



普通高等教育“十三五”规划教材



潜水医学

DIVING MEDICINE

徐伟刚 主编



科学出版社



普通高等教育“十三五”规划教材

潜水医学

徐伟刚 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书全面介绍了人员暴露于水下高压环境所面临的各类医学问题及应对方法,是对当今国内外潜水和高压医学领域积累的成熟理论知识和实践经验的系统总结。

全书分八篇,共二十八章,针对潜水和高压活动中的“水下环境、气压、减压、气体分压、医学保障、健康维护”六大常规问题及“援潜救生”特殊问题,以模块化的方式展开,系统阐述了潜水和高压物理学、生理学、装备学、潜水疾病和事故、各类潜水技术及其医学保障相关知识、高压治疗,以及常用的减压表和加压治疗表及其使用方法。

本书既可用作高等医科院校、潜水学校和水下工程院校的教科书,又可作为从事与潜水和高压作业相关的专业技术人员,包括潜水医学专业人员、高压临床医护人员、潜水体检医师、潜水作业人员、休闲潜水爱好者、海洋工程技术人员、潜水管理人员的重要参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

潜水医学/徐伟刚主编. —北京:科学出版社, 2016.8

ISBN 978-7-03-049572-3

I. ①潜… II. ①徐… III. ①潜水医学 IV. ①R84

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第190968号

责任编辑:朱 灵/责任印制:谭宏宇

责任校对:彭珍珍 王晓茜

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

上海叶大印务发展有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年8月第 一 版 开本:889×1194 1/16

2016年8月第一次印刷 印张:25 1/2

字数:742 000

定价:70.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《潜水医学》

编辑委员会

主 编
徐伟刚

副主编
李润平

编 委

刘文武	沈兴华	张 辉	姜正林	郭晓平	张 坤
王世峰	王晔炜	邴占香	张黎明	郎军添	顾靖华
	陈锐勇	季春华	张 尉	衣洪杰	

校 对

彭兆云 郑 娟 张亚楠

前 言

《潜水医学》第八版自 2010 年出版至今已过六年。期间,我国潜水和高压医学从理论到实践均有长足发展;在教学方面也进行了诸多改革。为适应潜水和高压医学学科和高等医学教育的发展,有必要更新相关内容,出版更系统全面的教材。

近年来,发达国家广泛采用的以问题为导向的学习法(problem based learning, PBL)医学教学模式,正在国内医科院校中推广应用。虽然潜水医学属于“小众”医学门类,但从基础到应用、从预防到治疗、从装备到技术自成一统,如不考虑师资和硬件因素,特别适于采用 PBL 模式。PBL 教学需要对课程内容进行“模块化”分割和整合。我们经过数年探索,构建了潜水医学模块化教学方式。实践证明,新方式展开思路清晰、实施成效显著,是潜水医学教学的一大进步。

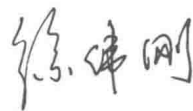
然而,之前各版教材均以传统的“从理论到应用、从基础到临床”思路展开,无法满足模块化教学需求。本版教材在更新和优化大量内容的前提下,对全部内容从头梳理、系统整合,针对潜水活动中遇到的“水下环境、气压分压、减压、气体、医学保障、健康维护”六大常规问题和“援潜救生”特殊问题,以模块化的方式展开,系统阐述了与潜水相关的生理学、物理学、卫生学、医学、装具与装备学的知识。

上述每一个问题,均以“一篇、数章”形式展开,作为一个模块;从问题的提出、相关理论(生理学、物理学等)、疾病及处置到预防措施等,全方位阐述主题内容。本书既可更好地用以指导模块化教学的开展,又有利于各类读者和受训者系统理解、全面掌握相关知识。

本书于 1965 年首次出版,本次修订已属第九版。前八版主编分别为倪国坛(第一、三、四版)、韩光(第二版,未署名)、杭荣椿(第五版)、陶恒沂(第六、七、八版)。毋庸置疑,前面各版的积累是本书成功再版的基础。

作为目前国内潜水和高压医学领域唯一的教科书,本书既可用作高等医科院校、潜水学校、水下工程院校相关专业的本科生教材,也可供各级潜水医师、卫生领导干部、潜水医学教学研究人员、高压临床医师及职业和休闲潜水人员参考应用,还可作为国防医学教育的科普教材。

我们力求本版修订科学合理,以适应潜水医学理论教学、临床治疗和实践保障需要。但限于编者水平,错漏难免,希望同行和读者不吝指正,以利于下一版继续改进。



2016 年 6 月

目 录

前言

绪论

001

一、潜水医学及其地位	001
二、潜水技术发展简史	003
三、潜水医学发展简史	007
四、潜水的基本程序	009
五、小结和展望	011

第一篇 水下环境

第一章 水下环境及其对机体的影响

015

第一节 水温	015	第三节 水下光和声的传播	019
一、水温的特点	015	一、光在水中传播的特点及对视觉的影响	019
二、水中散热方式	015	二、声音在水中传播的特点及水下听觉	021
三、体温调节	016	第四节 静水压及高压	022
四、潜水员防护	016	一、静水压的形成与计算	022
第二节 水的阻力和浮力	017	二、静水压的表示方法	022
一、水的阻力	017	三、绝对压和附加压	023
二、水的浮力	018	四、静水压对潜水呼吸气体体积和压强的影响	023
三、潜水员的浮力	018		
四、潜水员的稳度	018		

第二章 水下环境引起的损伤

025

第一节 体温过低	025	六、治疗	027
一、致病原因	025	七、预防	029
二、分类	026	第二节 体温过高	029
三、病理生理变化	026	一、致病原因	029
四、临床表现	027	二、病理生理变化	030
五、实验室检查	027	三、临床表现与实验室检查	030

四、治疗	030	三、影响因素	037
五、预防	031	四、症状和体征	038
第三节 淹溺	032	五、诊断	039
一、病因	032	六、治疗	039
二、发病机制	032	七、预防	039
三、临床表现	033	第五节 海洋生物伤	040
四、实验室检查	034	一、鲨鱼咬伤	040
五、诊断	034	二、水母蜇伤	041
六、治疗	035	三、海蛇咬伤	041
七、预防	036	四、有毒鱼类致伤	042
第四节 水下爆震伤	036	五、珊瑚、海葵类致伤中毒	043
一、水下爆震伤的发生	037	六、棘皮动物致伤	044
二、致伤原理	037		

第三章 潜水装具及其基本原理 045

第一节 概念及类别	045	第三节 常用装具及功能	052
一、相关概念	045	一、气瓶	052
二、发展简史	045	二、水下保暖装备	052
三、分类	046	三、三件套	053
第二节 供气原理	048	四、浮力调节装备	053
一、通风式潜水装具	048	五、潜水仪表	054
二、按需供气式装具	048	六、其他装备	054
三、闭合式呼吸器	049		

第二篇 气 压

第四章 高气压对机体的影响 059

第一节 气体相关物理学	059	七、气体的密度	063
一、波义耳-马略特定律	059	八、气体的比热容	064
二、查理定律	060	九、气体的热传导	064
三、盖-吕萨克定律	061	第二节 高气压对机体的影响	065
四、道尔顿定律	061	一、压力本身的机械作用	065
五、亨利定律	062	二、高气压对机体各系统的影响	066
六、格雷汉定律	063		

第五章 肺气压伤 070

第一节 发病原因	070	二、致病机制	071
一、致病条件	070	三、影响因素	072

第二节 临床特征	072	第三节 防治措施	074
一、主要表现	072	一、急救与治疗	074
二、诊断	073	二、重新潜水	075
三、鉴别诊断	074	三、预防	076

第六章 其他气压伤077

第一节 耳气压伤	77	一、全身挤压伤	82
一、耳的解剖特点	77	二、面部挤压伤	84
二、中耳气压伤	78	第三节 鼻窦、牙齿和胃肠气压伤	84
三、内耳气压伤	80	一、鼻窦气压伤	84
四、外耳气压伤	82	二、牙齿气压伤	86
第二节 潜水员挤压伤	82	三、胃肠气压伤	86

第三篇 减压

第七章 惰性气体及其在体内的运动规律089

第一节 惰性气体与人体	089	第三节 惰性气体的过饱和	094
一、常用惰性气体	089	一、过饱和状态	094
二、惰性气体的作用	090	二、过饱和和安全系数	095
三、气体进出机体的大体过程	090	第四节 惰性气体的脱饱和	096
第二节 惰性气体的饱和	091	一、概述	096
一、饱和及饱和度	091	二、脱饱和与饱和的异同	096
二、半饱和时间和假定时间单位	091	三、影响惰性气体脱饱和的因素	096
三、饱和过程	091		
四、理论组织	094		

第八章 减压理论与减压模型099

第一节 减压理论	099	一、溶解组织模型	101
一、主要减压理论	099	二、气泡模型	103
二、减压理论的内涵	100	三、概率模型	104
第二节 减压模型	101	四、结语	105

第九章 减压方法与减压表106

第一节 减压方法	106	四、吸氧减压法	109
一、阶段减压法	106	五、轮换呼吸多种气体减压法	109
二、水面减压法	107	六、“最起码”减压法	109
三、SDC-DDC 减压法	108	第二节 减压方案的计算	110

一、减压方案的概念	110
二、领先组织的确定	110
三、主要计算步骤	111
第三节 减压表	113

一、减压表的分类	113
二、减压表的基本结构	113
三、减压表的使用	114

第十章 减压病

116

第一节 病因与发病机制	116
一、认识过程	116
二、减压病的直接原因	117
三、气泡形成的条件和过程	118
四、气泡的致病过程	119
五、影响发病的一些因素	120
第二节 临床表现	122
一、症状出现的时间规律	122
二、各系统表现	122
三、临床分类	124

四、诊断	125
五、鉴别诊断	125
第三节 治疗	126
一、加压治疗	126
二、辅助治疗	129
第四节 后遗症、预后及预防	130
一、后遗症	130
二、预后	131
三、预防	132

第十一章 加压系统

133

第一节 加压舱和操纵台	133
一、加压舱	133
二、操纵台	135
第二节 空气供给系统	135
一、空气压缩机	135
二、储气罐(瓶)	136
三、空气过滤器	137
四、供气系统的管路组件	137
第三节 氧气和混合气供给系统	138
一、供氧系统	138

二、排氧装置	138
三、混合气供给系统	139
第四节 辅助系统	140
一、通信装置	140
二、舱内照明	140
三、舱内空调	140
四、加压舱设备的供电	141
第五节 加压舱的操作与管理	141
一、加压舱的操作要点	141
二、加压舱的管理	142

第四篇 气体分压

第十二章 氧中毒

145

第一节 常见类型及临床表现	145
一、肺氧中毒	145
二、中枢神经系统氧中毒	147
三、眼氧中毒	148
四、其他组织与器官氧中毒	148

第二节 病因及发病机制	148
一、病因	148
二、影响因素	149
三、发病机制	150
第三节 防治措施	151

一、急救与处理	151	二、预防	152
---------	-----	------	-----

第十三章 氮麻醉 155

第一节 主要表现	155	二、影响因素	158
一、早期观察	155	第三节 处理与预防	159
二、具体表现	155	一、处理	159
第二节 发病机制和影响因素	156	二、预防	159
一、发病机制	157		

第十四章 缺氧和气体中毒 161

第一节 潜水员缺氧症	161	三、症状与体征	167
一、发生原因	161	四、影响因素	168
二、症状与体征	162	五、急救与治疗	168
三、急救与治疗	163	六、预防	168
四、预后	163	第三节 潜水员有害气体中毒	169
五、预防	164	一、一氧化碳中毒	169
第二节 潜水员二氧化碳中毒	164	二、总烃和油蒸气中毒	171
一、发生原因	165	三、硫化氢中毒	171
二、病理生理	165		

第五篇 医学保障

第十五章 空气潜水 175

第一节 平时的医学保障	175	三、水底停留阶段	181
一、健康维护	175	四、上升减压阶段	182
二、特殊锻炼和试验	176	五、减压出水后阶段	182
三、指导潜水员作息	177	六、特殊条件下潜水作业的医学保障	182
四、指导自救互救	178	附录：潜水员心肺和神经系统医学要求	184
五、指导对潜水装具的检查和消毒	178	一、心血管系统	184
第二节 潜水作业时的医学保障	178	二、呼吸系统	185
一、潜水前阶段	178	三、神经系统、视觉、听觉功能	186
二、下潜阶段	181		

第十六章 氦氧潜水 187

第一节 氦气及其对机体的影响	187	第二节 氦氧潜水医学保障要点	190
一、氦气的一般特性	187	一、氦氧潜水基本装备	190
二、氦气在潜水中的应用	188	二、作业前准备	191
三、氦气对机体的影响	188	三、潜水过程保障要点	193

四、氢氧潜水减压病 193

第十七章 氢氧潜水

195

第一节 氢气及其对机体的影响 195

一、氢气的发现 195

二、氢气的理化特性 195

三、氢气对机体的影响 196

四、氢气在潜水中的应用 198

第二节 特殊医学问题 198

一、安全相关问题 198

二、氢氧混合气的配制 199

三、氢氧潜水系统的特殊要求 199

四、加压和减压 200

五、未来展望 200

第十八章 饱和潜水

202

第一节 原理和优越性 202

一、原理 202

二、巡回潜水 202

三、优越性 204

四、类别 205

第二节 饱和潜水系统 206

一、分类及主要组成 206

二、居住舱系统 206

三、潜水钟系统 206

四、生命支持系统 207

五、水舱训练系统 207

六、其他分系统 207

七、饱和潜水装具 208

第三节 对机体的影响 208

一、生理功能的变化 208

二、高压神经综合征 208

三、加压性关节痛 210

四、饱和潜水减压病 211

第四节 医学保障要点 211

一、饱和潜水基本过程 211

二、潜水员的选拔和训练 212

三、呼吸气体的选择和准备 212

四、环境条件的控制 213

五、饱和及巡潜的减压 213

第六篇 健康维护**第十九章 潜水员体格适应性**

217

第一节 一般问题 217

一、不同类型潜水的不同要求 217

二、年龄问题 217

三、性别问题 218

四、体力和体重问题 218

五、残障人士潜水问题 218

六、心理和精神问题 218

七、受伤或感染问题 219

八、疾病后重新潜水 219

第二节 内科疾病 219

一、心血管疾病 219

二、肺部疾病 221

三、胃肠疾病 221

四、血液系统疾病 222

五、内分泌系统疾病 222

第三节 专科疾病 222

一、神经系统疾病 222

二、耳鼻喉疾病 224

三、牙齿和下颌疾病 224

四、眼部疾病 224

五、皮肤病 225

第二十章 潜水职业的心理学问题

226

第一节 潜水应激	226	一、潜水职业对心理素质的要求	231
一、应激的概念	226	二、心理选拔工具的基本要求	231
二、潜水应激源	227	三、心理选拔的内容	232
三、应激反应	228	四、职业潜水员心理选拔的实施步骤	233
四、应激的影响因素	229	五、建立心理选拔标准的方法	233
五、应对措施	230	六、心理选拔的效果评价	234
第二节 潜水员心理选拔	231		

第二十一章 潜水事故

236

第一节 原因分析	236	三、事故处理	240
一、事故发生概况	236	第三节 事故预防	241
二、事故原因	236	一、减少人的不安全行为	241
三、影响因素	238	二、消除物的不安全状态	242
第二节 调查与处理	238	三、控制不利环境因素	243
一、事故调查	238	四、加强科学管理	243
二、事故分析	240		

第二十二章 高压气治疗

245

第一节 概述	245	四、收缩血管，加速侧支形成，改善微循环	250
一、有关概念	245	五、增加活性氧生成	250
二、发展简况	246	六、适度氧化应激动员保护机制	251
三、实施要点	247	第三节 并发症和禁忌证	251
第二节 原理和适应证	248	一、并发症	251
一、促进气泡溶解和消散	248	二、禁忌证	253
二、加速置换致病气体	249		
三、增强组织氧供	249		

第七篇 援潜救生

第二十三章 潜艇脱险

257

第一节 脱险途径和装备	257	二、深潜救生艇	262
一、脱险途径	257	三、潜艇上救援相关装置	263
二、专用脱险装备	258	第三节 脱险方法	264
三、配套装备	259	一、单人脱险	264
四、脱险装具	260	二、集体脱险	269
第二节 救援装备	261	三、单人-集体结合脱险	271
一、救生钟	261	附录 水下出艇减压表	271

第二十四章 潜艇脱险医学救援 274

第一节 艇内自救	274	四、海上捞救	281
一、出航前准备	274	五、后送救治	281
二、舱室内应对措施	274	第三节 防救船医疗救治的展开	281
三、延长艇内等待救援时间的基本措施	277	一、准备工作	281
四、潜水疾病预防	277	二、伤情分类	282
第二节 海面救援	279	三、治疗区设置	283
一、救援兵力到达	279	四、检伤分类流程	283
二、了解失事艇内情况	279	五、使用加压舱的原则	283
三、水下救援措施	279	六、疾病救治	284

第八篇 常用减压表和加压治疗表

第二十五章 空气潜水减压表 289

第一节 我国空气潜水减压表	289	三、空气潜水减压表	301
一、60 m 水下阶段减压潜水减压表	289	四、反复潜水	302
二、水面减压潜水减压表	292	五、高海拔潜水	302
三、轻潜水减压表	297	六、潜水后登高或飞行	302
第二节 美国海军空气潜水减压表	299	七、特殊情况处理	307
一、通用规则	299	第三节 前苏联空气潜水减压表	327
二、空气不减压潜水极限及反复潜水分组符号表	299	一、空气潜水减压表	327
		二、应急（失事）情况潜水减压表	331

第二十六章 氮氧常规潜水减压表 333

第一节 我国氮氧常规潜水减压表	333	三、实施步骤	336
一、概述	333	第三节 美军氮氧常规潜水减压表	340
二、结构	333	一、基本程序	340
三、混合气成分及气体转换	333	二、供气故障的处理	341
四、减压方案的选择	334	三、氧中毒的处理	341
五、呼吸气体的替代	334	四、减压不足的处理	342
六、水面减压	336	五、减压病的处理	343
第二节 前苏联氮氧重潜水减压表	336	六、眩晕和意识丧失的处理	343
一、混合气氧浓度	336	七、特殊情况潜水	344
二、停留站间距	336		

第二十七章 饱和潜水减压表 352

第一节 英国海军氮氧饱和潜水减压表	352	一、使用要点	352
-------------------	-----	--------	-----

二、巡潜时程和最大极限	353	六、减压病处置	361
三、减压病的治疗	353	第三节 我国海军氮氧饱和潜水减压表	361
第二节 美国海军氮氧饱和潜水减压表	356	一、加压	362
一、确定饱和深度	356	二、气体和环境控制	362
二、供气和环境控制	356	三、巡回潜水	363
三、加压	356	四、饱和减压	364
四、巡潜	357	五、异常情况处置	365
五、减压	360		

第二十八章 加压治疗表367

第一节 我国加压治疗表	367	二、操作要点	374
一、第二军医大学治疗表	367	第三节 前苏联加压治疗表	377
二、海研所治疗表	370	一、治疗减压病	377
三、海科院治疗表	372	二、治疗肺气压伤	379
第二节 美国海军加压治疗表	373	三、其他事项	379
一、治疗方案的选择	374		

附录 常用潜水医学词汇英汉对照380

主要参考文献390

绪 论

占地球表面总面积 70% 以上的浩瀚海洋，是一座巨大的资源宝库，是国家、地区之间交往的重要通道，自古以来与人类生存和社会发展有着极为密切的关系。随着世界人口的增长、陆地资源的消耗、生态环境的失衡和海洋工程技术的发展，世界各国越来越把注意力转向蓝色的海洋。潜水活动是人类驾驭海洋的关键技术，海洋资源开发、水中工程建设、援潜救生打捞、科学研究探秘、水下运动竞技等活动均需要潜水技术的支撑。

一、潜水医学及其地位

潜水医学（Diving Medicine）是为潜水活动提供医学技术保障的医学科学门类。在了解潜水医学的概念和内涵之前，首先需了解什么是潜水。

（一）潜水的概念

包括人类在内的陆生动物，采取某种方式主动从陆地空气环境穿过气—水界面进入水下，在一定深度停留一定时间、完成一定操作后，按一定程序上升出水的全过程，称为潜水（dive, diving）。作为人类主动进入水下环境的一种手段，潜水在人类的原始时期就已经开始，发展至今，已经成为经济、国防、科学研究、体育运动和休闲娱乐领域不可或缺的技术。由于潜水活动发生于不同于空气的水下环境中，人类的生存条件发生了显著变化，进入水下的每一个环节都直接或间接地与医学相关。不论进入水下的目的是什么，首先必须保证潜水人员的生命安全和身体健康。

（二）潜水医学的概念

潜水医学，也常称作水下和高气压医学（Undersea and Hyperbaric Medicine, UHM）或潜水和高压医学（Diving and Hyperbaric Medicine, DHM），是研究人在水下-高气压环境中所发生的生理、病理反应及其防治措施的一门边缘性、应用性学科，是对人类进入水下环境遭遇到的一系列医学问题的诊断、治疗和预防。从学科分类讲，潜水医学是职业医学和运动医学的一个分支，是潜水员职业教育的重要科目。国务院学位委员会和教育部在 2011 年修订的《学位授予和学科人才培养目录》中，潜水医学被归为“特种医学”一级学科下的二级学科。从学科内涵看，潜水医学兼具基础医学、临床医学和预防医学性质，全面关注水下-高气压活动中从基础、临床到预防的各类医学问题。

和潜水医学相关的几个学科名称包括“高压医学”（Hyperbaric Medicine）“水下医学”（Undersea Medicine, Subaquatic Medicine, Underwater Medicine）“潜艇医学”（Submarine Medicine）和“高压氧医学”（Hyperbaric Oxygen Medicine）等，定义这些名称时容易出现歧义。简而言之，高压医学是研究解决高气压环境中的医学问题及采用高压手段治疗各种疾病的医学学科，高压医学加上水下环境导致的医学问题（如淹溺、浸泡等）即组成了潜水医学（水下和高气压医学）；水下医学主要关注水下环境（也包括高压）导致的医学问题，包括潜艇医学；潜艇医学主要关注水下密闭环境的医学问题，因涉及水下脱险，所以也涉及潜水医学相关内容；而高压氧医学是将高压医学中形成的高压氧治疗手段应用于治疗各类临床疾病，国际上通常称为“高压氧治疗”，高压医学的普遍原理、基本实践和一般规则是高压氧治疗的基础和根源。不论是“潜水医学”还是“水下医学”，关注的核

心均是“高血压有关的医学问题”。

（三）潜水医学关注的内容

潜水医学关注水下环境和高气压相关的全部医学问题，包括水下环境和高气压及其对机体的影响；减压理论、算法模型和减压方法；潜水疾病和事故；潜水装备和高气压治疗设备；潜水呼吸气体；潜水员选拔和健康维护；各类潜水操作（包括潜艇脱险）的特殊医学问题及保障；等等。

人进入水下开展各类活动的制约因素主要来自以下五个方面：水下环境、潜水装备、呼吸气体、操作技术及人员自身，每个方面均会对人体产生重要影响，特别是当没有遵循科学规律或者出现装备故障或操作失当时，这种影响可能是致命的。这些因素的特点及其对机体的影响、机制、预防及救治均是潜水医学关注的重点。

（1）水下环境：作为一种生存介质，水和空气具有截然不同的特点。水的密度和阻力、静水压、水流、光和声在水中的传播、水温、水底物理性状、水下生物等因素，与地表正常大气环境迥然不同，都会对水下人员生存和活动产生影响。

（2）潜水装备：作为陆生生物的人类，进入水下高压环境中活动，必须依赖潜水装备提供适宜于生存的微小环境，解决水下呼吸、抗寒等关键问题。潜水装备是人类在水下生存的“生命支持系统”，其设计、材料、工艺、功能均必须满足医学和生理学要求。

（3）呼吸气体：人进入水下需要解决的首要问题就是呼吸。为了对抗静水压，人在水下必须呼吸与所在深度压强相等的气体；而气压的升高会导致各组成气体成分的分压相应增高，会对机体产生各种特殊影响。潜水员既需要遵守基本的气体定律，又得遵循高压医学和生理学的特殊规律，才可能最大程度地减小或避免不利影响。

（4）操作技术：水下高压环境中的操作大体包括两大类，为适应水下高压环境所进行的操作（可称为“基本程序”）及为完成作业任务所进行的操作（可称为“作业操作”）。基本程序是为保证潜水员生命安全和身体健康所必须遵守的技术规范，是实施作业操作的前提和基础；作业操作不可影响基本程序。例如，在一次 50 m 空气潜水中，下潜用了 4 min，在 50 m 停留了 25 min，从 50 m 上升减压到水面按规定用了 75 min；其中，下潜和上升时间均是基本程序，水下停留的时间也有很多规定，也是基本程序的重要部分，而作业操作只能在有限的 25 min 之内、在不影响基本程序的前提下完成。上升减压过程不仅时间长，而且还必须遵守特定的规范，即生理惰性气体在体内的运动规律。因此，基本程序及很多作业操作所遵循的都是高压医学生理学规范，必须要由医学人员来研究建立。

（5）潜水员：上述环境、装备、气体和操作因素，最终影响的都是潜水员的安全和健康；而潜水员本身的体格条件、精神状态及技术能力，更是直接影响自身的首要因素。在水下高压环境中，潜水员的视听觉、语音、呼吸循环功能、神经系统等均会出现适应性反应或者当不利因素超过临界点时会导致病理性变化，个体综合素质直接影响着潜水员在水下高压环境中的生存和作业能力。

水下环境对人体来说，是严酷的异常环境。潜水员能否安全、顺利地完成潜水过程、达到潜水目的，取决于对水下特殊环境各个因素的全面认识、理解，并研究制订出科学的解决措施。这些都需要潜水医学研究解决，并制订成应用规范，由潜水员掌握执行。

（四）潜水医学的地位

对于潜水人员，无论平时或潜水过程的各个环节，自始至终都需要潜水医学给予保障。为了适应水下高压环境，潜水员的身心必须满足一些特殊要求，需要建立医学选拔标准用以选拔；为了更好地开展水下活动，潜水员身体应保持进入水下高压环境的适应性，如在无潜水任务期间定期组织加压锻炼等；由于水下高压环境的复杂性和显著的个体差异，潜水活动难免对机体产生一些病理性影响，甚至发生潜水疾病，必须要由潜水医学专业人员给予诊治；作为一项特殊职业或运动，从业人员必须掌握预防职业疾病或事故的方法，需要医学人员重视和加强疾病预防措施研究；潜水员使用的各类装备，其本质是解决潜水员在特殊环境中的生存和健康问题，这些装备的设计和工艺需要满足医学

要求；在潜水过程中，潜水员下潜、水底停留、上升减压均必须严格遵循医学规范，如何让潜水员“下得去、呆得住、干得成、上得来”，如何保障潜水过程安全、高效地实施，均有赖于医学人员的持续研究、不断探索；最后，在潜水活动向更大深度、停留更长时间进展的过程中，会遇到一系列障碍，除了装备外，更多的制约因素是医学问题。

任何具体的潜水类型或方式，在有效应用于实践之前，均需要潜水医学开展大量研究工作，建立安全、有效的实践规范。这些工作必须在潜水活动开展之前完成；潜水向更大深度、更长时间的发展及相应的更安全、更便利的潜水装备的改良、发明和创造，必须先解决相应的生理学和医学问题；或者说，潜水的发展，在相当程度上依赖于人们对潜水生理学和潜水医学规律的掌握。

因此，医学是潜水活动的基础和先行。常规的商业、军事、科考或休闲潜水活动，虽然很可能不需要医学人员参与指导或保障，但是，首先，医学研究已经形成并建立了成熟的规范，普通潜水活动只需要遵照执行即可实现基本的安全和健康保障；其次，潜水活动参与者在受训时都接受过必要的医学知识培训，基本掌握了疾病预防甚至初级处置技能；再次，在正规的商业和军事潜水作业队伍中，必须要配备接受过医学专业训练的潜水医学技士（Diving Medical Technician, DMT）；最后，如果由于某种主观或客观因素导致潜水过程没有遵守基本程序，一旦发生问题就往往涉及人员伤害。在执行大深度和（或）长时程的潜水活动中，医学在其中的作用就会凸现，缺乏医学保障的复杂潜水很可能难以完成甚至导致伤亡事故。因此，现代潜水活动离不开医学技术的支撑和保障，潜水医学是潜水技术不可分割的核心部分。

总之，人进入水中执行任务，潜水技术是先决条件。为了安全顺利地完成任务的全过程，必须在潜水前、潜水时及潜水后有潜水医学的切实保障；潜水技术、潜水装备要发展，先需有生理学原理在潜水中的成功应用，也要有常规医学科技能够解决潜水中出现的新的医学问题。因此，可以肯定的说，潜水医学在潜水活动、潜水技术及设备的发展中，具有关键性、先行性的重要作用。潜水医学以正常生理学为基础、以一般医学的理论和技能为依据，理论结合实践，在水下高压环境中将相关医学、生理学、装备技术、水下操作等集成、应用、创新，保障现代潜水活动安全、健康、高效地实施。

二、潜水技术发展简史

潜水技术发展的历史，就是围绕着解决人在水下高压环境中受到各种因素的影响后发生的医学-生理学问题而发明、创造和改进不同的潜水装备，形成不同的潜水方式，从而支持潜水的深度-时程不断拓展、延伸的历史。

（一）屏气潜水

不使用潜水呼吸器、在“一口气”的时间范围内潜至一定水深后上升出水，即为屏气潜水（breath-hold diving, apnea diving）（图 0-1①）。屏气潜水是人类最原始的潜水方式。在记载我国上古历史的古书《尚书》（即《书经》）的“禹贡”篇中，记录有夏禹时（约公元前 21 世纪）东方部落“淮夷”使用“纘珠”（出于“珠贝”的珍珠）和“玕”（品位较低的珠），证明当时已有开展潜水采拾珠贝的活动。据考古发掘所见推测，在美索不达米亚，比《尚书》中记载的事件更早就存在珍珠饰物了。当然，这些珠贝是否可能使用工具从水底捞起，也未必不可。但作为有智能、生活在水边的人类，通过屏气潜水的方式进入水下，相信在远古时期就已经开始，用以获取水中食物和装饰品。

至于直接记载潜水的文字，最早见于我国的《诗经》（约公元前 1065～前 570 年），其中《周南·汉广》及《国风·邶风·谷风》篇内都明确地记载了“泳”（指潜水）。以后，春秋（《春秋左氏传·哀公十七年》）、战国（《列子·黄帝》和《庄子·达生》）、秦（《史记·秦始皇本纪》）、十六国（王嘉《拾遗记·秦始皇》）、南北朝（郦道元《水经注·江水》）、唐（刘恂《岭表录异》卷下）、五代十国（《十国春秋·南汉·后主本纪》）、宋（《宋史·列传·忠义五》，朱彧《萍州可谈》）、清（《清朝野史大观·清人逸事·任昭才》）等历代都有关于潜水的记载，且与水下探摸、救捞、战争、水产、体育运动等活