

Tauchmedizin 3

Tauchtauglichkeit
Klinische Untersuchungen
Kompression – Dekompression
Dekompressionstrauma

Kongreßbericht
3. Symposium für Tauchmedizin
12. und 13. Oktober 1984
Medizinische Hochschule Hannover

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zum Geleit (K. SEEMANN)	1
 <i>Pathomorphologie/Pathophysiologie</i>	
E. TUTSCH-BAUER, W. EISENMENGER, H. D. TRÖGER und R. URBAN Möglichkeiten und Grenzen der pathologisch-anatomischen Untersuchung zur Aufklärung des Todes beim Tauchen	3
K. RICHTER und P. SCHÖNHÖFER Experimentelle Dekompressionskrankheit Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen	8
B. BRINKMANN, G. FECHNER, und K. PÜSCHEL Schädigungsmuster am Lungenparenchym bei Wasserrespiration	28
R. FRITSCH, C. HENSSGE und B. BRINKMANN Zur Pathophysiologie der experimentellen Wasserrespiration	35
 <i>Experimentelle Untersuchungen</i>	
H. LAMM, E. LEHNHARDT und K. LAMM Instrumentelle Perforation der Fenestra rotunda cochleae — Eine tierexperimentelle Studie mittels Elektrokochleographie und ERA zum Barotrauma des Innenohrs	41
W. KAISER und H. von der LIETH Hyperbare Oxygenation bei Verbrennungen im Tierexperiment	51
 <i>Arzthaftung/Tauchtauglichkeit</i>	
G. FECHNER und K. PÜSCHEL Ursache und Umstände tödlicher Tauchunfälle	60
R. URBAN, H. D. TRÖGER, W. EISENMENGER und E. TUTSCH-BAUER Der Tod beim Tauchen — Rechtsmedizinische Kasuistik zur strafrechtlichen Haftung des Taucharztes	68
K. VOGEL Tauchereignungsprüfung und Arzthaftungspflicht	74
H. D. TRÖGER und R. URBAN Anforderungen an das ärztliche Attest zur Tauchtauglichkeit aus rechtli- cher Sicht	80
P. HAFERMANN, P. E. NOWACKI, A. KERN und G. H. MÜLLER Körperliche und biologische Leistungsfähigkeit von Sporttauchern	86

U. JOST Verlaufsbeobachtungen bei der Tauchertauglichkeitsuntersuchung von Rettungstauchern über 10 Jahre	100
---	-----

Klinische Untersuchungen

R. KESSEL, M. REYES und G. PRAML Untersuchungen zur kardio-zirkulatorischen Beanspruchung durch 1,0 bar Überdruck	108
I. ROSZAHEGYI Die Lokalisation der dysbaren chronischen Osteoarthropathie	115
I. ROSZAHEGYI und J. LANG Über die Asymmetrie der Läsion des Gehörnerven durch Dekompressionstrauma	120
K. SEEMANN und E. LORENZONI Zur Differenzierung von Querschnittsyndromen unter besonderer Berücksichtigung des Dekompressionstraumas	125

Apparative Untersuchungen

F. GERSTENBRAND, L. SALTUARI und A. PALLUA CT- und MRI-Befunde bei einem Fall nach Dekompressionstrauma mit spinaler Beteiligung	132
K. KOPPENHAGEN, S. JOHN, A. SCHOLZ, M. MATTHES, U. PAULICH, J. WAGNER, G. von NIEDING, K. PETRUSCHKE, H.-J. WEDELL, J. HARDIECK und J. FRANKE Nuklearmedizinischer Nachweis druckinduzierter Gasembolisation mittels ¹³³ Xenon	138

Kompression/Dekompression

A. A. BÜHLMANN Dekompressionstabellen — Dekompressionscomputer	144
R. KESSEL, G. PRAML und R. MAUERMAYER Untersuchungen zur Dekompressionserkrankung nach Arbeiten in Druckbereichen um 1,0 bar Überdruck	151
W. NÄTSCHER und K. HELMERICH Gasembolien beim raschen Aufstieg nach Kurzauchgängen — Überlegungen zum Partialdruckverhalten im Kreislauf	159
F. GERSTENBRAND, A. K. PALLUA und L. SALTUARI Die Problematik des Apnoetauchers aus neurologischer Sicht	167
U. JOST und N. ZANKER Notfallbeatmung mit dem Lungenautomaten von Preßlufttauchgeräten? ..	172

Technik

P. HAMPE

Gasblasenbildung mit simulierten Tauchgängen auf 18 m Wassertiefe
mit Atemgasgemischen 10 % O₂/90 % N₂ und 100 % O₂ 183

W. LUBITZSCH

Unterwassersimulationsanlagen

— Ein Beitrag zu Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit

beim Unterwassereinsatz des Menschen 189

P. HAMPE

Tieftauchanlage TITAN beginnt ihr Forschungsprogramm

Instrumentierung — Probetrieb — Medizinische Meßeinrichtungen .. 202

K. MATTER

Die Normung von Tauchgeräten 210

Hyperbare Oxygenation — Einführung

D. TIRPITZ

Grenzen der hyperbaren Sauerstoffbehandlung 216

Dekompressionstrauma

G. FREY und L. LAMPL

Stellenwert und Durchführung der hyperbaren Therapie

in der Intensivbehandlung des schweren Taucherunfalls

— Ein Fallbericht 225

S. JOHN, P. CABARROU, R. DENNHARDT, H. D. FUST, G. HAUX, K. KOPPENHAGEN, G. von
NIEDING, J. WAGNER und H.-J. WEDELL

Späte Rekompansionsbehandlung eines Tauchunfalls

mit Tetra- und paraplegischer Symptomatik mittels O₂-N₂-He

unter einem Behandlungsdruck von 9 bar 231

U. van LAAK und W. SIMON

Spätbehandlung bei neurologischer Dekompressionserkrankung 240

HNO-Bereich

K. P. FAESECKE

Spätbehandlung bei Dekompressionskrankheit des Innenohrs 247

M. PILGRAMM, G. FREY und L. LAMPL

Möglichkeiten der hyperbaren Sauerstofftherapie

beim akuten akustischen Trauma 253

M. PILGRAMM, H. LAMM, G. FREY und L. LAMPL

Die hyperbare Sauerstofftherapie bei Hörsturz und Tinnitus 268

L. LAMPL und G. FREY

Multiple anaerobe Hirnabszesse

Hyperbare Oxygenation als Bestandteil der Intensivtherapie 277

Gasbrand

G. FREY und L. LAMPL

Abdomineller Gasbrand nach septisch induziertem Abort

— Erfolgreiche hyperbare Oxygenation 283

D. REIMANN

Zur hyperbaren Oxygenationsbehandlung

bei intrakraniell und fazialem Gasbrand

nach offenem Schädel-Hirn-Trauma an Hand eines Fallberichts 289

Multiple Sklerose

P. HALLER und D. KERN

Zur hyperbaren Oxygenation bei multipler Sklerose

— Ergebnisse einer Pilotstudie an 53 Patienten 305

C. BELLUT und D. TIRPITZ

Wert der hyperbaren Sauerstofftherapie bei Encephalomyelitis disseminata

— Erfahrung an 41 chronisch-progredienten Fällen 314

W. SCHERB, G. FREY, L. LAMPL und J. KNEIP-SCHERB

Multiple Sklerose als Indikation

zur hyperbaren Oxygenationstherapie (HBO)?

Vorläufiger Bericht über einen Vergleich von ACTH-Gabe und hyperbarer

Oxygenation an Patienten mit gesicherter Encephalomyelitis disseminata 320

Autorenverzeichnis 325*Sachverzeichnis* 330

MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN
DER PATHOLOGISCH-ANATOMISCHEN UNTERSUCHUNG
ZUR AUFKLÄRUNG DES TODES BEIM TAUCHEN

POSSIBILITIES AND LIMITS
OF THE PATHOLOGIC-ANATOMICAL INVESTIGATION
TO CLARIFY CAUSE OF DEATH WHILE DIVING

von

E. TUTSCH-BAUER, W. EISENMENGER, H. D. TRÖGER und R. URBAN

E I N L E I T U N G

Wenn einem Symposium für Tauchmedizin ein Themenkreis, der sich mit dem Tod beim Tauchen befaßt, vorangestellt wird, dann soll wohl damit eindringlich darauf hingewiesen werden, daß die Gefahr tödlicher Tauchunfälle zunimmt, da auf der einen Seite gesundheitlich Untaugliche zu diesem Sport drängen, auf der anderen Seite technische Möglichkeiten erschlossen werden, die besondere Belastungen oder Gefahren aufgrund der tauchspezifischen physikalischen und physiologischen Gesetzmäßigkeiten mit sich bringen.

Führt man sich diese Gesetzmäßigkeiten, auf denen das Tauchen mit Hilfsgeräten basiert - wobei im folgenden nur auf das Tauchen mit Preßluftgeräten eingegangen werden soll -, vor Augen, so wird man zwangsläufig auf die Vielzahl von Möglichkeiten aufmerksam, durch die eine Störung des Wohlbefindens beim Tauchen gegeben ist.

Tödliche Tauchunfälle können unabhängig vom Überdruck durch Panik, Unterkühlung, Erschöpfung, Sauerstoffmangel oder auch durch plötzliche Bewußtseinsstörungen wegen vorbestehender Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems oder wegen Eindringens von Wasser in das Mittelohr auftreten. Abhängig vom Überdruck kann es durch Veränderungen der Teildrücke des Atemgasgemisches zu einem Tiefenrausch, einer Oxydose oder auch einer Kohlendioxidvergiftung kommen.

Auslösende Momente für tödliche Tauchunfälle sind demnach vielschichtig, und so ist generell anzumerken, daß beim tödlichen Tauchunfall die Obduktionsbefunde allein selten zu einer befriedigenden Klärung des Geschehens führen können; vielmehr ist gerade hier die Kenntnis einer Krankheitsvorgeschichte, falls vorhanden, sowie der Zeugenbeobachtungen zum Unfallzeitpunkt und des tech-

nischen Zustands der Tauchausrüstung erforderlich, um eine abschließende Stellungnahme abgeben zu können.

BESONDERHEITEN DER OBDUKTIONSTECHNIK

Die Obduktion nach einem tödlichen Tauchunfall muß durch die Pneumothoraxprobe und eine Gasembolieprobe erweitert werden. Pneumothoraxprobe bedeutet, daß nach Präparation der Brustkorbdecken der Brustkorb unter Wasser eingestochen wird, wobei im positiven Fall reichlich Luft aus der Brusthöhle entweicht. Ähnlich wird die Gasembolieprobe durchgeführt, wobei nach Eröffnung des Herzbeutels dieser mit Wasser gefüllt wird und beide Herzkammern unter Wasser eingestochen werden. Eine Gasanalyse kann, falls erforderlich, im Anschluß vorgenommen werden. Die Paukenhöhlen sollten dargestellt werden, auf Schleimhautveränderungen im Magen-Darmtrakt, besonders auf das Vorliegen von Dehnungseinrissen, muß geachtet werden. UNTERDORFER 1975 (2) empfiehlt weiterhin, die Lungen unter Wasser mit Luft zu füllen, um kleine Einrisse des Lungengewebes durch aufsteigende Gasblasen nachweisen zu können.

GRENZEN DER BEFUNDERHEBUNG

Generell kann die Befunderhebung bei der Obduktion nach einem tödlichen Zwischenfall durch folgende Faktoren erschwert bzw. verfälscht werden, wobei gleichzeitig die Grenzen der pathologisch-anatomischen Untersuchung aufgeführt werden sollen:

1. Fäulnisveränderungen nach längerer Liegezeit im Wasser machen den Nachweis einer Gasembolie, eines Pneumothorax, eines Mediastinal- oder Hautemphysems unmöglich. Ferner werden durch die Fäulnis Befunde, basierend auf natürlichen Erkrankungen, zerstört.
2. Wiederbelebungsmaßnahmen, besonders die Herzdruckmassage, verändern die Befunde an den Lungen meist so erheblich, daß die typischen Befunde beim Ertrinken, trockene Blähung der Lungen, das Emphysema aquosum sowie die Paltaufsehen Ekchymosen, nicht mehr zu sehen sind.
3. Bei Bergung des tödliche Verunglückten aus größerer Wassertiefe kommt es postmortal zu dem pathologisch-anatomischen Zeichen eines Dekompressionsunfalls, d. h., durch Senkung des Umgebungsdruckes beim Bergen werden Gasblasen freigesetzt. Die Gasembolieprobe kann positiv ausfallen; perl-schnurartige Veränderungen finden sich im Bereich der Hintergrundarterien, obwohl tatsächlich, wie dann die Vorgesichte und der histologische Befund ergeben, ein Badetod vorgelegen hat (s. Fall 2).

M Ö G L I C H K E I T E N D E R B E F U N D E R H E B U N G

KASUISTIK

In den letzten vier Jahren wurden im Institut für Rechtsmedizin der Universität München fünf beim Sporttauchen mit Preßluftgeräten tödlich Verunglückte obduziert, wobei die Möglichkeiten der Abklärung eines Tauchunfalls bei der Obduktion in Verbindung mit der Vorgeschichte an zwei Beispielen aufgezeigt werden sollen.

Fall 1

Anläßlich des 2. Symposiums für Tauchmedizin wurde dieser Fall von FRINCKEN 1983 (1) unter dem Themenkreis "Psychische Probleme beim Tauchen" schon einmal dargestellt. Da die pathologisch-anatomischen Befunde bei der Obduktion sehr eindrucksvoll waren, soll noch einmal kurz darauf eingegangen werden:

Tauchgang im April 1980 in den Abendstunden im Starnberger See. Der später Verunglückte taucht zunächst mit einem Kameraden auf 30 m Tiefe, dann bis 40 m. In dieser Tiefe verlieren beide durch aufgewühlten Schlamm den Sichtkontakt; nach regulärem Aufstieg findet der eine den anderen mit aufgeblasener Rettungsweste noch nicht bewußtlos an der Wasseroberfläche. Der Verunglückte gibt an, er habe schreckliche Angst gehabt, in der Tiefe zu versinken. Nach Bergung und Notfallbehandlung folgt die Aufnahme im Flugmedizinischen Institut in Fürstfeldbruck, wo es in der Druckkammer sechs Stunden nach dem Unfall zum Tod kommt.

Obduktionsbefund: 27jähriger Mann ohne natürliche innere Erkrankungen mit massivem Hautemphysem im Gesicht und dem Rumpf bis auf die Gliedmaßen reichend; Pneumothorax mit Vorwölbung des Zwerchfells in den Bauchraum links; Pleuraeinriß im linken Lungenunterlappen; ausgedehnte Überdehungsbezirke des Lungenaußenfells; ausschließlich schaumiges Blut im Blutgefäßsystem; perlschnurartige Veränderungen der Venen im Bereich der weichen Hirnhäute.

Todesursache war ein Barotrauma der Lungen. Durch das panikartige Auftauchen mit der Rettungsweste aus 40 m Tiefe mit möglicherweise unterbliebener Ausatmung war es zur Überdehnung der Lunge mit Pleurariß, durch das Einreißen von Gefäßen zu den zentralen embolischen Veränderungen mit einer sich im Laufe der Reanimationsmaßnahmen entwickelnden zentralen Lähmung gekommen.

Fall 2

Im Juli 1981 nimmt ein 22jähriger Schüler, der seit 1979 den Tauchschein A besitzt, an einer Tauchprüfung des Bayerischen Roten Kreuzes teil. In 17 m Tiefe werden drei Taucher über den Grund des Eib-Sees am Fuß der Zugspitze geschleppt. Nach Angaben der Mittaucherin gibt ihr der später Verunglückte Zeichen, daß alles in Ordnung sei und er auftauchen wolle. Als sie nach kurzer Verständigung mit dem dritten Taucher gemeinsam zu dem Schüler hinschwimmt, hat dieser den Atemautomaten nicht mehr im Mund und reagiert nicht mehr. Der Schüler, der in den Schlamm des Seegrunds abgesunken war, wird geborgen und in ein Begleitboot gezogen. An Land wird mit Wiederbelebungsversuchen begonnen, die nach 25 Minuten erfolglos abgebrochen werden.

Die technische Untersuchung der Tauchausrüstung erbrachte lediglich einen leicht erhöhten Atemwiderstand des Lungenautomaten. Zur Vorgeschichte wurde bekannt, daß der Schüler fünf Tage vor dem Unfall mit einer doppelten Dosis gegen Cholera geimpft worden war, zwei Tage nach der Impfung eine Grippe bekommen hatte, die er glaubte, überstanden zu haben, und er darüber hinaus noch Medikamente zur Malariaephyllaxe eingenommen hatte.

Obduktionsbefund: Partielle trockene Überblähung der Lungen; reichlich schaumiges Blut; positive Gasembolieprobe; negative Pneumothoraxprobe beidseits; partielle hämorrhagische Zeichnung der Lungen; keine pathologisch-anatomisch nachweisbaren natürlichen Erkrankungen.

Die wesentliche Problematik, die sich im Zusammenhang mit der medizinischen Klärung des Todes ergab, war die Frage, ob bei dem Schüler ein echtes Ertrinken oder ein Badetod vorgelegen hatte. Charakteristisch für den Badetod ist eine meist sehr rasch und unerwartet eintretende Ohnmacht, bedingt durch funktionelle Organstörungen, die ihrerseits hervorgerufen sein können durch äußeren Reiz der Wassertemperatur, durch kurz vorangegangene oder bestehende Erkrankungen innerer Organe, speziell grippaler Infekte, oder durch vorangegangene erhebliche körperliche Belastungen. Durch solche Störungen der Organfunktionen, speziell des Herzens, wird in der Regel eine Minderdurchblutung des Gehirns provoziert, so daß die Betroffenen lautlos, unerwartet, ohne sogenannten Ertrinkungskampf im Wasser versinken.

Im vorliegenden Fall waren die Befunde durch die ausgedehnten Wiederbelebensmaßnahmen gerade im Bereich der Lunge zweifellos verändert; eine hämorrhagische Zeichnung der Lungen, die zunächst als Ausdruck einer Viruspneumonie gedeutet wurde, ist wohl reanimationsbedingt. Die positive Gasembolieprobe kann als Folge der Bergung aus 20 m Tiefe angesehen werden.

Berücksichtigt man die näheren Umstände des Unglücks, so kommt hier tatsächlich ein Badetod in Betracht. Eine medizinische Erklärung kann in dem vorausgegangenen grippalen Infekt und möglicherweise den Impfungen gesucht werden.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die pathologisch-anatomischen Aufklärungsmöglichkeiten eines tödlichen Tauchunfalls werden durch Fäulnis, Wiederbelebensmaßnahmen und postmortale Bergungsartefakte begrenzt. Die Möglichkeiten der Aufklärung bestehen darin, daß sich bei unverzüglich durchgeführter Obduktion eindrucksvolle, die physiologischen Geschehnisabläufe widerspiegelnde Befunde darstellen lassen. Differentialdiagnostisch kann weiterhin durch die Obduktion abgeklärt werden, ob ein Badetod vorgelegen oder eine natürliche Erkrankung, unabhängig vom Tauchgang, zum Tod geführt hat.

S U M M A R Y

The possibility of the pathological-anatomical clarification of a fatal diving accident is limited by putrefaction, resuscitation measures and post-mortem recovery artifacts. Clarification can be effected by an autopsy

carried out immediately, whose findings can be impressive and very close to the physiological events. Furthermore it can be established whether a "death while bathing" has occurred or a natural disease unconnected with the diving has lead to death.

S C H R I F T T U M

1. FRINCKEN, W. P.: Panik mit Todesfolge - Kasuistik. In: Tauchmedizin 2 (GERSTENBRAND/LORENZONI/SEEMANN Hrsg.). Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei, Hannover 1983, 145 - 152
2. UNTERDORFER, H.: Tödliche Zwischenfälle beim Sporttauchen. Beiträge zur Gerichtlichen Medizin, Wien. 33 (1975) 303 - 307