining möglich geworden.

Während der Badesaison kann man immer wieder an Gewässern und in Badeanstalten vorwiegend Jugendliche beobachten, die mit untauglichen Methoden Tief- und Streckentauchen wagen, die ihre physiologischen Möglichkeiten überschreiten und schwere Unfälle, in einigen Fällen sogar den Schwimmbadtod zur Folge haben.

PHYSIOLOGISCHE MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DES APNOETAUCHENS

Unter Apnoe versteht man das willkürliche oder unwillkürliche Aussetzen der Atmung. Die maximale Dauer einer willkürlichen Apnoe ist individuell unterschiedlich und variiert von 40 s bis 40 min. Abhängig ist diese Zeit von der pulmonalen Kapazität, der Sauerstoff- und Kohlendioxidsättigung im Blut, dem Sauerstoffverbrauch während der Apnoe und der Toleranz für eine Hyperkapnie, die durch Training deutlich verschoben werden kann. Der Sauerstoffverbrauch unter Apnoe ist abhängig von der zu leistenden Arbeit, der Umgebungs- und Körpertemperatur, der Toleranz der Chemorezeptoren, die mit dem Atem- und Vasomotorenzentrum in enger Wechselbeziehung stehen, und von psychischen Faktoren, z. B. Angst oder Panikreaktion. Die Unterbrechung der Apnoe tritt durch den Zwang zum Einatmen ein, wenn der arterielle Sauerstoffdruck im Blut unter 30 Torr und der Kohlendioxid-Druck über 60 Torr sich verändern, ebenso wenn das Lungenvolumen (Vitalkapazität) erschöpft ist. Durch Hyperventilation kann die Apnoe bis zu 50 % verlängert werden.

Durch bewußte Beeinflussung der Atmung kann es zu einem weiteren Sauerstoffdruckabfall und damit zum Sauerstoffmangel, einer Hypoxie, kommen. Ein isolierter Sauerstoffmangel führt zur Bewußtlosigkeit, ohne daß vorher ein imperativer Zwang zur Unterbrechung der Apnoe auftritt.

Bei der willkürlichen Hyperventilation wird nicht vermehrt Sauerstoff aufgenommen, sondern vermehrt Kohlendioxid abgeatmet, so daß die Kohlendioxidspannung im Blut auch bei sinkender Sauerstoffkonzentration im Blut nicht so stark ansteigt, daß die Chemorezeptoren, die auf die Kohlendioxidspannung empfindlich reagieren, verspätet das Signal zur Inspiration an das Atemzentrum weitergeben. Die Folge davon ist das Auftreten einer plötzlichen Bewußtlosigkeit ohne vorhergehende Atemnot. In der Folge tritt dann der Ertrinkungstod ein, da, zeitlich verzögert, das Atemzentrum durch ein Nachhinken der Kohlendioxidspannung zur imperativen Inspiration zwingt. Dieser Pathomechanismus ist die Ursache des Schwimmbad-Black-out's, der zahlreiche Unfälle, vor allem in Badeanstalten, verursacht.

Im Rahmen der Hyperventilation treten eine Kreislaufhypotonie, eine Alkalose und eine Herabsetzung der Hirndurchblutung durch reflektorische Vasokonstriktionen der zerebralen Arterien auf. Die Hyperventilationstetanie ist mit einer Bewußtlosigkeit, die plötzlich auftritt, vergesellschaftet, die unter Wasser dem Taucher zum Verhängnis wird. Wird der Bewußtlose rechtzeitig innerhalb einer Minute aus dem Wasser geborgen, so setzt an der Luft die Atmung spontan ein, das Bewußtsein kehrt rasch zurück, und es ist in den meisten Fällen mit einer absoluten restitutio ad integrum zu rechnen.

Sehr häufig ist mit der Hyperventilation, ob sie nun bewußt oder unbewußt betrieben wird, die sogenannte Preßatmung während des

Tauchgangs zu beobachten. Zu einem Preßdruck kommt es, wenn im Rahmen eines Apnoetauchgangs vermehrte Arbeitsleistung gefordert wird, wie Ablösen von Korallen, Aufheben bzw. Lockern von schweren Gegenständen, z. B. Anker etc. Aufgrund der Kreislaufumstellung kommt es nach Beendigung des Preßdrucks nach einem Blutdruckabfall zum Blutdruckanstieg. Bei jugendlichen und Hypotonikern bleibt häufig dieser Blutdruckanstieg nach Preßdruck aus, und es kommt zum Kollaps. Wird der Taucher nicht rechtzeitig aus dem Wasser geborgen, kommt es zum Ertrinkungstod.

Beim Tieftauchen in Apnoe tritt eine Bewußtlosigkeit durch Hypoxie erst beim Auftauchen ein. Die Tauchtiefe ist durch den Druck auf den Gesamtorganismus, insbesondere aber auf den Thorax begrenzt.

Werden Bewußtlose rechtzeitig geborgen, kommt es reflektorisch nach Hypoxie zu einer Hyperämisierung durch vermehrte Durchblutung der Hirnbasisgefäße, so daß eine massive Schädigung des Kortex meistens nicht beobachtet wird. Trotz allem können kurzfristige neurologische Ausfälle im Sinne einer transitorisch-ischämischen Attacke bzw. drop-attacks bei einer vertebro-basillären Insuffizienz beobachtet werden.

Die häufig beschriebenen Krampfanfälle können prinzipiell in zwei Gruppen eingeteilt werden:

1. die Hyperventilationstherapie,
2. die durch Hyperventilation ausgelösten zerebralen Konvulsionen im Sinne eines generalisierten zerebralen Anfalls.

Bei der Hyperventilationstherapie kommt es zu einer sehr raschen restitutio. Bei der durch Hyperventilation induzierten zerebralen Konvulsion ist sehr häufig nach dem generalisierten Anfall eine längerwährende Erschöpfungsphase mit Dämmerzustand zu beobachten. In beiden Fällen, wenn es unter Wasser zum Krampfanfall kommt, ist der Taucher höchst gefährdet und muß rasch geborgen werden.

KLINISCHE ZUSTANDBILDER

Aufgrund der vorerwähnten pathophysiologischen Möglichkeiten können folgende neurologische Symptome erwartet werden:

- Akute Bewußtlosigkeit ohne neurologische Spätsymptomatik.
- Akute Bewußtlosigkeit mit anschließender persistierender neurologischer Symptomatik im Sinne von transitorisch-ischämischen Attacken.
- Drop-attacks im Rahmen einer vertebro-basillären Insuffizienz.
- Auftreten von Krampfanfällen im Rahmen von
 1. Hyperventilationstetanie, die ohne neurologische Restsymptomatik restituiert;
 2. zerebralen Konvulsionen im Sinne von generalisierten zerebralen Anfällen nach Hyperventilation und Preßatmung.

- Auftreten von lokaler Herdsymptomatik im Sinne von transitorisch-ischämischen Attacken oder einer kurzfristigen zerebralen Dysfunktion nach massivem Blutdruckabfall.
- Auftreten von spontanen Subarachnoidalblutungen nach Blutdruckkrisen (zwei beobachtete Fälle in Tirol, die jedoch nicht unbedingt in Kausalität zum Apnoetauchen gesetzt werden können).
- Auftreten eines Glottiskrampfes nach Inspiration - vagovasaler Reflex -, der oft mit Bewußtlosigkeit einhergeht.

Als Spätfolgen nach Apnoetauchen wird einerseits eine Polyneuropathie, andererseits eine diffuse Großhirnschädigung aufgrund der rezidivierenden Hypoxien angegeben; häufig betroffen sind davon Perlen- oder Korallentaucher. In unseren Breiten wurden diese Spätfolgen nicht beobachtet.

Schlußendlich müssen noch traumatisch bedingte neurologische Ausfälle erwähnt werden. Sehr häufig ist dabei das Schleudert trauma der HWS beim Sprung ins selchte Wasser oder bei Kollisionen unter Wasser zu erwähnen. Akute subdurale und epidurale Hämatome treten bei massivem Schädel-Hirntrauma auf. Spinale Läsionen sind in der Folge von Wirbelsäulenverletzungen beobachtet worden. Läsionen peripherer Nerven und Plexusläsionen (vorwiegend Armplexus) werden vor allem bei Sprüngen ins Wasser ohne Sicht (Pfähle, Taue etc.) beobachtet.

ZUSAMMENFASSUNG

Es muß festgestellt werden, daß das Apnoetauchen aus neurologischer Sicht kein ungefährlicher Sport ist, da vor allem eine breite Information in der Bevölkerung über das Apnoetauchen fehlt. Unsere Forderung ist dahingehend, daß der Sportarzt, der Sportlehrer und die Erziehungspersonen, die Kinder und Jugendliche in Schwimmen und Apnoetauchen unterrichten, über die Gefahren und die physiologischen Grenzen beim Apnoetauchen informiert sind und diese Information an die zu Belehrenden weitergeben.

SUMMARY

It is established that apnoeic diving is not a sport without danger from a neurological point of view, especially as the general public is poorly informed about this subject. We demand that the sports doctor, sports teacher or other persons responsible for instructing children and teenagers in swimming and apnoeic diving themselves be well-informed of the dangers and physiological limits and that they pass this information on to their pupils.

SCHRIFTTUM

1. BENNETT, P. B., and D. M. ELLIOTT (eds): Physiology and medicine in diving and compressed air work. Williams and Wilkins, Baltimore 1975
2. BUCKLITSCH, W., K. PFEIFER und H. PADEL: Medizinische Probleme des Tauchens. Deutscher Militärverlag 1975
3. EHM, O. F., und K. SEEMANN. Sicher tauchen! A. Müller, Rüschiikon/Zürich - Stuttgart - Wien 1965
4. FISHER, R. S.: Immersion Injury and drowning, Harrison's principles of Internal medicine, 8th ed. 1977
5. SALZMAN, H. A., et al.: Effects of pressure on ventilation and gas exchange in man. J. appl. Physiol. 30 (1971) 13
6. SEEMANN, K.: Sporttauchen. Hinweise und Ratschläge eines Taucherarztes. Dtsch. Ärztebl. 29 (1978) 1701 - 1794
7. U.S. NAVY DIVING MANUAL, Nav. Ship: 0994-001-90010. Washington: Navy Department (1973)

TAUCHMEDIZIN 3

Mit der Häufigkeit des Tauchens nehmen auch Unfälle und Gesundheitsstörungen beim Tauchen zu. Damit gewinnt die Verantwortlichkeit des Arztes bei Ausstellung von Tauchtauglichkeitsattesten zunehmend an Bedeutung. Einer der Schwerpunkte des 3. Tauchmedizinischen Symposiums ist die zivil- und strafrechtliche Arzthaftung bei der Bescheinigung der Tauchtauglichkeit.

Weiteres Hauptthema ist die Zweckmäßigkeit der Druckkammerbehandlung, insbesondere der hyperbaren Oxygenation bei verschiedenen Erkrankungen. Während sie bei der Dekompressionskrankheit und dem Gasbrand unbestritten ist, beim Hörsturz und beim akustischen Trauma hilfreich sein kann, konnte sie bei der multiplen Sklerose die in sie gestellten Erwartungen nicht erfüllen. Darüber wurde in mehreren kontrollierten Studien referiert, so daß bei den Patienten nicht falsche Hoffnungen geweckt werden und der Öffentlichkeit durch unzweckmäßige Behandlungen keine unnützen Kosten entstehen.

Mit der Dokumentation aller Vorträge wurde ein aktueller Querschnitt durch die verschiedensten Sparten der Tauchmedizin gegeben. Darüber hinaus wurde auch über den technischen Fortschritt, insbesondere die Entwicklung von Tauchsimulatoren berichtet.

ISBN 3-87706-092-7

Hrsg. Gerstenbrand / Lorenzoni / Seemann

TAUCH 3 MEDIZIN

*Tauchtauglichkeit
Klinische Untersuchungen
Kompression – Dekompression
Dekompressionstrauma*

schlütersche
Verlagsanstalt und Druckerei