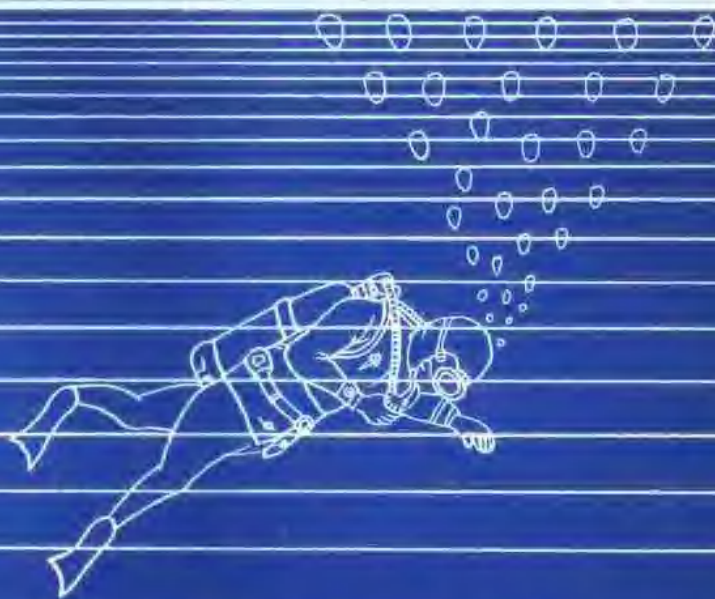


人民军医小丛书

# 潜水疾病与损伤的救治

薛成海



中国人民解放军总后勤部卫生部

1983年 北京

· 人民军医小丛书 ·

# 潜水疾病与损伤的救治

薛成海 编著

中国人民解放军总后勤部卫生部

1983年 北京

## 内 容 提 要

本书是介绍人潜入水中之后，可能遇到的一些医学问题。全书共分四章，对潜水减压病、潜水中气压性损伤、潜水中气体分压改变引起的疾病以及潜水中可能遇到的其它损伤和意外及其防治，从基本原则到具体实施，都进行了较详细的叙述。文字通俗易懂，图文并茂。书后还有附录，可供参考。

本书读者对象为部队一般医务人员，对从事潜水（高气压）作业的有关专业人员，也有一定参考价值。

潜水疾病与损伤的救治

薛成海 编著

尚任编辑 陈 阳

中国人民解放军战士出版社出版发行

中国人民解放军第二〇二工厂印刷

787×1092毫米 32开本 • 7 $\frac{3}{4}$ 印张 • 3张插表 • 165,000字

1983年8月第1版（北京）

1983年6月第1次印刷

## 前 言

我国有一万八千余公里的海岸线，海域辽阔，资源丰富。开发海洋，向大海索宝，建设强大的海军以保卫祖国的安全，是四个现代化建设的重要内容。为此，需要人在水下从事特殊劳动（潜水作业）。例如，进行港口、码头、桥梁、隧道和水库等建设；海难救助，打捞沉船、沉物；海上油田建设；水产养殖、捕捞，以及各种海洋科学考察和研究等。在军事上，修建军港、水下基地和仓库；排除水下障碍物以清理航道；援救失事潜艇并使艇员从水下出艇脱险；战时在水下隐蔽条件下运送“蛙人”突击队，进行水下侦察、爆破和袭击等，这一切，都需要潜水医学的保障。随着我国社会主义建设事业的发展，潜水和潜水医学肩负的任务也将愈来愈重。

人在水中会受到各种不良因素的影响，尽管人们采取了各种防范措施，也难免发生意外，造成疾病和损伤，甚至危及潜水人员的生命。然而，只要掌握了潜水疾病和损伤的发生和发展规律，就能够有效地预防其发生；一旦发生，若能及时、正确地进行诊断和治疗，一般来说，也是可以治愈的。

本书编写目的，在于使部队广大医务工作者了解潜水疾病和损伤的发生和发展过程，初步掌握其临床特点和防治措施，以便在遇到此类疾病和损伤时，能及时作出正确的诊断和处理，避免不必要的伤亡。

本书除介绍潜水中发生的疾病和损伤外，还介绍了与潜水活动有密切关系的其它损伤和意外。至于潜水作业中发生的事故（如放泳、供气中断、水下绞缠等），因其本身并非疾病和损伤，它所引起的严重潜水疾病和损伤在本书有关章节中已分别阐述，故不再专章介绍。

本书在编写过程中，主要参考了第二军医大学海医系、海军医学研究所的有关教材和资料。第二军医大学附属长海医院神经科提供了宝贵的病例照片资料；第二军医大学倪国坛教授、海军医学研究所龚锦涵研究员在百忙中对全文进行了审阅并提出了具体修改意见，在此一并表示感谢。由于作者水平有限，经验不足，书中缺点和错误一定不少，殷切地希望读者批评、指正。

编 者

1982年7月

# 目 录

|                   |      |
|-------------------|------|
| 绪言                | (1)  |
| 第一章 潜水减压病         | (8)  |
| 第一节 发病原理          | (8)  |
| 一、气泡形成的基本原理       | (8)  |
| 二、气泡的致病过程         | (14) |
| 三、影响发病的因素         | (16) |
| 第二节 症状、体征和临床分型    | (18) |
| 一、症状和体征           | (18) |
| 二、临床分型            | (23) |
| 第三节 诊断与鉴别诊断       | (23) |
| 一、减压病的诊断          | (23) |
| 二、减压病的鉴别诊断        | (25) |
| 第四节 急救与治疗         | (26) |
| 一、救治的基本原则和步骤      | (26) |
| 二、加压治疗的方法、要求及注意事项 | (30) |
| 三、加压治疗表及其使用       | (33) |
| 四、辅助治疗            | (38) |
| 第五节 预后            | (43) |
| 第六节 预防            | (45) |
| 第二章 潜水中气压性损伤和挤压伤  | (54) |
| 第一节 肺气压伤          | (54) |

|                      |      |
|----------------------|------|
| 一、发病原理               | (55) |
| 二、发病因素               | (59) |
| 三、症状与体征              | (60) |
| 四、诊断与鉴别诊断            | (61) |
| 五、急救与治疗              | (62) |
| 六、预防                 | (67) |
| 第二节 中耳气压伤            | (68) |
| 一、病因                 | (69) |
| 二、发病原理与症状            | (70) |
| 三、诊断                 | (72) |
| 四、治疗                 | (72) |
| 五、预防                 | (73) |
| 第三节 鼻窦气压伤            | (73) |
| 一、病因与发病原理            | (73) |
| 二、症状与诊断              | (74) |
| 三、治疗与预防              | (75) |
| 第四节 外耳与内耳气压伤         | (75) |
| 一、外耳气压伤              | (75) |
| 二、内耳气压伤              | (76) |
| 第五节 潜水挤压伤            | (77) |
| 一、全身挤压伤              | (77) |
| 二、局部挤压伤              | (85) |
| 第三章 潜水中呼吸气体分压改变引起的疾病 | (87) |
| 第一节 氮麻醉              | (87) |
| 一、氮的麻醉作用             | (88) |
| 二、氮麻醉的原理             | (88) |
| 三、症状与体征              | (90) |
| 四、影响氮麻醉的因素           | (91) |
| 五、治疗                 | (94) |

|                      |        |
|----------------------|--------|
| 六、预防 .....           | ( 94 ) |
| 第二节 氧中毒 .....        | ( 96 ) |
| 一、发病原理 .....         | ( 97 ) |
| 二、病因及影响发病的因素 .....   | ( 99 ) |
| 三、症状与体征 .....        | (100)  |
| 四、急救与治疗 .....        | (102)  |
| 五、预防 .....           | (103)  |
| 第三节 缺氧症 .....        | (104)  |
| 一、潜水中导致供氧不足的原因 ..... | (105)  |
| 二、症状与体征 .....        | (106)  |
| 三、急救与治疗 .....        | (108)  |
| 四、预防 .....           | (109)  |
| 第四节 二氧化碳中毒 .....     | (109)  |
| 一、发病因素 .....         | (110)  |
| 二、发病原理 .....         | (110)  |
| 三、症状与体征 .....        | (112)  |
| 四、急救与治疗 .....        | (113)  |
| 五、预防 .....           | (114)  |
| 第四章 潜水中其它损伤和意外 ..... | (115)  |
| 第一节 海洋动物伤 .....      | (115)  |
| 一、鲨鱼咬伤 .....         | (115)  |
| 二、水母螫伤 .....         | (118)  |
| 三、海蛇咬伤 .....         | (119)  |
| 四、毒鱼刺伤 .....         | (123)  |
| 第二节 水下爆炸伤 .....      | (124)  |
| 一、形成条件 .....         | (124)  |
| 二、发病原理与临床表现 .....    | (125)  |
| 三、诊断与救治 .....        | (128)  |
| 四、预防 .....           | (133)  |

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 第二节 淹溺 .....                       | (134) |
| 一、潜水时发生淹溺的原因 .....                 | (134) |
| 二、发病原理 .....                       | (135) |
| 三、临床表现与诊断 .....                    | (137) |
| 四、急救与治疗 .....                      | (138) |
| 五、预后 .....                         | (141) |
| 附录 .....                           | (143) |
| 一、我队常用的几种潜水表简介 .....               | (143) |
| 二、空气潜水常用的几种减压表及使用说明 .....          | (155) |
| (一) 空气潜水减压表使用说明 .....              | (155) |
| (二) 应急(失事)情况潜水减压表及其使用说明 .....      | (167) |
| (三) 水面减压潜水减压表及其使用说明 .....          | (170) |
| (四) 空气轻潜水减压表 .....                 | (195) |
| 三、潜水常用记录表 .....                    | (196) |
| 表1 潜水记录表 .....                     | (196) |
| 表2 减压病病历记录表 .....                  | (198) |
| 表3 加压治疗记录表 .....                   | (200) |
| 四、潜水中常用的医疗用品 .....                 | (202) |
| 五、介绍两种适用于肺气压伤的人工呼吸法 .....          | (204) |
| 六、吸高压氧时的肺中毒剂量单位检索表及其使用<br>说明 ..... | (205) |

## 绪 言

海洋占地球表面积的71%，在辽阔的海洋里，蕴藏着极为丰富的矿产资源、化学资源、生物资源和能源资源，是一个巨大的宝库。开发海洋，向大海索宝，对人类的未来，将具有十分重要的意义。此外，海中有着高度的隐蔽性，不易被卫星所侦察，可用于军事目的。因此，开发海洋，向海洋深处进军，已成为今日人类的重要课题之一。

然而，水下环境对人来说，毕竟是一个特殊的环境。首先，人在水里不能象鱼那样自由呼吸\*；其次，人类长期以来，已习惯于生活在正常大气压下，而水下是高气压环境\*\*（图1）；此外，水下还存在低温、浮力、阻力等物理因素。这一切，都将影响人体的正常生理机能。人类要开发利用海

\* 水中氧气的含量，随水的深度变化而有所不同。深度愈大，含氧量愈少。此外，人类长期以来习惯于用肺呼吸空气，潜入水中后首先遇到的是呼吸问题。

\*\* 正常大气压力为760mmHg，即每平方厘米面积上承受1kg的力（1kgf/cm<sup>2</sup>），常用1个大气压来表示（潜水中习惯用大气压作为压强的计算单位），这又叫常压。而潜水时，海水深度每增加10m即增加1个大气压，通常称作“静水压”。人要潜入水中，就必须呼吸与所在深度“静水压”相当的压缩气体，才能使机体内外压力达到平衡，以克服静水压的影响，因而，对潜水员来说，在水下是处于高气压环境中。由于这种高气压是在正常大气压基础上附加的压力，故又称“附加压”。常压加上附加的静水压就等于绝对压，常用英文大写字母“ATA”（Atmosphere absolute的缩写）来表示。

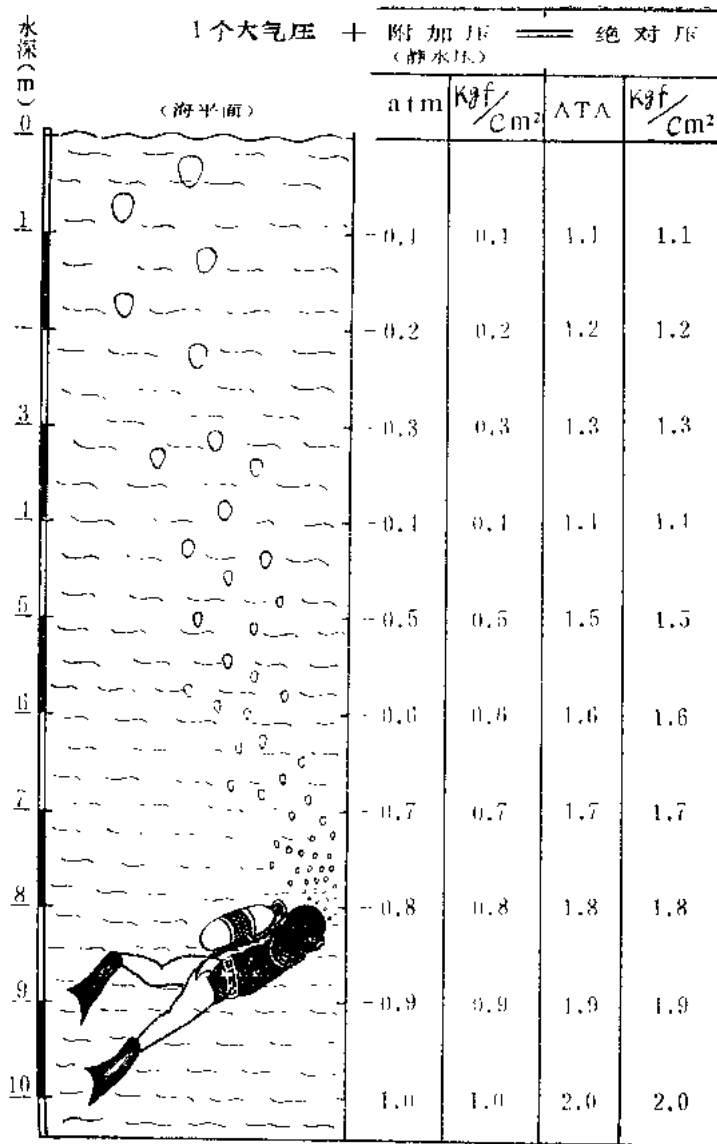


图1 水深同附加压、绝对压的关系

洋，顺利地进入水下世界，就必须借助潜水这一特殊手段和潜水医学的有效保障。

## 一、潜水技术和潜水医学的发展概况

潜水技术和潜水医学的产生和发展，与社会生产力及自然科学的发展密切相关。潜水医学的发展又是和人类潜水活动分不开的。根据考古发现的珍珠饰物来推测，人类早在公元前4,000年左右，就开始有潜水活动。最早的文字记载，见于我国周代（公元前800年左右）。在秦代（公元前300年左右），曾有过上千人次的大规模潜水（当时称“没水”）探摸、打捞活动。此后，利用潜水从事渔业捕捞、水下探摸等活动，在历代史书上也有过记载。明崇祯丁丑年（1637年）出版的宋应星著《天工开物》一书中，对我国南方盛行的潜水采拾珠贝的活动作了详细记载，船上用“长绳”系在“没人”（潜水员）腰上，用“锡造弯环空管”盖住“没人”的鼻孔，使呼吸其中空气。如果“没人”在水中感到“气逼”则“撼绳”，此时水面人员迅速将其“提引”出水，并将蘸热水的细软毛毯（“煮热氈”）立即盖在出水者身上，“缓则寒慄死”。三百多年前的这段生动记述，反映了我国早期潜水技术和潜水医学的水平。那时，人们就已注意解决水下呼吸和防止寒冷影响这两个水下生理的基本问题。但是，由于长期的封建统治和帝国主义的侵略，使这些成就未能得到继承和发展。而在这一时期，西方资本主义国家，在这方面却有了很大发展。到了19世纪末，在常规潜水方面，以解决呼吸问题为主的潜水装具和装备，已基本上具备了现代的规模。尤其是20世纪初，英国著名生理学家何尔登（Haldane）及其同事们，根据潜水实践经验和实验研究资料的总结分析，提出了著名

的何尔登学说，用以说明高压下惰性气体在体内的运动规律，为潜水技术和潜水医学的发展作出了贡献。他的这一学说至今仍为人们所沿用。当前，随着潜水医学、生理学研究的进展，潜水技术有可能向更大深度和在水下停留更长时间的方向发展。应用人工配制的混合气体（如氮氧混合气体）使人可以潜入百米以下的深海；近二十余年来发展起来的“饱和潜水”新技术，使潜水深度有了新的突破，实现了人类在海洋深处长时间“居住”、劳动的愿望。这些重大成就，使潜水技术和潜水医学进入了一个新阶段。

建国以来，我国的潜水技术和潜水医学事业得到了迅速发展。专业机构先后建立，专业队伍日益壮大，技术装备不断更新，各种规章制度也逐步健全起来。在认真吸取国外先进经验的同时，结合我国具体情况，进行了大量研究和实践，总结出许多宝贵的经验。目前正向世界先进水平——大深度饱和潜水迈进，并初步取得了可喜的成绩。

## 二、高压环境对机体的影响

水下是高压环境。高压环境对机体的影响主要有两个方面：一是压力本身对机体的机械作用；二是高压气体各组成成分进入机体内产生的生理生化效应。

### （一）压力的机械作用

在正常情况下潜水，随着深度的变化，压力也不断地改变。就潜水过程来说，从入水下潜至到达水底，然后再返回水面，要经历从常压通过加压到高压，然后经过减压再回到常压的变化过程。在这一过程中，为了保持机体内、外环境之间的压力平衡，必须通过潜水装具，呼吸与变化的环境压力相一致的压缩气体（空气或人工配制的混合气体），才能

保持机体内外压力的平衡，使之免遭压力损伤。但是，如果由于某种原因（从水面快速下潜到水底或从水底快速上升到水面），使外界压力升降过快，或借助呼吸压缩空气以维持机体内外压力平衡的某一环节发生障碍，皆可破坏这一平衡，造成机体生理机能的失调，导致疾病和损伤。

## （二）高压气体的生理生化效应

由于人在水下呼吸压缩气体，尽管气体组成的比例没有变化，但组成气体的分压，却随着潜水深度的加大，呼吸气体总压力的升高而相应增加\*。当氧分压超过2~3ATA时，就可对机体产生毒性作用，使人中毒，而氧分压低于0.16ATA时，就会造成缺氧。当氮分压超过3.2ATA时，将对机体产生麻醉作用。至于在常压下超过一定浓度就对人体有毒害作用的二氧化碳，在高压下其分压亦将相应地增加，对人的危害就更大了。

此外，许多研究结果表明，当呼吸氮氧混合气体进行超过300m的大深度潜水时，即使体内外压力取得了平衡，静水压仍将对机体中枢神经系统产生影响，导致诸如高压神经综合征\*\*等症，近年来已引起人们的注意。

## 三、潜水疾病和损伤防治的重要性

综上所述，为了减少或避免高压环境对机体的不良影

- 
- 根据道尔顿分压定律，混合气体的总压力等于各组成气体分压之和。因此，知道各组成气体在混合气体中所占的容积百分比和气体的总压力，即可求出某一组成气体的分压值。

公式： $P_x$ （组成气体的分压值）=  $P$ （气体总压力） $\times$   $C\%$ （组成气体容积百分比）

例如，在正常大气压下，氧的分压 =  $1 \times 20\% = 0.2ATA$

- \*\* 本病发病机理尚不十分清楚，目前仍处于研究阶段，本文不作专题介绍。

响，除研究并制定相应的规章制度、加强对这方面知识的宣传教育外，还必须对因主观和客观的某种原因而造成的疾病和损伤进行有效的防治。否则，人就不可顺利地潜入水中，并在这一特殊环境里从事有效的劳动，甚至导致人身伤亡的严重后果。

新中国成立后，在党的领导和关怀下，潜水作业的医务保障工作得到了重视，加之潜水装具、装备的不断完善和潜水医学的发展，潜水疾病的发病率逐年下降。就最为常见的减压病来说，据某工程4年间上万人次的潜水作业中统计，减压病的发病率只有0.58%（1980年发病率仅为0.16%）。然而，也应指出，在某些单位，由于缺乏这方面的知识，不重视医务保障工作，不严格执行有关规章制度，致使潜水疾病和损伤的发病率仍较高；因误诊、漏诊而贻误治疗或治疗不当而致残致死者，仍有发生。因此，对潜水疾病和损伤的防治，就成为潜水医学的重要内容，也是保障潜水安全的重要环节。而大力普及这方面的知识，则是达到这一目的不可缺少的措施。

此类疾病和损伤不仅可发生于潜水中，其中某些疾病和损伤，在潜艇艇员脱险、高气压作业以及目前临床应用日益广泛的高压氧治疗中也可发生。平时和战时皆可发生。但战时由于环境复杂、条件恶劣、情况变化快，以及精神紧张、疲劳等因素的影响，定将较平时发生机会要多，更应注意此类疾病和损伤的防治。

潜水疾病和损伤，多数是在不同状态的高气压环境中和呼吸高分压气体的特定条件下发生的，因而具有不同于一般临床疾病的病变过程和治疗原则。对此，必须有充分的认识。根据各单位多年来的经验，总结出一条基本原则：如果

患者有潜水或在高气压下工作史并存在一定的发病因素，无论临床表现如何，首先应想到潜水疾病，并立即采取相应的救治措施。实践证明，只要诊断正确，抢救及时，病情便可迅速好转或消失；反之将难以奏效，轻则使患者长期遭受病痛折磨，甚至留下终身残疾；重则导致死亡。

到目前为止，有些潜水疾病的发病机理尚不十分清楚，对此类疾病诊断的手段还不十分完备，预防和治疗的方法也不够完善。尤其是最近才引起人们注意和重视的一些新问题，如高压神经综合征、加压性关节痛\*、等压气体逆向扩散综合征\*\*等，更有待于进一步研究。随着潜水技术的发展，人在大深度、长时间的暴露中，还将遇到不少更复杂的医学问题。这一切，都是摆在我们面前的艰巨任务，有待于广大潜水医学科学工作者去观察、研究和探索。通过深入研究，反复实践，总结经验，找出规律，为潜水医学和潜水事业作出新贡献。

- 
- \* 加压性关节痛是指机体因加压而引起关节疼痛。多发生在大深度、长时间的潜水(或称饱和潜水)作业中。此病以肩关节疼痛最为多见，一般可自行恢复，并不引起严重后果，减慢加压速度可预防其发生。
  - \*\* 等压气体逆向扩散综合征是指机体在潜水(高气压)条件下，由于呼吸气体中惰性气体的转换(由呼吸氮氧混合气转换为氮氧混合气)，尽管气体压强相等，也将因两种扩散速度不同的惰性气体，在体内外形成相反的压差梯度而作方向完全相反的扩散。这时，扩散速度慢的气体(如吸入体内的氮气)向体外扩散的量小，而扩散速度快的气体(如周围环境中的氦气)扩散人体内的量大，以致在一段时间内，体内两种惰性气体分压之总和，超过了周围环境气压，形成了惰性气体的“逆向扩散过饱和”，这种过饱和达到一定程度，就不可避免地会导致体内气泡的形成或已形成的气泡的增大，从而引起表现于皮肤、前庭器和血管系的症状和体征。这一现象称之为等压气体逆向扩散综合征(IGCDS)。(关于“过饱和”与“气泡形成”的概念，详见本书“潜水减压病”一章)

## 第一章 潜水减压病

潜水减压病是潜水（或高压作业）中较常见的疾病。此病是因机体在高压下暴露一定时间后，回到常压（减压）过程中，外界压力降低幅度过大、速度过快，以致在高压下溶解于体内的惰性气体（如氮气）迅速游离出来，以气泡的形式存在于组织和血管内而引起。

本病常见于呼吸压缩气体进行12m以深的潜水作业而又减压不当时；在12m以浅潜水后减压不当，也有少数发生者。在潜艇艇员水下出艇（艇员脱险或出艇执行任务）、高压作业（沉箱、隧道作业）及高压氧舱内工作时，如果减压不当，都有可能发生此病。

### 第一节 发病原理

关于减压病的病因，曾经有过许多学说，目前公认的是“气泡学说”。也就是说，机体组织和血液中有气泡存在，是引起本病的主要直接原因。但是，本病的发病机理远非如此单纯，某些过程的细节至今仍不十分清楚。本节仅就气泡形成和致病的基本原理及影响致病的因素，作一简要介绍。

#### 一、气泡形成的基本原理

机体内的气泡是怎样形成的呢？这首先还得从呼吸高压