

第七章

潜水疾病治疗及预防

潜水疾病是指潜水员在潜水过程中，因受水下环境、呼吸气体及其他因素的影响而引发的疾病、遭受的创伤或发生的功能紊乱反应等，包括以下几种情况。

第一，由环境压力的改变引起的疾病，如减压病、肺气压伤、全身挤压伤、面部和胸廓挤压伤、耳（中耳、内耳和外耳）气压伤、鼻窦气压伤、高压神经综合征、加压性关节痛。

第二，由吸入气中各单质气体的分压变化引起的疾病，如氧中毒、缺氧症、二氧化碳中毒、惰性气体麻醉（如氮麻醉）、潜水黑视。

第三，由违反潜水规则、装具发生故障及水下生物和其他因素引致的疾患创伤，如因放漂引发的减压病和气压伤、淹溺、水下生物伤害、水下爆炸伤、潜水员低体温等。

因此，要掌握潜水疾病的发病条件、发病原理和病理过程，利用相应的方法进行诊断，采取特殊的急救治疗措施，以防为主，确保潜水员水下作业的安全。

第一节 潜水减压病

潜水减压病是指潜水员在一定深度，经过一段时间的水下作业后，因上升（减压）速度过快和幅度过大（减压不当），以至在高压暴露时溶于体内的气体（主要是惰性气体）来不及经循环、呼吸系统扩散排出，而脱离溶解状态，形成气泡，产生栓塞、压迫及其他影响的一种疾病。

一、原因

潜水时，潜水员机体暴露在高压环境中，吸入气体中的惰性气体不断地通过呼吸和血液循环溶解到人体各类组织内。潜水员下潜的深度越深（环境压力越大），停留时间越长，溶解的气体就越多。出水上升时，由于出水速度过快或减压不当，溶解在组织中的气体来不及随血液循环和呼吸排出体外，而在人体各类组织内形成气泡（图 7-1）。

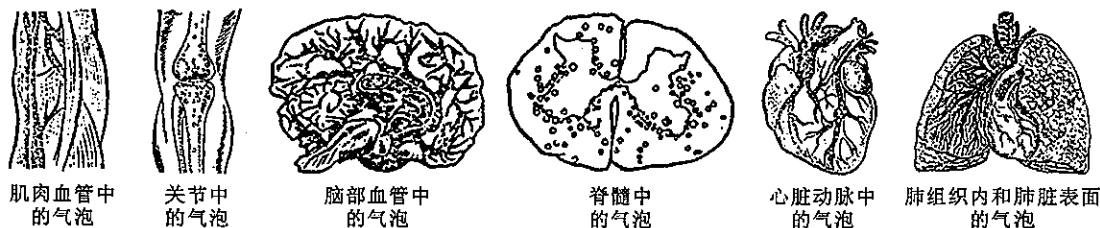


图 7-1 各组织中的气泡示意图

气泡可能在血管外，也可能在血管内，血管气泡可能在细胞外，也可能在细胞内。气泡

会对机体产生物理性影响,如栓塞血管,压迫血管、神经纤维、神经末梢或其他组织,胀破这些机体组织的细胞。气泡还有引起一些生物化学变化的作用,如血管收缩和血管内凝血等。气泡所引起的变化和影响,有当即的、直接的,也有后继的、间接的。促使发病的一些因素可以总结为以下两个方面。

(一) 机体本身的因素

(1) 健康状况。身体健壮、肌体各系统功能良好,有利于惰性气体脱饱和,不易发病。中枢神经系统有障碍,心血管功能较差,患有心、肺疾病者,不利于惰性气体脱饱和,易患减压病。

(2) 体态。身体肥胖者不利于惰性气体脱饱和,易引起减压病。因惰性气体在多脂肪组织中的溶解度比在多水组织中的要大得多,在深水或长时间潜水过程中,溶解于脂肪的惰性气体量相应地更多。而脂肪组织的血液灌流较差,脱饱和较慢,故易于形成气泡而引起减压病。

(3) 适应性。经常安全潜水或按规定进行加压锻炼的潜水员可提高对高压环境的适应性,降低减压病的发生风险。

(4) 精神状况。精神过分紧张、恐惧或情绪不稳定时,全身将受高级神经活动的影响而发生代谢和调节机能失调,不利于惰性气体脱饱和,易引发减压病。

(5) 技术状况。技术不熟练者,在水下不善于利用浮力以减轻体力负荷。因此,在相同条件下,技术生疏者比熟练者体力消耗大,容易疲劳,这些都增进惰性气体饱和或不利于脱饱和。另外,技术不熟练、精神紧张也易发生意外事故。例如,在水下发生“绞缠”(在水下被供气软管或信号绳缠绕和纠缠,以致潜水员不能上升),必将延长高压下的停留时间,增加惰性气体的饱和度。又如在水下发生“放漂”,造成减压速度过快和幅度过大。这些,无疑都会增加减压病发生的可能性。

(6) 年龄。一般认为,较年长的潜水员,由于心血管功能较差,易发生减压病。但一定年龄范围内的年长潜水员可能技术熟练、经验丰富,因此减压病发病率未必高于年轻潜水员。

(7) 其他因素。临下潜前饮酒、过度疲劳、体表大片瘢痕组织等,都可促发减压病。

(二) 环境因素

(1) 寒冷。机体受到低水温的刺激可引起反射性血管收缩,妨碍惰性气体脱饱和,会增加减压病发病的可能性。

(2) 流速、风浪和水底底质。潜水员在风浪大、流速急或能见度低的环境中,体力消耗大,呼吸、血液循环加速,可增加减压病发病率。

(3) CO_2 含量。呼吸的气体中 CO_2 含量多,可反射性地引起末梢血管收缩,不利于惰性气体脱饱和,易引发减压病。

(4) 减压不当。特殊环境下减压方案选择不当、反复潜水、水下停留时间记录出现差错,或减压方案执行不严格等,都可引发减压病。

二、症状

绝大多数减压病病例发生在减压结束后 24 h 内,发生在减压过程中或减压末期。一般发

病较早者病情较重。

减压病症状的轻重取决于体内气泡的大小、数量的多少和所在的部位，主要症状如下。

(1) 皮肤。皮肤、皮下蜂窝组织及汗腺内如有气泡形成，可刺激感觉神经末梢，引起皮肤瘙痒、蚁走感、灼热感、出汗等。当皮肤血管被气泡栓塞或压迫时，会产生红色斑疹或大理石状斑纹，还可能发生浮肿和皮下气肿等。皮肤瘙痒出现较早，而且多见，往往是轻型减压病的唯一症状。瘙痒常发生于皮下脂肪较多的部位如前臂、胸部、后肩、大腿及上腹部，有时也出现于全身。瘙痒的表征通常是奇痒难止，搔之犹如“隔靴搔痒”，有些患者因强烈搔抓而造成皮肤抓痕累累。在减压过程中，寒冷（使皮肤血管收缩）易促发皮肤瘙痒。

(2) 关节和肌肉。气泡形成于关节、肌肉、肌腱、韧带、骨膜，可引起轻重不等的局部疼痛，如酸痛、刺痛、绞痛、撕裂痛，部位多在肩关节、膝关节和骨关节。关节疼痛是减压病最常见的症状，可发生于 70% 的减压病患者中。

(3) 神经系统。中枢神经系统内的气泡形成大多数在脊髓，可出现眩晕、头痛，恶心、呕吐、情绪失常、语言障碍、感觉异常、颜面麻痹、运动失调、瘫痪、大小便失禁或潴留，有时还会出现复视、暂时性失明和偏盲、体温升高等症状，重者昏迷，甚至死亡。

(4) 循环系统。气泡大量存在于血管和心腔中，可引起心血管系统的功能障碍而出现严重症状，表现为皮肤黏膜发绀、四肢发凉，可导致低血容量性休克、局部浮肿、淋巴结肿痛、心脏冠状动脉栓塞，甚至造成猝死。

(5) 呼吸系统。肺血管被气泡栓塞且伴有肺水肿时，胸部有压迫感，胸骨后疼痛，并伴有不可抑制的阵发性咳嗽，呼吸困难、憋闷呛咳，面色苍白，呈恐惧状并出汗，这些表现被称为气梗 (chokes)，严重者可引发休克。

(6) 腹部内脏。胃、大网膜、肠系膜内有多量气泡时，可能引起恶心、呕吐、上腹部急性绞痛及腹泻，且常伴发脊髓损伤；肾上腺受损后，皮质激素减少导致患者嗜睡；大量气泡存在于肝、脾、肾等器官可引起功能衰竭，进而导致全身的代谢紊乱，后果严重。

三、临床分类

(一) 根据病情轻重分类

1. 国际通用分类法

(1) I 型减压病：主要包括皮肤症状、淋巴结肿大、关节或肌肉疼痛等无生命危险的减压病。

(2) II 型减压病：又称严重减压病，包括中枢神经系统、呼吸系统或循环系统症状和体征，有生命危险。

2. 俄罗斯/中国分类法

(1) 轻型：有皮肤症状和体征，关节、肌肉或骨骼有 I~II 度疼痛，患者尚感受不到特殊痛苦者为轻型。

(2) 中度型：关节、肌肉或骨有 III~IV 度疼痛，轻度神经系统和胃肠道症状，如头痛、眩晕、耳鸣、恶心、呕吐、腹胀或腹痛等为中度型。

(3) 重型：有中枢神经系统或呼吸、循环等生命重要器官的功能障碍，如瘫痪、昏迷、

呼吸困难、心力衰竭等为重型。

中度型之轻者与轻型可一并归入Ⅰ型，中型之重者与重型可一并归入Ⅱ型。正确分类很重要，因为涉及选择不同的加压治疗方案。

(二) 根据发病后气泡存在的时间长短分类

1. 急性减压病

气泡形成后，在短时间内机体所表现的病征，称为急性减压病。

2. 慢性减压病

慢性减压病可能有以下两种情况：气泡形成后，因种种原因患者初期未能及时治疗；虽经治疗但不够彻底。表现为症状一直未消失，甚至迁延数月、数年之久，单纯加压治疗有效，因此，也可称为“延误治疗”的减压病。也有些慢性减压病的描述实际是指“减压性骨坏死”，应注意区别。

四、治疗

潜水减压病对潜水员健康的危害较大，如不采取及时、正确的治疗，轻者遗留不适和功能障碍，重者可致残或死亡。但只要认识和掌握了它的发生、发展规律，运用适当的方法，治愈率是相当高的。

对减压病的治疗，可分为加压治疗和辅助治疗。加压治疗是使患者重新处于高压环境中，故又称“再加压治疗”，这是迄今为止对减压病最有效的治疗方法，已被普遍采用。辅助治疗可显著提高加压治疗的效果和促进加压治疗后某些残留症状的消除，因此也受到重视。

(一) 加压治疗

加压治疗是指将患者送进加压舱（图 7-2）做再加压处理，并有控制地减压，以消除体内气泡、解除症状的治疗方法。将患者送入加压舱内，升高舱内压力到合适的程度，持续一定时间，待患者的症状和体征消失或做出明确的判定后，再按照合适的治疗方案减压出舱。及时、正确的加压治疗，可使 90% 以上的减压病患者获得治愈，对延迟治疗的减压病也可治愈或使症状显著好转。

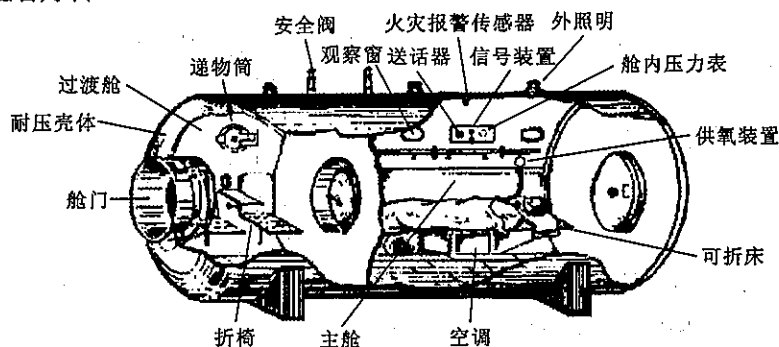


图 7-2 加压舱

加压治疗时需使用为加压、减压而专门制订的方案和程序表,即加压治疗表。潜水事业发达的国家或大型作业机构都制订并发布有自己的加压治疗表,多数为公开发布,供同行借鉴。我国研制有数种加压治疗表,但也采用国外的加压治疗表。各加压治疗表都有各自相应的使用说明,使用前必须详细阅读、理解。

加压治疗的原理可概括为以下几点。

(1) 机体暴露于高压下,组织及体液中致病气泡的直径和体积相应缩小。

(2) 加压后致病气泡中的气体分压相应升高,组织和体液中的溶解量成正比例地增多,即造成了使气泡重新溶解的良好条件。气泡最初被压缩而体积减小,而后又溶解,直到不影响机体的功能活动甚至完全消失,气泡栓塞和压迫所致的占位或栓塞也就随之消失,相应的症状也逐渐好转。再有控制地逐步减压,使体内过量的惰性气体从容排出。消除再形成气泡的物质基础后,症状和体征便不会重现。

(3) 增加组织的氧分压,改善组织的缺氧状态,促进恢复过程。在有吸氧的治疗方案中,这一作用非常重要。此外,吸氧时氧气可将组织和体液内惰性气体置换出来,有利于消除气泡和根除再形成气泡的基础。高压吸氧还有抑制白细胞黏附、促进内皮等细胞的功能恢复和对抗损伤的作用。

(二) 辅助治疗

辅助治疗的作用在于改善患者呼吸、循环功能,组织缺氧状况和机体的一般状态,加速惰性气体的排出,促进水肿消退和损伤组织的恢复,预防继发感染,从而提高和巩固加压治疗的效果。轻型减压病经过单纯加压治疗后,通常可达到满意的效果。但是,重症减压病由于血液系统、循环系统和炎症免疫等继发反应,要求在加压的同时采取相应的辅助治疗,否则难以获得理想效果。

辅助治疗包括吸氧、药物治疗、物理疗法、支持疗法等。

1. 吸氧

发生减压病后,应在现场或转运途中尽快开始常压吸氧,预防病情的恶化。吸氧对轻症、中症患者甚至具有治愈效果。

2. 药物治疗

(1) 中枢兴奋药:一般认为病程初期,尤其在加压治疗过程中,可改善患者呼吸及循环状况,对于促进惰性气体的排出有积极作用。

(2) 神经营养药:有改善神经组织物质代谢的作用。

(3) 血容量补充剂。减压病患者,特别是重症减压病患者,因内皮通透性增高、大量血浆渗出,出现血液浓缩甚至低血容量性休克的症状,血容量补充剂对这种症状有较好的缓解作用。

(4) 止痛剂:应慎重使用,以免掩盖需要加压治疗的疾病症状。

(5) 抗菌药物:对减压病本身无直接作用,但可预防和治疗继发感染。

(6) 其他药物:在加压治疗过程中,有时为了改善组织的血液灌流以利于惰性气体脱饱和,使用一些扩张血管的药物。对中枢神经系统减压病,早期可使用利多卡因,对保护神经

损伤有良好的效果；为恢复正常的血管通透性或帮助稳定血压，可采用激素。

3. 物理疗法

物理疗法能改善血液循环，促进新陈代谢和机体功能的恢复，有利于患者体内惰性气体的排出，是治疗后遗症的主要手段。

在热水中浸泡或淋浴，对消除皮肤症状、减轻肢体疼痛、缓解肌肉酸胀等症状有良好的效果。但热水浴时由于出汗等原因有相当的体力消耗，而且体温上升会大大减少惰性气体在体液中的溶解度，所以在初出水（舱）时，通常主张不要立即进行热水浴，而是在休息一段时间之后再行，水温也不宜太高。

其他相关改进肢体功能、促进神经和运动系统功能恢复的物理疗法，都可以在加压治疗后根据具体情况选用。

4. 支持疗法

支持疗法主要是补充营养和改善饮食。鉴于加压治疗时，患者长时间处于密闭的高压氧舱内，易疲劳，且常有消化功能欠佳的情况，应提供高热量、高蛋白、高维生素、低脂肪、易消化、不产气的膳食。昏迷患者应给予鼻饲。为防止加压时引起胃部不适、呕吐等状况，进舱前不要进食。加压治疗过程中，宜在压力较低的停留站进食。

五、预防

减压病是可以预防的。掌握了减压病的发病原理及其发展规律，就不难理解各种预防措施，从而自觉执行以预防为主方针，切实遵守减压规则，控制各种促使气泡形成的因素，提高机体对高压的适应性。潜水作业中减压病的预防应注意以下几点。

（1）状态良好、技术娴熟、知识充分。

良好的心理和躯体状态，是保证潜水作业安全高效的重要基础。实践证明，精神状态不佳者，往往易于发生潜水事故。掌握技术、锻炼技能、积累经验，可使水下作业逐渐游刃有余，提升作业安全性。当然，潜水员必须掌握必要的潜水医学知识，理解减压病的发生、发展、影响因素和对健康的危害，并掌握预防措施。

（2）正确选择减压方法和方案。

正确选择减压方法和方案是预防减压病的根本措施。减压的方法应满足所进行的潜水作业需求；减压方案的选择则应充分考虑水下作业各要素。应该根据潜水作业中随时变化的环境、操作、人员和装备情况，随时调整减压方法和方案，灵活实施医学保障。

（3）认真进行下潜前的体格检查。

潜水作业前要认真进行体格检查，不仅要及时发现潜水员不适合潜水的身体异常，还要注意调整精神状态。

（4）加强平时的医学保障工作。

潜水员应注意加强身体锻炼，定期进行加压训练，维持和提高对水下、高压环境的适应性和耐受性。

第二节 气 压 伤

在潜水或加压过程中，凡因体内含气腔室气压与周围环境压力不平衡而引起的组织与器官变形、位移、功能障碍或结构损伤等，均称为气压伤。气压伤通常可分为肺气压伤和局部气压伤，后者包括中耳气压伤与鼻窦气压伤。

采用装具潜水，会在机体和水下环境之间形成特定的含气空间。在某些条件下，当这些含气空间内压明显低于外界水压时，就会导致气压伤。气压伤是由空间内压过低引起，习惯上称为潜水员挤压伤。如采用轻潜水装具潜水时，容易引发面部挤压伤。

一、肺气压伤

肺气压伤（图 7-3）是指肺内压过高或过低于外界气压时造成肺组织和血管撕裂，以致气体进入血管和相邻组织而引起的综合征。肺气压伤常引起致命的动脉气栓和气胸，是最为凶险的潜水疾病，需要即时判断、正确处理、科学预防。

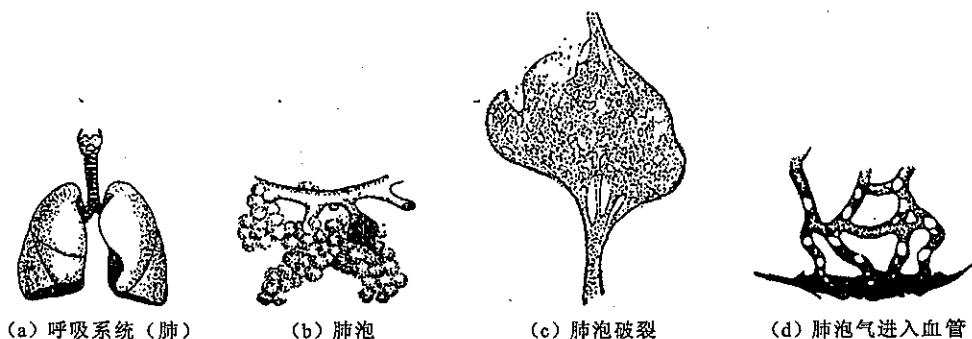


图 7-3 肺气压伤

（一）发病原因

虽然发病率低，但肺气压伤多发生于自携式潜水过程中。肺气压伤导致的动脉气栓是轻潜水作业中潜水员的常见致死或致残原因。据统计，肺气压伤在美国每年大约发生 100 例。通常认为，由肺气压伤引起的动脉气栓是自携式潜水死亡事故的第二大原因，但实际上它可能超过传统认为的第一死因淹溺。因为很多淹溺可能是继发于动脉气栓导致的意识丧失。正因如此，加上只有出现明显症状时才会引起注意，一般很难确定肺气压伤的发病率。

肺气压伤大多数是由肺内压过高所引起，而肺内压过低引起的肺气压伤很少见。肺内外压差过大和肺的过度膨胀是潜水中发生肺气压伤的两个重要条件。以下几种情况容易引发肺气压伤。

（1）减压过程中屏气。这是引起肺内压过高的主要原因，常见于因情绪紧张、惊慌、呛水等无意识地屏住呼吸，同时也发生在上升减压过程中不受控制的上浮。在某些情况下，潜水员因其他原因发生了喉头痉挛或窒息，但又被动地上升到了较浅处或者被带出水面，在加压舱内高气压暴露后减压过程，因缺乏高压物理学和生理学基本知识而故意屏气，都可能

导致肺气压伤。

(2) 上升速度过快而呼吸不畅。这是造成肺内压升高的另一常见原因, 常见于从入水绳或浮标绳上滑脱而“放漂”、压重脱落、意外情况下水面拉引过快等情况。减压速度过快, 肺内膨胀的气体来不及经呼吸道排出, 在呼气不畅时, 膨胀的气体更易造成肺内压升高, 损伤肺组织和肺血管。

根据玻意耳-马略特定律, 从较低压力减压与从较高压力减压相同距离比较, 前者气体膨胀的比例要比后者大。因此, 无论是潜水还是在加压舱内高压暴露, 0.3 MPa 压力段是肺气压伤的易发阶段。

(3) 供气中断。当使用自携式潜水装具潜水时供气中断, 潜水员会更用力呼吸, 结果越用力肺内压越低, 最终因肺内压过低而导致肺组织损伤, 这种情况比较罕见。

(二) 症状

肺气压伤病发紧急, 大部分在出水后数秒至数分钟内发病, 少数在减压上升过程中即会发生, 症状和体征一般都比较严重, 但也有些病发时症状不明显, 当进行体力活动时才显现。

1. 肺出血和咯血

出水后即刻或数分钟后口鼻流淡红色血液或粉红色泡沫状痰, 是本病的特征性表现之一, 但可能只有不到一半的人会出现此症状。有时仅痰中带血或无明显出血症状, 但若损伤了较大血管, 流血量可达 100~200 ml 甚至更多。咯血可持续 1~2 日甚至更久。听诊常可发现散在性湿啰音和呼吸音减弱, 叩诊可能发现浊音区。

2. 胸痛、浅促呼吸、咳嗽

肺撕裂会导致胸痛, 通常出现较早, 多位于患侧胸部, 也可发生在胸骨后或全胸。有的表现轻微甚至无明显感觉, 有些则刺激难忍, 深吸气时可加重, 因此患者常浅促呼吸。如果出现严重的呼吸困难, 则应高度怀疑存在动脉气栓。由于肺出血及分泌物刺激呼吸道, 常引起咳嗽, 这既给患者带来很大痛苦, 并可能导致肺内压升高而促使病情进一步恶化。

患者肺部听诊常能听到湿啰音或喘鸣。如果肺损伤发生在气道远端, 会引起胸膜反应, 并在胸部 X 线片上能看到轻微的胸腔积液。

3. 中枢神经系统功能异常

如并发脑动脉气栓, 潜水员常在出水后短时间内, 甚至在临近水面的水下减压阶段出现意识丧失, 常没有任何先兆症状。轻者仅表现为神志不清或意识模糊。

根据气栓的部位和程度的不同, 可能出现单侧或双侧运动和感觉改变、肢端无力或麻痹、轻度瘫痪、癫痫样惊厥、反射减弱、视觉障碍(斜视、同侧偏盲、眼球震颤、视神经盘水肿、瞳孔反应迟钝)、运动性失语、眩晕和耳聋等症状。

4. 循环功能障碍

如大量气体进入循环动脉系统, 会影响体内循环功能。患者口唇黏膜发绀, 脉搏细数, 心律不齐。气泡流经左心可能导致二尖瓣关闭不全, 心前区可能听到“车水样”杂音, 严重

者心力衰竭。由于气泡可以移动，循环系统的上述表现可能时轻时重。如果直接发生了冠状动脉栓塞，则可能很快出现心搏骤停。

5. 其他脏器功能异常

由于气泡主要顺血流分布，其他脏器也可能受动脉气栓的影响。例如，因舌动脉栓塞导致出现边缘清晰的缺血苍白区。动脉气栓患者多数出现肌酸激酶的升高，主要是骨骼肌型，在发病后 12 h 达到峰值；血清谷草转氨酶、谷丙转氨酶和乳酸脱氢酶也会升高，其程度与神经系统愈后情况有关。

6. 纵隔气肿

纵隔气肿可伴有局部损伤，但有时症状并不明显。大多患者主诉胸骨后轻中度疼痛和胸闷，通常表现为钝痛或胀痛，深吸气、咳嗽或吞咽时加剧，并可向肩、颈和背部放射。吞咽可能会加剧疼痛，甚至出现嗓音嘶哑。如纵隔大量积气，听诊可能发现与心跳同步的心包摩擦音（黑曼征）。很少出现明显的呼吸系统症状，如出现表明还存在其他状况。胸部 X 线能灵敏地反映纵隔气肿的存在，在肺动脉周围、心脏后主动脉旁及整个心脏边缘会发现气泡亮点，特别是左肺动脉上下区域。

7. 皮下气肿

进入纵隔的气体继续扩散向上进入颈根部，严重者会继续扩散至前胸部锁骨附近和颈侧。气肿局部胀满，触之有“捻发音”，少数表现有吞咽困难和音调改变。皮下气肿来自纵隔，因此都伴有纵隔气肿。皮下气肿通常在出水后 2~4 h 发生，但也有在短时间内出现的。皮下气肿也是肺气压伤的典型体征，一旦出现，要警惕其他更为严重的症状存在。

8. 气腹

气腹较罕见，一定量的气体进入腹腔也较少引起明显症状，可能仅在做 X 线检查时偶然发现。

9. 气胸

气体进入胸腔则导致气胸，但其发生率仅为动脉气栓的 5%~10%。气胸的症状主要为患部疼痛、呼吸急促，严重者出现呼吸困难、面色苍白。气量大者气管和纵隔可移向对侧，叩诊呈鼓音，听诊呼吸音减弱或消失。肺气压伤导致的气胸大多数症状较轻，但因为经常并发于动脉气栓，必须及时发现，并需要加压治疗。因为很有可能在减压阶段使单纯性气胸变成张力性气胸，造成患者出现低血压、血氧饱和度下降和呼吸状态进行性恶化，如判断处置不及时、不正确，容易导致严重后果。在加压治疗前，应该充分考虑发生气胸的可能。

（三）治疗

肺气压伤起病急，后果严重，需要及时救治，在救治过程中还应把握一些特殊要点。

1. 加压治疗

(1) 适应证。动脉气栓危害极大, 加压治疗是最有效的救治方法, 无论病情轻重, 均需尽早进行。纵隔和皮下气肿只有当影响呼吸循环等功能时才需要低压力加压。存在气胸者应尽可能避免加压, 但为了救治动脉气栓, 并发气胸者很可能需要加压治疗, 在治疗前和治疗过程中需要给予特殊处置措施。

(2) 原理。首先, 气栓或气肿随着压强的升高而缩小, 气泡内压强升高使得气体重新溶解于血液或组织中, 再经过缓慢减压, 这些气体能通过循环、呼吸系统安全地排出体外; 其次, 加压治疗中设置有高强度的吸氧环节, 既可加速气泡中惰性气体成分的排出, 又可治疗气泡引起的缺血、缺氧性损伤, 同时还能激发机体对抗损伤的能力。

(3) 方案选择。通常选择 500 kPa 甚至更高压强的治疗方案; 如果病情较轻, 经潜水医师判定后, 也可采用 180 kPa 吸氧方案治疗, 特别是只有普通高压氧治疗舱时。

(4) 操作要点。动脉气栓发病急、后果严重, 一经确诊应立即进舱治疗。加压速度应尽可能快些, 根据情况直接加压到 500 kPa 或 180 kPa。患者应按规定停留和吸氧。若高压下停留结束后气栓造成的临床症状未完全消失, 可进一步升压, 选择更高压强的治疗方案完成后续治疗。治疗全程患者应保持平静, 特别是重症患者, 应绝对平卧休息。在治疗前后的转送等过程中也应保持平卧, 避免肺内压增加的任何活动。

(5) 处置气胸。如果在加压治疗前就发现存在气胸, 应先做必要的处理, 如设置闭式引流, 特别是开放性和张力性气胸。此处理可以在加压舱内进行。在减压过程中, 可能因为存留于胸膜腔内的气体膨胀或者肺内伤部重新活动, 气体又进入胸膜腔, 重现或新发生气胸。应及时识别这种情况, 立即停止减压, 将舱压升高 30~50 kPa, 同时应及时将胸膜腔内气体抽出。

(6) 处理纵隔或皮下气肿。轻度者只需吸氧, 严重者可给予适当加压治疗, 通常不超过 30 kPa。采用吸氧方案, 加压治疗前必须先排除气胸。

(7) 症状反复。除了因出现无脉电活动等快速死亡者, 只要开展及时, 加压治疗效果良好, 大多不会留下后遗症。但需要注意, 有 30% 左右动脉气栓患者虽然对最初的加压治疗反应良好, 但可能在数分钟或数小时后病情恶化。虽然发展速度要慢于刚发病时, 但进一步加压治疗效果通常不理想, 损伤区域血流降低和肺部血管活性物质释放可能是关键原因。因此, 加压治疗时应同时辅以其他治疗措施。

2. 对症治疗

如果患者呼吸心脏停搏, 应立即进行心肺复苏。在自然呼吸及角膜反射恢复后, 可采用呼吸中枢兴奋药、心血管中枢兴奋药或强心药。解除喉痉挛, 必要时应将气管切开。肺部创伤仍有出血者, 应用止血药。止咳不仅可解除患者痛苦, 还可防止因咳嗽造成的病情恶化, 应选用强效止咳药。如怀疑存在或证实有脑动脉气栓, 通常应使用激素及相关对抗脑水肿、保护脑功能的药物。应及时补充血容量, 对抗血管和内皮损伤。通常应给予适当的抗生素, 以防并发肺部感染。高压氧对防治脑水肿、减少神经系统后遗症及促进创伤愈合均有明显效果, 应在加压治疗后积极采用。

发生肺气压伤和动脉气栓者, 出水后心跳、呼吸立即停止及在救治过程中因为气栓或继

发的淹溺而死亡者约各占 5%，其余 90% 的病例只要正确治疗，70% 以上能够彻底恢复或者基本痊愈。

（四）预防

1. 加强教育

由于肺气压伤致病原因基本明确，所以预防更为重要。每一名潜水人员均应了解肺气压伤发生的原理和预防措施，确保所用装备性能良好，严格遵守各项操作规范，消除可能导致紧急上浮的各种诱因。一旦发生快速上升或减压的情况，应采取正确的呼吸要领。对接受高压治疗的病员，也应强调在减压过程中严禁屏气。虽然还不清楚肺气压伤复发的概率，但普遍认为，对于无明确原因发生肺气压伤的潜水员，由于复发的可能性较大，且可能比第一次更严重，很可能并发动脉气栓，所以尽可能不要继续潜水。

2. 严格适应性检查

严把体检关。肺部存在可能影响气体进出的疾患，如肺囊肿、肺大疱、哮喘、肺部有明显钙化灶、自发性气胸等，不能从事潜水和高压相关职业或参与休闲潜水活动。同时潜水前应认真检查装备，保证供气正常。

3. 避免减压时肺内压过高

（1）潜水上升过程中或舱内减压过程中要求均匀深长地呼吸，不短促呼吸和喘气，严禁屏气，保持呼吸道畅通；遇到紧急情况时，也应强调避免屏气。

（2）控制上升或减压速度。即便是不减压潜水，也应按规定速度（通常 6~12 m/min）缓慢上升，特别是 10 m 以浅的上升速度，越接近水面越应严格控制。若发生不可控制的快速上浮，应保持镇静，在采用向上划水动作减慢上升速度的同时，应采用呼气大于吸气的呼吸方式。

二、中耳气压伤

外耳和中耳之间由鼓膜相隔。外耳与大气相通，中耳通过耳咽管与咽部相通。耳咽管咽部开口处平时是关闭的，当张口、吞咽、打呵欠时，由于周围肌肉的前拉，耳咽管口开放，空气即可进入鼓室，使鼓室内外压力平衡。若耳咽管的功能失调，当外界压力改变时，鼓室内外形成压力差，鼓膜凹凸变形，引起中耳（主要是鼓膜）气压伤（图 7-4）。

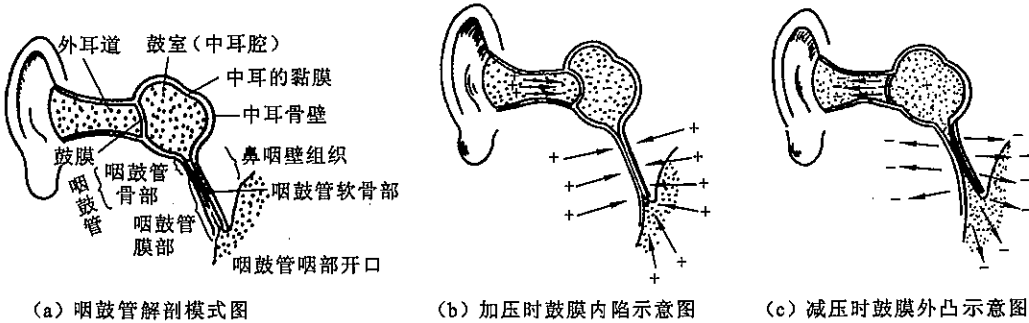


图 7-4 中耳气压伤示意图

中耳气压伤是由中耳鼓室内外压力不能平衡而产生的一种病理损伤。当潜水员下潜或上升时,鼓膜外侧静水压增加或降低,为平衡这一压力,鼓膜内侧气体压力也必须相应增减,这有赖于气体经咽鼓管进入或排出中耳,如果这个环节受到干扰,就会发生中耳气压伤。

(一) 原因

中耳气压伤多发生于下潜阶段,这是因为咽鼓管软骨部“软、硬”结合,呈现“单向活瓣”的特点。当下潜或加压时,外界气压不断升高,如果由于某种原因气体没有及时通过咽鼓管进入鼓室,鼓室内出现相对负压,咽鼓管软组织将更贴紧软骨壁,使得鼓室难以打开。鼓室内相对负压会引起黏膜血管扩张和水肿渗出,甚至发生出血性水泡和鼓室内出血,以平衡中耳内压;鼓膜被向内牵拉,鼓膜松弛部内侧血管扩张、渗出、出血,最终破裂。

在上升或减压时,外界气压降低,鼓室内呈相对正压,其内膨胀气体容易推开闭合的内外壁,使鼓室内外压力达到新的平衡。所以,减压导致的中耳气压伤多存在于特殊的病理状态。

导致中耳气压伤常见的原因有以下两个方面。

(1) 非病理性:下潜或加压时未做或加压速度过快来不及做中耳调压动作以开启咽鼓管,导致中耳气压伤。

(2) 病理性:鼻咽部的急慢性炎症、鼻息肉、下鼻甲后端肥大、咽部淋巴组织增生等因素导致咽鼓管阻塞,限制了咽鼓管的通气,导致中耳气压伤。

(二) 症状

1. 下潜或加压时

鼓室内外存在压差,先出现耳阻塞、闷胀感,合并听力受损、耳鸣。继续下潜,出现逐渐加重的疼痛,鼓膜内陷,最终破裂。乳突气房与中耳通过窦房相通,也有可能受到气压性损伤引起耳后疼痛。如果潜水员未戴湿式潜水帽,鼓膜破裂后冷水可能流进中耳,这种冷刺激会引起严重的眩晕、定向障碍,有可能出现恶心、呕吐。

引起不同表现的压差值存在个体差异。通常压差值达 8 kPa 时即可出现耳痛;当压差值达 10 kPa 以上时,耳痛剧烈难忍,并可放射到颞、腮和颊部,听力严重减退,耳鸣、头晕加重;如未采取有效措施,压差继续加大到 13~66 kPa,鼓膜即可破裂。鼓膜破裂后,血液流入中耳腔,耳内可有温热感,剧烈疼痛也随之缓解;但轻度疼痛仍可持续 12~18 h,在 6~24 h 期间,尚可出现头晕、恶心。尸检研究发现,正常鼓膜在压差达到 50~120 kPa 时破裂。耳镜检查可见鼓膜内陷、充血,鼓膜光锥亮度和范围减小,中耳腔有渗出液和积血;严重者鼓膜破裂,破裂部位多见于紧张部下方。

2. 上升或减压时

鼓室内压超过外界 0.4~0.7 kPa 时出现耳内发胀感;压差达 1.3~2 kPa 时,通常足以推开贴合的咽鼓管两壁,使一部分气体逸出而达到新的平衡,这时可感到滴滴声或嘶嘶声,故减压时耳痛要比加压时少见得多或轻得多。如果咽鼓管口阻塞,中耳内相对正压继续升高,鼓膜会向外凸出,导致剧烈耳痛,甚至鼓膜破裂。这种现象一般只有在咽鼓管存在有碍鼓室内气体排出的活瓣性障碍时才发生。

（三）治疗

1. 鼓膜未破

仅存在鼓膜充血等轻微症状者大部分可自行恢复。鼓膜明显充血者，鼓室内的渗出液或血液会被重新吸收或经咽鼓管排出至咽部，必要时可进行咽鼓管吹张，加速积液排出。同时可进行局部热敷及透热疗法，既可促进积液吸收，又可缓解耳痛，促进恢复。此时应避免施行鼓膜切开术，可给予血管收缩剂滴鼻（如1%呋麻滴鼻剂）和黏液促排剂（如盐酸氨溴索）。口服有利于鼓室气压恢复和积液排出，无禁忌可短期口服小剂量类固醇激素，可使不适过程缩短，促进恢复。有耳痛、头痛者，可给予镇静剂。若经治疗症状未缓解，积液或积血不吸收，可进行鼓膜穿刺或切开术，术后进行咽鼓管吹张，使积液或积血排出，避免积液机化形成粘连。耳镜检查无异常、听力和咽鼓管功能均恢复后，才能再次潜水。

2. 鼓膜已破

鼓膜破裂后水可能进入中耳，引发感染。处理原则与普通中耳炎相同，保持外耳道清洁、防止感染，促使其自然愈合。可以用75%医用酒精棉签擦拭外耳道，若外耳道内有血块，可在严格消毒后取出，并用消毒棉球置于外耳道口。一般不需要进行耳内冲洗和滴药，以免将外耳道细菌带入中耳引起感染。但如果潜水水质污浊，怀疑耳内有泥沙、油污等进入，则应以过氧化氢溶液和生理盐水反复冲洗外耳道和鼓室，清洁后可适当对全身给予抗生素，并保持外耳道干燥。通常不必对创伤性鼓膜穿孔进行急诊鼓膜修补术。如果没有并发症，大多数病例可在2个月内自愈。破口大、破口不规则或者伤后1~2个月没有自愈倾向时，可进行鼓膜修补术。鼓膜穿孔未愈合前禁止游泳或潜水。

（四）预防

1. 严格体检

潜水和高压气从业者，必须满足基本的身体要求，在一般体格检查的基础上，应重视耳鼻喉科相关问题。咽鼓管功能必须正常，不能有中耳及周围含气腔室在环境气压变化时不能与外界保持平衡的情况存在。加压试验应为阴性。

2. 掌握咽鼓管开张法

咽鼓管是中耳与外界气压平衡的唯一通道，必须在外压变化过程中能够按需开张。开张咽鼓管的方法有很多，常用的有捏鼻鼓气、张口移动下颌、打呵欠、吞咽、舌向后上运动或者某两种方法的组合，目的都是为了牵张咽鼓管，助其打开。潜水和高压气暴露前必须要掌握其中一种或多种适合自己 and 不同情况下有效调压的方法。如有可能，在水下应尽可能减少捏鼻鼓气法，因为会增加胸膜腔内压和颅内压。

应遵循“适时、适当、适度”的原则平衡中耳内外压。应在下潜或加压开始时甚至稍提前数秒就开始开放咽鼓管，并在加压或下潜过程中保持适当频率重复开放动作，水深超过1.2 m 水压咽鼓管就会被压紧不易打开。如采用捏鼻鼓气，用力应适度。体位也会影响中耳平衡，脚低位比头低位更适合调压。

3. 控制下潜和上升速度

在深度较浅处下潜速度或上升速度不应太快。新潜水员通常调压能力较差，在加压的初始阶段，加压速率应视暴露者咽鼓管的通过性情况确定。如果在下潜时发生耳痛，应暂停下潜，采取适当动作开启咽鼓管；如无效，应上升 1~2 m，再次尝试打开咽鼓管；反复两次无效，应中止潜水。同时，在自携式潜水中，应尽可能避免在浅处进行反复上下潜水，这可能使部分潜水人员咽鼓管开张困难。

如果耳痛发生在上升过程中，应暂停上升，通过移动下颌、打哈欠等动作打开咽鼓管。必要时可下潜数米以缓解症状。严禁在上升过程中行捏鼻鼓气动作，这不仅无助于中耳气体的排出，还可能诱发肺气压伤。

4. 处理诱因

每次下潜前均应检查咽鼓管通气功能。无法有效打开咽鼓管者，可用呋麻合剂或萘甲唑林滴鼻后再行尝试；如仍难以打开，不应下潜或进舱加压。若患有妨碍中耳调压的疾病，如腺样体（增殖体）肥大、扁桃体肿大、下鼻甲肥大、鼻中隔偏曲等，应接受治疗，直至不影响咽鼓管开张方可进行潜水。上呼吸道感染导致的鼻塞也会影响中耳内外压的平衡。局部使用和口服血管收缩药能够降低高血压暴露引起中耳气压伤的发生率和严重程度。

5. 加压锻炼

经常运动，防止感冒，保持鼻咽部和耳部的健康。经常潜水和高血压暴露者咽鼓管功能及调压技能均较好，中耳气压伤的发生率显著降低。

三、鼻窦气压伤

（一）原因

鼻窦是鼻腔周围骨壁间的含气腔室，两侧对称，共有 4 对：上颌窦、额窦、筛窦及蝶窦 [图 7-5 (a)]，均通过狭窄的通道与鼻腔相通。若鼻窦开口处黏膜发生急性炎症、肿胀、鼻息肉或鼻甲肥大等，造成其通道阻塞，在潜水时外界压强发生变化，窦内气压不能随之增减，就有可能造成鼻窦气压伤 [图 7-5 (b)]。

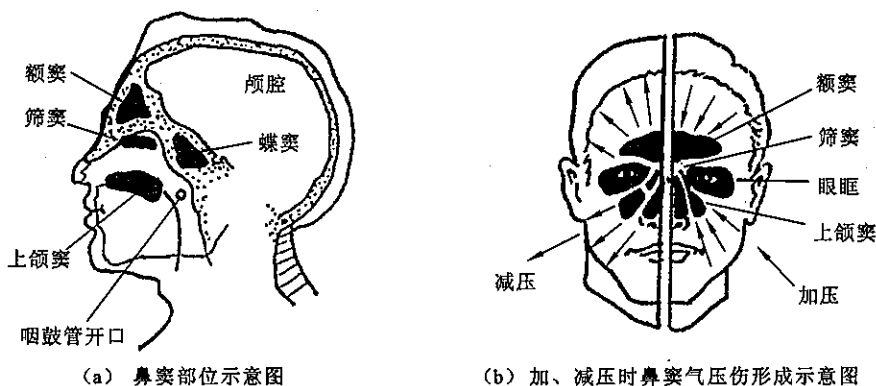


图 7-5 鼻窦部位及加、减压时鼻窦气压伤形成示意图

如果下潜时外界水压增高而窦腔内压相对过低,鼻窦内黏膜血管扩张、渗出、破裂,出现黏膜及黏膜下出血、血肿或出血性水泡,水泡破裂可引起窦腔内出血。这种情况引起的出血,通常当时并不会从鼻窦内流出,而是在减压时因窦腔内气体膨胀,才使血液被挤压出鼻窦。下潜时发生鼻窦气压伤,有可能导致上升时窦内气体不能排出,引起剧痛。

有时鼻窦内息肉、囊肿等会起到活瓣作用,在下潜时允许气体进入,但上升时气体无法排出。窦腔内相对气压增高超过周围组织血管内压,会造成局部缺血,局部组织可能会被拉伸、移位甚至撕裂。由于上升时鼻窦内气体较容易通过窦口排出,所以上升减压过程发生鼻窦气压伤的概率明显小于下潜时。

(二) 症状

鼻窦气压伤常见于额窦和上颌窦,偶见于筛窦。根据鼻窦不同,分别表现为额部疼痛,面颊及磨牙疼痛、麻木等,疼痛可能向周围放射。在患病鼻窦处可有压痛,咽部或中鼻道可见血性分泌物,重者有鼻出血。X线片可见黏膜增厚,窦腔混浊,可存在液平面。

上颌窦腔内高压能引起第五对脑神经眶下支缺血性功能麻痹,出现神经支配区域麻刺感、面颊及同侧上唇麻木。鼻腔中致炎物质可能在下潜时被压进窦腔,而气压伤造成的血浆渗出物容易滋生微生物,甚至引起前额硬膜外脓肿。因此,潜水后若鼻窦症状持续数日,应考虑鼻窦炎。气体可以透过薄如纸片的窦筛隔板进入眶部,引起气肿、血肿或感染,并可能导致视力受损。

鼻窦气压伤的诊断并不困难,根据潜水员在潜水或在气压变化的环境中发生患处疼痛的病史,加上体征,即可确诊。疼痛通常在出水后才被发现,只有约12%的患者在水下即感到疼痛。有些患者在高气压暴露后出现鼻腔无痛性流血,需要鉴别是来自鼻窦还是中耳,还需要与龋齿腔、义齿间隙等受气压引起的局部疼痛、压痛相区别。应注意发现鼻腔和鼻窦的炎症、息肉、鼻甲肥大等病变及牙齿情况。

(三) 治疗及预防

如果疼痛在潜水后很快消失,可用10%麻黄碱或萘甲唑林滴鼻数日,使黏膜血管收缩,恢复鼻腔和鼻窦的通气。疼痛严重并持续存在者,除对症处理外,因及时发现可能存在的窦内高压,可以选择进舱适当加压,并局部使用或口服缩血管药,再缓慢减压以排出窦内积气和积液,或者采取窦腔穿刺术或额窦环锯术,及时为受损窦腔减压。

如需要继续潜水或高气压暴露,应积极治疗影响鼻窦通气的基础性疾病。存在影响鼻腔和鼻窦通气情况,特别是存在减压时影响气体排出的活瓣性阻塞时,禁止潜水和高气压暴露。如果存在过敏性鼻黏膜水肿,在潜水前可以先用缩血管药。在下潜时若出现局部疼痛,应停止潜水。

四、面部挤压伤

面部挤压伤是指在佩戴眼鼻面罩或全面罩进行潜水时,因面罩内压低于外界水压过多,引起面罩覆盖部位发生的挤压伤,所以又称为面罩挤压伤。

（一）病因

潜水面罩都必须将鼻部覆盖在内，目的除了防止鼻孔进水，更是为了平衡面罩内压。如下潜时速度过快、没有或来不及向面罩内呼气、佩戴不设咬嘴的全面罩等因各种原因导致供气不足或中断，均可造成面罩内压低于外界水压，面罩就会呈现“拔火罐”作用，引起面部挤压伤。

（二）症状和体征

面部挤压伤轻者仅有面部被抽吸和面罩边缘接触皮肤处受压感。重者会出现面部疼痛或剧痛，可能引起视觉障碍。面罩覆盖部位可有疼痛、红肿、瘀血，眼结膜充血、鼻出血。严重者有眼球凸出，或者眼球后出血、视网膜出血。

（三）治疗和预防

治疗面部挤压伤主要是对症治疗，促使症状、体征尽快消失。面部瘀血、肿胀者，可局部冷敷。疼痛严重者，可给予镇痛药。眼鼻的损伤按相应的专科原则处置。预防主要应控制下潜速度，防止意外跌落，及时平衡面罩内外压。

第三节 缺氧症

缺氧症是指机体得不到足够的氧或组织不能有效地利用氧而引起的病理变化。根据发展过程的快慢，通常分为急性缺氧和慢性缺氧。在潜水过程中发生的缺氧，主要属于急性缺氧。使用自携式潜水装具很少发生缺氧症。

一、原因

- （1）气瓶中没气或充填不符合要求的气体。
- （2）气瓶阀未开或供气系统故障中断供气。
- （3）在水下停留时间超过规定极限，上升出水不及时，瓶中气体耗尽。
- （4）精神过度紧张，呼吸表浅，或为节约用气而采用间停呼吸。

二、症状

缺氧症的严重程度与呼吸气体中的氧气分压降低的程度、速度和持续时间有关。若吸入气体中氧分压很快下降过低，则发病迅速而严重，常无先兆症状，突然发生昏迷，所以急性缺氧症非常危险，应特别注意。

（1）呼吸气体中氧气分压降至 12~16 kPa（相当于常压氧气体积分数 12%~16%）时，皮肤黏膜发绀，呼吸深而快，心跳强而快，血压升高。

（2）氧气分压降至 9.33~12 kPa（相当于常压氧气体积分数 10%~12%）时，呼吸更深

而频率加快,有时不规则,心跳可达100~120次/min。

(3) 氧气分压降至6~9.33 kPa(相当于常压体积分数6%~10%)时,除上述呼吸心跳症状加重外,还会出现头痛眼花、反应迟钝、焦虑不安、思维紊乱等神经功能失调症状。若氧分压降至6 kPa以下,将迅速发生昏迷,呼吸和心跳既慢又弱,而且不规则,血压下降,呼吸停止后,心跳亦停止。

三、治疗

由于急性缺氧症发展迅速,病情严重,应及时有效地抢救治疗,抢救措施如下。

(1) 尽快将患者抢救出水。在潜水过程中,水面连续询问三次不予回答,应以10 m/min的速度(防止肺气压伤)将其拉出水面,必要时应派人下潜援救。

(2) 下水援救时,救护潜水员应先确认装具的供气情况和呼吸气体储备情况,如确认是供气不足或中断引起,应协助供给应急气体或将其拉出水面。到达水面后应立即给予呼吸新鲜空气或纯氧。

(3) 由于缺氧的首发症状常表现为意识不清,对减压上升过程中发生的缺氧与动脉气栓的鉴别比较困难,可以按照动脉气栓处理,加压治疗对纠正缺氧也有益。

(4) 出水后应迅速卸除装具,使患者呼吸新鲜空气。轻症患者一般可逐渐恢复意识,无须其他特殊处理。

(5) 对呼吸停止、心脏停搏或减弱者,应迅速进行心肺复苏,直至恢复心跳和自然呼吸。给患者呼吸纯氧,根据情况使用强心、维持血压、促进呼吸功能的药物。上述措施必须彻底有效,以免心肺复苏后再出现呼吸停止、心脏停搏。

(6) 在进行抢救的同时,应加强护理工作,注意安静、保暖,以免增加患者体力消耗。对于缺氧严重的患者,根据具体情况,可考虑尽早给予补液、补盐以防水电解质紊乱。

(7) 如果合并发生其他潜水疾病,如肺气压伤、减压病、溺水等,应分清主次,采取相应的急救措施。

四、预防

缺氧的发生并没有明显的先兆,而这种无法预料的缺氧常常更具危险性,加上缺氧的后果会非常严重,因此做好预防至关重要。使用自携式呼吸器时,很少发生缺氧,除非供应的气体中氧气含量过低。

虽然在潜水过程中发生缺氧十分危险,但只要做好预防工作,完全可以避免事故的发生。预防工作的原则是:在各个环节上杜绝造成氧气不足的一切可能,重点在于认真检查装具和遵守各项潜水规则,具体如下。

(1) 测定自携式呼吸器气瓶瓶压,确保满足最低气压要求。

(2) 在水下潜水过程中气体压强出现离底警示时立即结束潜水,上升出水。

(3) 对潜水装具定期进行检查,及时维护更新。

(4) 水面保障人员必须严守岗位,密切观察潜水员在水下的活动,经常询问潜水员的感受,及时发现水下异常。

第四节 氧中毒

氧是维持人体生命所必需的物质,然而吸入的氧气超过一定压力和时间,则会对机体产生毒性作用,引起机体功能和组织发生病理性改变,称为氧中毒。使用自携式空气潜水装具时较少发生氧中毒。

一、原因

氧中毒的发生与氧气分压的高低、持续时间的长短,以及个人体质、劳动强度等因素有关。

(1) 在吸入的气体中,若氧气分压超过 300 kPa 以上时,氧中毒对机体造成的损伤主要表现在中枢神经系统,称为中枢神经型氧中毒或脑型氧中毒。由于氧气分压相对较高,发生氧中毒所需的时程较短,因此也称为急性氧中毒。

(2) 在吸入的气体中,若氧分压介于 60~200 kPa,氧中毒对机体造成的损伤主要表现在肺,称为肺型氧中毒。由于氧气分压相对较低,发生氧中毒所需时间较长,因此也称为慢性氧中毒。

(3) 潜水员呼吸纯氧轻潜水时,随着下潜深度的增加,氧气分压迅速增高,达到一定程度会发生氧中毒。因此,氧气轻潜水的深度一般应控制在 10 m 以浅。

(4) 过于疲劳、精神过度紧张或吸入气体中二氧化碳含量过高,会导致氧中毒的。此外,高压氧敏感者也容易发生氧中毒。

二、症状

(1) 急性氧中毒(神经型氧中毒)。多数先出现面色苍白、口唇和面部肌肉颤动,继而出现恶心、多汗、耳鸣、眼花、眩晕、胸闷、烦躁不安、指(趾)端发麻及幻听、幻视等。如继续吸高压氧,会突然发生神志丧失、全身抽搐、大小便失禁等状况。

(2) 慢性氧中毒(肺型氧中毒)。最初胸部不适,有烧灼或刺激感。深呼吸时,胸部疼痛、咳嗽和咽部不适,继而出现头晕、头痛、恶心、疲劳、心跳缓慢、血压降低和指(趾)端麻木等症状。

三、治疗

(1) 及时离开高压环境。潜水员在水下出现氧中毒症状时,应立即出水。卸去装具后安静休息,并注意保暖。轻症者很快就会恢复,对重症者可给予镇静剂。

(2) 当用氧减压出现氧中毒症状时,应改用空气减压,并加强通风。

(3) 对于在水下的氧中毒重症患者,为防止放漂或碰撞事故发生,必要时应派潜水员下水援救。若需继续减压,出水后应迅速转至加压舱进行空气减压治疗。

四、预防

(1) 严格遵守潜水规则。吸纯氧潜水深度不得超过 20 m，水下工作时间最长为 20 min。在高压舱内吸氧减压不得超过 2 个附加压。在水下采用吸氧减压，应限于 20 m 以内开始吸氧。

(2) 潜水员使用氧气潜水训练时，应严格遵守下潜深度-停留时程极限（表 7-1）。

(3) 舱内吸氧一般限制在 2.8 atm（18 m 以下），吸氧时间按治疗方案采用间歇吸氧。

表 7-1 不同深度处氧气潜水潜水员水下停留时间极限

水深/m	3	4.5	6	7.5	10
水下停留时间极限/min	240	150	110	72	30

第五节 CO₂ 中毒

在大气环境中，CO₂ 的体积分数约为 0.031%，即分压约为 0.031 kPa。当吸入气中 CO₂ 分压超过 3.0 kPa（相当于常压下 3% 体积分数）时，机体将难以通过调节功能维持肺泡气 CO₂ 分压的恒定，体内 CO₂ 开始蓄积。在潜水过程中，如果潜水员吸入大气中 CO₂ 分压过高或机体产生的 CO₂ 不能及时排出，均会造成体内 CO₂ 蓄积，血液和组织中碳酸含量异常增高，引起机体发生一系列病理变化，出现 CO₂ 中毒。CO₂ 中毒可分为急性或慢性。在潜水过程中或密闭舱室内，机体吸入高分压的 CO₂ 所引起的病理变化，称为 CO₂ 中毒。使用自携式空气潜水装具时 CO₂ 中毒比较少见。

一、原因

(1) 为节约用气而采取间停呼吸。

(2) 呼吸器呼吸阻力过大。

(3) 装具中呼吸无效腔过大或者单向阀失灵。

(4) 在进行呼吸管潜水时浅快呼吸。

(5) 在加压舱或密闭舱室内作业时，如不能定时、充分地进行通风换气，会使舱内 CO₂ 蓄积达到中毒程度。

(6) 在水下进行重体力劳动，体内产生大量 CO₂，极易导致体内 CO₂ 蓄积。

二、症状与体征

潜水员 CO₂ 中毒可能无任何明显的前驱表现，直接出现意识丧失；之前可能有思维紊乱，甚至有轻度欣快的表现。潜水装备内 CO₂ 浓度是逐渐增加的，因此出现中毒症状和体征通常存在由轻及重的过程。但若发生在水下，此过程可能进展很快。

（一）呼吸困难期

当吸入气中 CO_2 分压为 3.3~6.0 kPa 时，潜水员 CO_2 中毒的主要症状是呼吸困难。开始只是呼吸幅度增大，以后呼吸频率也加快，呼吸紧迫感不断加重。同时，存在头昏、眩晕、颞部胀痛、颜面潮红、额部出汗、手湿冷、指端震颤、动作不协调、脉搏细实、唾液分泌增加等表现。

（二）呼气痉挛期

当吸入气中 CO_2 分压为 6~10 kPa 时，上述症状进一步加重。患者出现表情淡漠、思维能力显著下降、肌肉无力、运动失调，最后昏迷；还可出现恶心、呕吐、大量流涎、瞳孔缩小等症状和体征。

（三）麻醉期

当吸入气中 CO_2 分压在 10 kPa 以上时，中枢神经系统处于抑制和麻醉状态。此时，呼气痉挛停止，呼吸变得慢而深，吸气间期较长，最后呼吸停止，心脏停搏而死亡。潜水员吸入 10 kPa 的 CO_2 数分钟后就会失去知觉；若吸入 15 kPa 的 CO_2 ，无论时间长短都会引起肌痉挛和强直。

应当指出，上述分期是临床上人为划分的，其实各期之间并无明显界线。有些仅表现为轻度代偿性、呼吸性酸中毒，只是在血气检查时发现；有些情况下，病情会迅速发展，以致很快发生昏迷。

三、治疗

因呼吸介质中 CO_2 过多造成意识丧失的潜水员，当成功脱离高分压 CO_2 环境、给予新鲜空气后，很快就可以苏醒，通常 15 min 后就可以恢复正常，但会遗留头痛、恶心、眩晕、无力等后效应，通常存在一段时间后会消失，永久性的脑损害比缺氧少见。因此，救治主要在于及时让潜水员脱离高分压 CO_2 环境。

出现 CO_2 中毒早期症状，如呼吸急促、呼吸困难、头昏、冒汗等，应及时报告水面，并立即停止工作，以减少 CO_2 产生；如怀疑水面气源有污染，应立即换备用呼吸气。如症状没有缓解，或者发现 CO_2 中毒由装具引起，应立即中止潜水，并按规定上升减压。

出水后立即卸除装具，呼吸新鲜空气或氧气。轻症患者能很快恢复正常，无须其他治疗。对意识丧失，甚至呼吸停止、心脏停搏者，应立即开展心肺复苏等急救处置。应及时发现合并的其他损伤，如溺水、减压病等。因昏迷而紧急上升的潜水员，在恢复心肺功能后，要及时进舱按动脉气栓处理。

对呼吸、心跳微弱和昏迷的重症患者，应注射呼吸中枢兴奋剂和强心剂等。

四、预防

CO_2 中毒本身不会造成永久性损伤，但由此引起的继发效应通常很严重，如发生淹溺、创伤、放漂等。预防 CO_2 中毒需要注意以下几点。

(1) 加强教育。虽然潜水高气压环境会掩盖 CO₂ 浓度升高引起的各种症状，但训练有素的潜水员应该随时关注自身的呼吸情况，及时发现随时可能出现的呼吸异常及 CO₂ 浓度升高引起的其他症状。

(2) 潜水前对供气设备如呼吸器、储气瓶等进行详细检查，如有故障应及时排除，以防供气中断或不足。

(3) 潜水中如发现软管破裂、被压或冻结，应及时排除故障，否则应让潜水员出水。

(4) 在水下潜水员如果感到呼吸困难、头晕等，应立即停止工作；如症状不能很快消失，应中止潜水。

(5) 在加压舱内，应根据舱体容积、人数和停留时间，定期进行通风换气，或通过生命支持系统的净化设备持续清除 CO₂，使 CO₂ 浓度控制在目标限定值内。

(6) 密闭舱室潜水作业时，进入舱室前应提前戴好呼吸器，尽量避免呼吸舱室内气体。此外，可设置 CO₂ 监测仪，连续或定时测定舱内 CO₂ 浓度，一旦发现 CO₂ 浓度升高，应立即采取相应措施。

随着压强的增加，对呼吸气中 CO₂ 含量的控制更加重要。因为在较深处，CO₂ 浓度稍有增加，会导致其分压显著增高，可能导致严重的后果。

第六节 氮 麻 醉

氮麻醉是机体因受高分压氮气的作用而出现的病理状态。这种病理状态在机体脱离高分压氮气作用后，一般是完全可逆的。但在水下如果发生氮麻醉后不及时处理，很容易导致其他潜水疾病或事故。

一、原因

氮麻醉的发生与呼吸气体中氮气分压过高有关。空气中约含有 79% 的氮气（分压为 80.3 kPa），对人体无任何影响。但在高压环境下呼吸气体中的氮气分压通常达到 4~5 atm 时，对人体神经功能就可发生麻醉作用。如当舱内压力达到 5~6 atm 时，其氮分压为 4.8~5.6 atm，对缺乏加压锻炼的艇员或潜水员就会发生明显的麻醉症状。

二、症状

在空气潜水或加压锻炼中，氮气分压越高，症状出现越快，表现程度越严重（表 7-2）。

表 7-2 不同氮分压与氮麻醉的相应症状和体征

深度/m	氮分压/atm	症状与体征
30	3.2	有类似酒后欣快，多话与自信表现，精细动作效率下降，精确分辨能力差
50	4.8	愉快、嘴唇麻木，有时眩晕恶心，动作不准确，但尚能基本保持自身感觉

续表

深度/m	氮分压/atm	症状与体征
70	6.4	无故发笑,注意力不集中,不顾自身安全。记忆力及工作能力明显下降,思维紊乱,易出差错,对信号刺激反应迟缓,有外周性的麻、刺感
80	7.2	在一定时间内,意识模糊,出现抑郁、幻觉、恐惧,已无清晰思维,神经肌肉活动失控
90	8.0	麻醉性昏睡,在此之前或有短期的强烈兴奋,接近神志不清或出现神志丧失
>100	8.8	—

三、治疗

氮麻醉者离开高压环境后,其症状很快即可消失,故对氮麻醉者不需要特殊治疗。

四、预防

- (1) 使用空气潜水的深度一般限于 30~40 m。有经验的潜水员用空气潜水最大深度不得超过 60 m。
- (2) 呼吸气体中 CO_2 分压过高,可加速或加重氮麻醉,因此进行空气潜水和加压锻炼时,要加强通风换气。
- (3) 应有组织有步骤地进行加压锻炼和潜水训练,以提高肌体对高分压氮气的适应力。
- (4) 为减轻麻醉的作用,潜水之前严禁饮酒。

第七节 放 漂

在潜水过程中,由于人员在水下失去控制能力突然漂浮到水面,称为放漂。这是一个危及潜水员生命安全的故事。

一、原因

引起放漂的根本原因是潜水浮力增大,潜水人员失去控制能力迅速漂浮出水。在使用自携式装具进行轻潜水作业时,下列情况易引起放漂。

- (1) 穿着干式服供气过多或排气不及时。
- (2) 压铅脱落。
- (3) 因外力使潜水员失控,如水流太急,水面人员拉信号绳过紧、过猛。
- (4) 不沿入水绳上升出水。

二、放漂可能引起的疾病和外伤

- (1) 减压病在放漂事故中最为常见。尤其在深度大、停留时间长的情况下,一旦放漂,

最容易引起减压病的发生。

(2) 放漂时, 虽然潜水作业深度不大, 但也容易引起肺气压伤。

(3) 放漂时由于上浮速度过快, 可能撞到船体或其他硬的物体上, 发生脑震荡或其他外伤。

(4) 放漂过程中, 随着水压突然降低, 可引起潜水服内气体过度膨胀, 导致潜水服破裂进水而发生淹溺。

三、放漂后的处理

(1) 需要减压出水的潜水人员发生放漂后, 无论有无减压病症状出现, 应立即送入加压舱进行预防性加压治疗。若现场无加压舱, 出水感觉正常, 潜水服无破损时, 可令其再行下潜至原来深度重新减压。不论是在舱内还是在水中进行重新减压, 均要按延长方案进行。

(2) 不需要减压出水时潜水员发生放漂, 经检查确无减压病或肺气压伤等症状时, 可安排在加压舱附近休息, 进行观察, 在 6 h 以内不得远离加压舱。若出现减压病症状或其他症状时, 应及时组织加压治疗及对症处理。若有外伤和溺水发生时, 则应采取相应的急救措施。

四、预防

(1) 潜水前要认真检查装具, 确认干式潜水服排气阀等性能良好。

(2) 严格遵守操作规则。

(3) 压铅绳索牢固, 绑扎严实。

(4) 严格遵守在急流下潜水作业的安全措施。

(5) 进行水下作业的潜水人员, 出水时必须沿入水绳上升, 信号员拉信号绳不得过猛、过快。

第八节 淹 溺

淹溺(drowning)是指人在水中因较多的水进入呼吸道而引起窒息、血流动力学和血液生化改变及水电解质紊乱的“吸入性综合征”。在美国和澳大利亚, 在引起死亡的各种事故中, 淹溺是第二大原因, 仅次于交通事故。淹溺是潜水员的首要直接死因。本节仅介绍与潜水作业有关的淹溺。

一、原因

在轻潜水作业中, 咬嘴、二级减压器、潜水面罩或供气管路损坏进水, 或咬嘴因潜水员主动或意外脱落时, 容易导致淹溺。潜水面罩因佩戴不到位或碰撞、拉扯而发生脱落, 则很容易导致潜水员呛水。在水下发生其他疾病时最终继发淹溺的可能性也非常大。例如: 发生氮麻醉时不遵守操作规范而松开咬嘴或面罩; 发生氧惊厥或意识丧失时咬嘴被动脱落; 因快

速下潜或跌落等导致挤压伤后慌乱移除面罩等。

屏气潜水最容易导致淹溺。在潜水过程中难以控制屏气而恢复呼吸可能导致淹溺，而在屏气潜水过程中很容易发生的意识丧失，则是最终导致淹溺的直接原因。

二、发病机制

(一) 总体过程

无论是人还是动物，当呛进第一口水时，会发生反射性紧闭，支气管痉挛，接着发生长时间的憋气，从而导致缺氧，组织中碳酸增加。当血中的 CO_2 分压升至约 6.67 kPa (50 mmHg)，氧气分压下降至约 9.33 kPa (70 mmHg) 时，呼吸中枢强烈刺激，产生不自主的吸气动作。此时，由于氧气分压的下降，支气管痉挛也会解除，从而会吸入大量的水。随后便连续发生呛水、咳嗽、呕吐、意识丧失，最后两肺充满水，以致奄奄一息，最终死亡。对冷水比较敏感者，一旦面部接触到冷水就产生“潜水反射”，即冷水刺激通过三叉神经传入延髓呼吸中枢，引起屏气、心动过缓、心律不齐，甚至心搏骤停。淹溺后常出现体温过低现象，体温降低、颤抖会增加氧耗量和代谢率，而当体温低于 30℃ 时，颤抖停止，血压下降，氧耗量和代谢率也随之下降，并导致心动过缓、心室颤动等发生。

有些淹溺者（甚至意识清醒者）被营救到岸上后，会由于突发虚脱和致命性心律失常而死亡，有人将此现象称为营救期虚脱。淹溺的水温越低，越容易发生这一现象。营救期虚脱可发生于营救过程中，也可发生在营救后 24 h 内。营救期虚脱是指有意识的淹溺者在得知要被救出水面的瞬间发生虚脱：主要由于低温时心肌舒张，血液黏滞度增加，冠状动脉血流下降，儿茶酚胺、去甲肾上腺素分泌增加以维持冠状动脉血供；一旦得知被营救时，会引起交感神经兴奋性下降和儿茶酚胺分泌减少，导致冠状动脉循环血量下降而发生虚脱。刚营救出水面时虚脱的影响因素较多，主要有躯体离开水面后外周静水压骤失（尤其是潜水员快速出水时），血液因重力作用而滞留在外周血管，静脉回心血量瞬间减少等。另外，恢复温度可松弛低温时极度收缩的外周血管，导致血管舒张和低温性血容量不足而发生虚脱。营救期虚脱的其他影响因素还包括压力感受反射迟钝、重要脏器和骨骼肌供血失调、心理应激反应和心脏基础疾病等。

(二) 海水淹溺

海水淹溺与淡水淹溺的致病机制存在显著差异。一方面，大量海水进入支气管和肺泡内引起气道阻塞，以及因海水刺激和（或）应激反应可能引起的喉头痉挛造成急性窒息，导致动脉血氧分压显著降低和 CO_2 分压升高；另一方面，海水的高渗作用会将血管内水分吸引到肺间质和肺泡腔，引起肺间质和肺泡水肿，肺顺应性降低，肺泡通气功能障碍而致氧气分压进一步降低。肺泡与血液之间氧气分压梯度减小，造成弥散功能障碍，同时肺泡内水肿使具有弥散功能的肺泡群减少，造成弥散面积锐减，再加上肺泡及肺间质水肿使气体交换膜增厚，结果导致肺弥散功能严重受损，产生低氧血症。低氧血症的严重性与吸入的海水量成正比。低氧血症、心动过缓和低血容量性低血压均可导致心脏停搏。除了高渗作用，海水中还含有诸多的藻类和细菌，也会直接或间接导致肺部损伤。

（三）淡水淹溺

淡水是低渗液，大量低渗液进入肺里经肺毛细血管迅速进入血液循环，血液被稀释，血容量剧增，在数分钟内血液总量就可能增加一倍。即使吸入少量淡水也能引起肺毛细血管收缩、肺动脉高压。如果吸入大量淡水，将导致大量血液流经无通气功能的肺泡，肺泡表面活性物质减少或失活、肺泡塌陷、肺顺应性降低、动静脉分流增加、肺毛细血管通透性升高等情况均可促发肺水肿。

低渗性的水还可迅速进入血液，导致溶血。溶血会导致血钾和游离血红蛋白升高，而血液中钠、钙和氯的浓度由于血液被稀释而下降，引起血液中钾钠比例失调，电解质紊乱，以致心律失常，血压降低。心室颤动往往被认为是淡水淹溺的特征性表现，主要与缺氧和血容量过多有关。通常因吸入水而引起危及生命的电解质紊乱比较罕见。

三、临床表现

淹溺者的临床表现主要取决于溺水量及淹溺持续的时间。淹溺一般表现为皮肤皱缩、面部肿胀、发绀（有的表现为苍白）、双眼充血、四肢冰冷、寒战、发热等，约有 50% 的患者体温可达 40℃。

（一）呼吸系统

淹溺者会表现出呼吸困难、表浅，有时呼吸不规则或出现双吸气。有的出现胸痛（吸气或咳嗽时加重），可咳出泡沫状血痰。肺部可听见湿啰音、捻发音或鼾音。肺活量下降、最大呼气流量降低、顺应性降低、通气/血流比值减小。最初肺部 X 线检查可能正常，也可能有斑片状阴影或非心源性肺水肿表现。

（二）循环系统

淹溺者会表现出发绀、脉细数甚至不能触及、血压降低、室上性心动过速及其他各种心律失常症状，严重者出现心室颤动甚至心搏骤停。有的会出现凝血功能异常，甚至出现弥散性血管内凝血。

（三）神经系统

淹溺时间较短者，可能并未丧失意识，但会出现头痛、烦躁或者惊恐等状况。淹溺严重者会因缺氧、脑水肿而出现意识不清甚至昏迷、瞳孔散大及对光反射消失、肌张力增加、牙关紧闭、腱反射亢进，有时还会出现病理反射。

（四）消化系统

淹溺者可出现舌肿大，同时因吞入大量的水和空气使胃扩张、腹部膨隆、膈肌上升。海水淹溺者会出现明显的口渴现象，淹溺严重者普遍有呕吐。

（五）泌尿系统

淹溺者一般出现蛋白尿、血红蛋白尿、尿浑浊，有的甚至会出现少尿甚至无尿。根据病

情可将淹溺分为轻度淹溺、中度淹溺和重度淹溺三类。

根据发病过程及临床表现,淹溺的诊断一般没有困难。问题是仅为单纯淹溺还是继发于其他疾病,必须通过全面了解和详细检查做出判断,以便采取合理的急救、治疗措施。最容易误诊的情况是继发于肺气压伤患者的淹溺,因为肺气压伤的不少临床表现与淹溺相似,如胸痛、咳泡沫状血痰、昏迷等,容易仅针对淹溺进行救治而忽视肺气压伤的救治。

四、治疗

潜水员发生淹溺后应迅速采取现场急救,并根据患者病情及救治情况及时组织就近医院进行检查和治疗。现场急救主要采取以下方法实施。

(一) 保持呼吸道通畅

救护者应尽快将淹溺者营救出水,立即清除其口、鼻内的泥沙、杂草及呕吐物,如有义齿应取出,以防坠入气管;如患者昏迷,应将舌头拉出,确保呼吸道通畅。卸除潜水装具和潜水服,如有紧裹的内衣、腰带等应松解去除。救护者应迅速判断是否存在头颈损伤,并在急救时注意保护。为开放气道,保持患者的头、颈、胸成一直线,救护者可以采用仰头抬颌法:一只手放在患者前额,用手掌把额头用力向后推,使头部向后仰,另一只手的手指放在下颌骨处,向上抬颌,绝不能让患者的头前屈。如果条件允许应立即供氧。

(二) 倒出呼吸道和胃内积水

倒出呼吸道和胃内积水(倒水)可采取以下动作:①救护者一腿跪地,另一腿屈膝,将溺者的腹部放在膝盖上,使其头下垂,然后再按压其腹部、背部,此法较常用;②将患者俯卧,下腹垫高,头部下垂,并用手压其背部,使其积水倒出;③抱住患者双腿,将其腹部放到急救者肩上,急救者快步走动,使积水倒出。

淹溺者是否都要进行倒水,应视具体情况决定。过分强调倒水而耽误进行人工呼吸,或为了尽快进行人工呼吸而不注意清除呼吸道内水分,都有一定的片面性。无呼吸道阻塞者,可不必倒水;即使呼吸道有水阻塞,也应尽量缩短倒水的时间,以能倒出咽及气管内水分程度。如排出的水不多,不可再为此耽误时间,应立即采取人工呼吸、体外心脏按压等急救措施。呼吸道的容量平均只有150 ml左右,若能倒出50 ml水即对提高人工呼吸的效果产生重要作用。如果训练有素,施救潜水员应在水面时就开始对淹溺潜水员做口对口或口对鼻人工呼吸。

(三) 心肺复苏

对于呼吸停止或心脏停搏者,必须立即施行简易的心肺复苏,一般要求人工呼吸和胸外心脏按压同时进行。具体操作按相关指南进行。

五、预防

潜水员淹溺重在预防。平时应加强训练和相关知识技能的学习,熟练掌握各类潜水疾病和事故的预防和处置,防止继发性淹溺事故。每次潜水前,必须认真检查装具的水密性,特

别是各个部件间的结合处、易磨损处及各类排气阀、安全阀。屏气潜水者应严格训练，循序渐进，并有良好的保障措施，潜水前严禁过度通气。加强水面保障人员与水下潜水员或者结伴潜水员之间的联系，一旦发生意外，及时采取有效措施进行救助处理。

第九节 水下动物伤

海洋对于人类来说是一个特殊环境，进行潜水作业时，除了水下物理因素和高气压对机体产生影响，一些水下生物也可能妨碍人们的水中活动。本节主要介绍我国沿海海域可能遇到的对人类有害的海洋生物，包括鲨鱼、水母、海蛇、有毒鱼类等。上述生物有些可咬伤人体，有些不但螫咬人体，而且含有毒液，会使人中毒。潜水员在水下作业过程中有可能遭受海洋生物的伤害，因此，掌握常见生物的特点和水下动物伤防治知识，是十分必要的。

一、鲨鱼袭击

鲨鱼素有“海中猛虎”“水中狼”之称，是水下动物中最凶猛、危害最大的一类。鲨鱼袭击可使机体遭受严重创伤，常因大量出血、休克而死亡。潜水作业中来自动物的伤害率，鲨鱼袭击约占 80%。

目前世界上鲨鱼有 350 种，我国沿海已发现 70 余种，其中能伤人的约 20 种。鲨鱼主要在热带、亚热带海洋中活动，在赤道南北 30° 之间的海域内遭受袭击的危险最大。据初步调查了解，在我国沿海的北纬 23° ~40° 主要有 11 种鲨鱼能主动伤人，又以噬人鲨、锥齿鲨、双髻鲨、鼬鲨和恒河鲨最为凶残。几种常见噬人鲨鱼的形态、习性和分布见表 7-3。

表 7-3 几种常见噬人鲨鱼的形态、习性及其分布

名称	形态与习性	分布
大白鲨	背部呈棕色，青灰至黑色，腹部白色；体长可达 12 m，一般在 5~9 m；齿大而扁平，呈三角形；性情凶猛 [图 7-6 (a)]。栖息在热带、温带海洋	澳大利亚海区较多。我国仅见于广东、福建沿海
麦可鲨	背部为灰色或深蓝色，体长 3~9 m，呈流线型，躯干细长。性情凶猛，游动迅速。栖息在大西洋、印度洋、太平洋及温带海洋	大西洋、印度洋、太平洋及温带海洋均有
锤头双髻鲨	有鱼类中最大的头，形状扁平，向左右两侧伸展，体背为灰褐色，腹部为浅白色，牙呈三角形，齿尖外斜，边缘光滑 [图 7-6 (b)]。成年体长 4~5 m，长到 3 m 时即可严重伤人	主要分布在印度洋、太平洋、大西洋的热带及亚热带海区。我国各海均有，南方海区较多
虎鲨	有深褐色条纹或斑点，类似虎皮纹，鼻短而宽，头高，近方形，身短粗大，身长可达 20 m，吞食各种鱼类，包括其他鲨鱼	主要分布在热带、亚热带海区，澳大利亚海区。我国的南海、东海、黄海均有
恒河鲨	背部灰褐色，下腹及腹面呈白色；体为纺锤形，躯干粗大；体长 2~3 m。上颌宽扁，呈三角形，边缘有细锯齿，下颌牙细长，基底宽大。性情凶猛，常常主动攻击水中人员	主要分布在澳大利亚西部，日本、韩国、孟加拉湾、印度尼西亚等海域。我国主要分布在南海和东海

续表

名称	形态与习性	分布
灰鲭鲨	呈青色，流线型体形；牙狭长呈锥形，边缘光滑。性情极其凶猛，喜欢在暖水表面游泳，能急速袭击人或船只	主要分布在我国南向沿海及黄海
大青鲨	背部呈青蓝色，身体呈亚纺锤形，一般体长2~3 m，游动敏捷，性情凶猛，贪食	主要分布在我国南海
居氏鰐鲨	呈灰褐色，体侧及背上有褐色斑点，纵横条纹体粗大，体长达8~9 m，牙外斜呈三角形，齿缘呈细锯齿状。性情凶猛，贪食	我国各海区均有

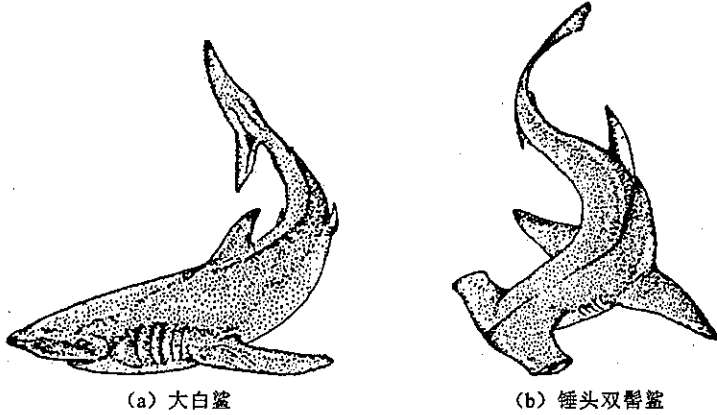


图 7-6 大白鲨、锤头双髻鲨

(一) 鲨鱼的生理特征

(1) 鲨鱼有极为敏锐的嗅觉。其鼻孔在嘴的上前方，呈杯形或囊形开口，囊壁排列着许多折叠结构，大大地增加了嗅觉器官的表面积。在这些结构内含有大量的嗅细胞。无论静止或运动时，当水经鼻孔流入嗅囊，鲨鱼都能不断地分辨出水中的各种气体。一旦水中有带血腥味的东西，鲨鱼很远就能嗅到并前来捕食。所以嗅觉在鲨鱼的寻食活动中起着重要作用。

(2) 鲨鱼的震动感觉器官对低频震动和不规律震动更为敏感。鲨鱼的震动感觉器官是由很多细的管状结构组成，分布在头部及身体两侧皮下，里面充满水样液体。沿着细管的内侧壁排列着许多感觉细胞群，称为神经丘。每个感觉细胞都有纤毛侵入管液中，管内外径更细的支管与表皮的大气孔相通，由各种原因而引起的水中低频震动或不规则的震动均可使管内液体随之运动，使神经丘发生神经震动。如发生水下爆破、舰艇触雷等情况时，常常会使海区周围出现大量鲨鱼聚集，引起鲨鱼的集体攻击。

(3) 鲨鱼的听觉稍差，因为内耳不发达。一般认为听觉对鲨鱼索饵并不起主要作用。

(4) 鲨鱼为了繁殖、索饵和越冬，一般根据季节进行有规律的洄游。我国的青岛沿海在夏、秋季节鲨鱼活动频繁。

(5) 鲨鱼视网膜内含圆柱细胞，不含圆锥细胞，所以缺乏辨别颜色的能力。有光线感觉时，视锐度降低。

（二）鲨鱼袭击的环境因素

（1）水温。鲨鱼为冷血动物，水温的高低将直接影响其代谢率与食欲。当水温升高时，其食欲及活动增加。在饥饿条件下，鲨鱼显得异常凶猛。因此，我国沿海鲨鱼袭击一般发生在夏、秋季。

（2）震动。低频震动与无规律动作产生的振动波，如落水者在水中挣扎拍击水面时，可能吸引鲨鱼袭击。

（3）血腥味。受伤者流出血的血腥味能引起鲨鱼的集体攻击。

（4）天气。暴风雨前或天气阴暗时，鲨鱼常聚成小群在水面翻腾，危险性较大。青岛沿海的鲨鱼袭击多发生在阴天的黄昏。

（5）光亮。夜间显示光亮，能激起鲨鱼攻击；穿白色反光强的服装，易被鲨鱼发现。

（三）鲨鱼袭击引起的损伤及其救治

鲨鱼具有十分锐利的牙齿，人被咬伤后，常发现大面积严重的组织损伤（图 7-7），引起大出血和休克而死亡。另外，鲨鱼的皮肤很粗糙，也可使体表面产生严重擦伤。鲨鱼在咬人时，对组织的挤压作用也是很严重的，往往由于严重的挤压造成组织损伤或坏死。

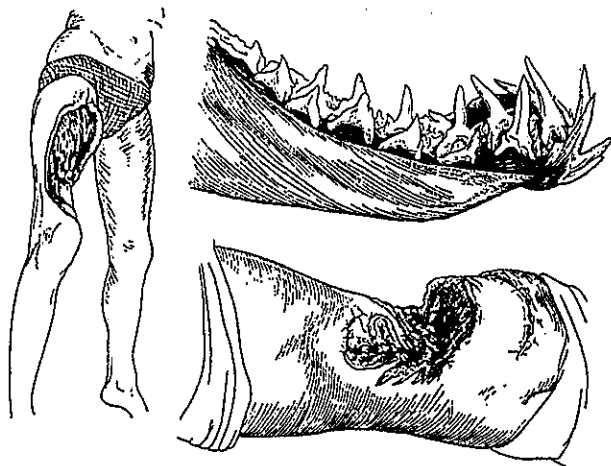


图 7-7 鲨鱼袭击造成的组织损伤

当人员受到鲨鱼袭击时，应设法驱走鲨鱼，以免遭受再次袭击。救护者应立即将受伤者救出水面，出水后的抢救工作主要是控制休克及止血。

（1）控制休克。让伤员去头低位平卧，注射吗啡止痛，注意保暖和保持安静。监测脉搏和血压，尽可能在现场进行输血浆或输液，禁止随意搬动伤员，情况改善后应尽快组织送去医院治疗。

（2）止血。上止血带或用压迫绷带控制出血，伤口充填消毒纱布，并覆盖消毒敷料。

在医院进一步处理的原则仍是控制休克，然后做扩创术，清除坏死组织，结扎损伤的血管，伤口应延期缝合。密切注意伤口是否有感染，4~6 天后如无感染，可做进一步外科处理，如缝合或植皮。伤员应注射抗破伤风血清和大量抗菌药物。鲨鱼牙齿上的病原菌以副大肠杆菌

菌为主，对金霉素、氯霉素、四环素等广谱抗生素均很敏感，但常有抗青霉素的能力。

(四) 预防

到目前为止，尚无一种有效而又经济简便的防鲨、驱鲨方法，通常可采取如下措施。

(1) 在有鲨鱼活动的海区或季节不应裸潜。进行潜水或游泳时应设有警戒巡逻和救护船只，加强瞭望，如发现有鲨鱼活动，立即发出警报。水中人员闻讯后应立即出水。

(2) 一旦遭受鲨鱼攻击，可用潜水刀或其他坚硬物品猛击鲨鱼的鼻子、眼睛和鳃部，以驱逐鲨鱼，但有时会激怒鲨鱼，其危险性更大。所以在遭受鲨鱼攻击的情况下应以尽快出水为妥。

(3) 在水下活动不要穿戴白色、反光强的衣服和装具。

(4) 鲨鱼对低频震动极其敏感，因而在水下的潜水员或落水人员要尽量保持安静，不宜做不规则的活动。

(5) 潜水装具要保持清洁，不要黏附动物的血或腐败食物等。

(6) 在水下应尽量避开其他鱼群或有死鱼的地区。

(7) 使用驱鲨剂。已有某海军医学研究所将按一定比例配制而成的醋酸铜和苯胺墨混合物作为驱鲨剂。驱鲨剂溶于海水后，可形成一片黑色区域，并有刺激性气体，可使鲨鱼产生逃避反应。驱鲨剂每包有效时间可达3~4 h。

二、水母蜇伤

(一) 概述

水母(图7-8)是腔肠动物，常以群栖方式分布于所有的海洋、海湾和江河入海处。水母浮游生活，自主运动能力很弱，多半随波逐流，且一般多在早晨、黄昏和无风浪时出现在海面，日光强烈或大风浪的天气则多沉没水中。水母能伤人，毒性较大的有僧帽水母、灯水母、海蜇等。

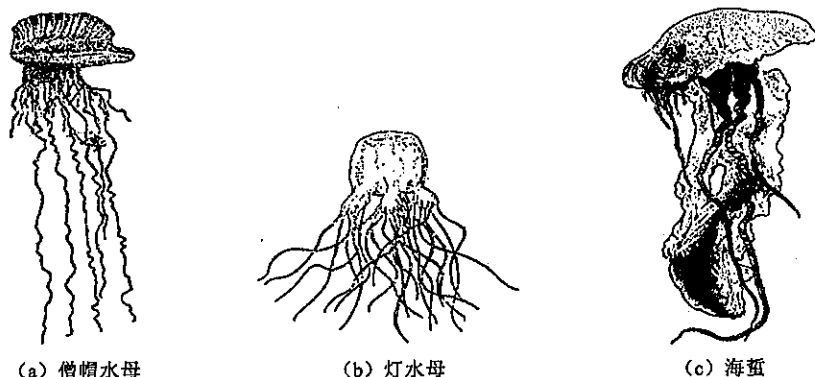


图7-8 各种水母

水母生有很多细长的触须，每个触须上又有数以千计的刺细胞。刺细胞内藏毒液，并有一根根细的线样刺丝。当触须接触人体皮肤时，刺丝就会像注射器刺头一样刺入皮肤，并注

射毒素，引起被蜇处皮肤的局部反应和轻重不等的全身反应。

（二）症状和体征

被水母蜇伤后，根据水母种类、蜇刺的部位、面积、时间、受伤者的健康状况和个人敏感性的不同会有不同的症状和体征。

（1）局部反应。各种水母蜇伤的局部反应基本相同。被蜇时局部立即感到刺痛、烧灼痛，或类似荨麻疹样发痒。局部皮肤 1~2 min 或数小时后即可出现点线状、系统状或斑点，类似荨麻疹样的丘疹，与触须接触的方向一致，像被打的鞭痕，也可出现水泡或小块出血斑，一般尚不出现全身反应。经常与水母接触的渔民，常无反应。

（2）全身反应。大面积蜇伤或敏感的人可能出现全身反应。由于水母种类不同，全身反应也可有所不同：有的表现为全身各部位黏膜充血、肿胀、咳嗽、咳痰、恶心、呕吐；有的表现为全身倦怠、疲劳、肌痛；有的则出现头痛、腹泻、腹痛肌痉挛、恐怖感、虚脱、声门水肿、呼吸困难和心力衰竭；也有的出现过敏性休克。

我国沿海以海蜇蜇伤为多见。据报道，海蜇蜇伤如严重或反应强烈者，可感到胸闷、烦躁不安、发冷、恶心、乏力，甚至出现呼吸困难、发绀、口吐白沫、脉搏细弱，最后吐出草黄液体，死于急性肺水肿和心力衰竭。

（三）治疗

（1）蜇伤后的处理。蜇伤后应立即出水，迅速擦去附着于身上的触须与毒液，注意不要用手而应用衣服、纱布、水草等擦去。有条件时，可用弱氨水和碳酸氢钠溶液轻轻擦洗，也可用新鲜的人尿冲洗，然后用淡水冲洗干净。

（2）对局部反应的处理。我国沿海渔民用白矾水涂擦局部，可很快减轻症状。用碱性溶液可破坏毒素，因为冷敷会使局部血管收缩，减少毒素的吸收。用 1:1000 高锰酸钾溶液冷敷也有疗效，也可使用可的松软膏或普鲁卡因套式封闭。

（3）对全身反应的处理。可口服抗组织胺药物，注射肾上腺素、氯化钙、盐酸普鲁卡因或使用皮质激素制剂。疼痛严重者可注射吗啡（呼吸抑制时禁用）。已经出现过敏性休克者，应取头低卧位，注射肾上腺素或静脉滴注皮质激素。呼吸、心脏功能有障碍者可供氧，注射刺激呼吸和强心药物。静脉输液或喝浓茶可促进毒素的排泄。但出现肺水肿者，则应按肺水肿处理原则急救，如吸氧、酒精雾化吸入等，并控制静脉输液量。

（四）预防

不穿潜水服下潜时，应注意避开水母。同时也要了解到，有些水母的触须很长，并可向四周伸展，已经脱落的触须或死亡的水母仍可使入受伤，故应避免接触人体皮肤。在蜇汛期潜水时最好穿潜水服、戴手套。切实做好预防工作，水母蜇伤是可以避免的。

三、海蛇咬伤

我国沿海分布有青环海蛇、长吻海蛇、平颞海蛇等 15 种海蛇，多数生活在海南、广西、广东、福建和台湾等地区，其中以北部湾和福建沿海分布最多。与海中其他蛇形动物（如鰻

鲷类)相比,海蛇遍身覆鳞片而无鳃裂,可以此鉴别。海蛇无鳃,靠肺呼吸,因此海蛇必须间隔一定时间到水面呼吸,但海蛇潜在水中可长达数小时。

海蛇的毒性非常强烈。海蛇有毒牙和毒腺。毒牙长在上颌骨的前部,毒腺位于头部两侧口角的上方,有导管通向毒牙的基部。当毒蛇咬人时,包绕着毒腺的肌肉组织收缩,就可分泌毒液,并经导管由毒牙注入人体。毒液进入人体后,通过血液和淋巴从局部扩散到全身。

海蛇毒的主要成分是神经毒素和各种酶蛋白,其神经毒素可阻断神经肌肉接头传递,中毒者出现肌肉麻痹,多以呼吸肌麻痹导致窒息死亡。海蛇毒引起的肌肉损伤以出现血红蛋白尿为临床表现,中毒死亡者尸检可见广泛性、透明性肌肉坏死。

我国沿海常见海蛇的形态、习性及其分布见表 7-4。

表 7-4 我国沿海常见海蛇的形态、习性及其分布

名称	形态与习性	分布
黑尾海蛇 (海螭)	全长 820~925 mm。头小而扁平;尾稍侧扁似桨,末端带圆形;尾端黑色,腹面为淡灰色或白色。游泳海中,捕食鱼类	海南、广东、福建近海
黄腹海蛇 (青灰海蛇,花海蛇)	全长 655~820 mm。头部较小;尾稍侧扁;背面呈灰色或表褐色,腹面呈淡黄色;头部黑色。游泳海中,捕食鱼类。胎生,每次 2~6 条	从海南、广东到山东近海均有
黑头海蛇	全长 345~1238 mm。头小,鼻孔有瓣;尾侧扁,末端稍尖;背面呈灰色或青色;腹面呈白色或黄色;头部黑色,有淡黄色斑点;尾端黑色。游泳海中,捕食鱼类	台湾、澎湖列岛、福建、浙江近海
斑海蛇 (青环蛇、海青蛇)	全长 1040~2133 mm。背面呈黄色或橄榄色;腹面呈淡黄色,有一条黑色纵带;头顶呈蓝灰色。游泳海中,捕食鱼类。胎卵生,每次 3~5 条	海南、广东、台湾、福建、浙江、江苏近海
棘海蛇 (刺海蛇、平颊蛇)	全长 767~900 mm。头大而短;尾侧扁;背面为黄色、黄绿色或绿色,腹面白。游泳海中,捕食鱼类	海南、台湾、山东近海

(一) 症状和体征

多数被海蛇咬伤人员在最初只有皮肤被刺感觉,局部无红肿疼痛。通常在被咬后 0.5~1 h 出现运动功能障碍,感到四肢沉重、全身无力,呼吸浅表短促,随后出现轻度呼吸困难、全身肌肉疼痛、四肢麻木、张口困难、嗜睡、眼睑下垂、复视,严重时呼吸困难、发绀,甚至呼吸停止,窒息死亡。有些被海蛇咬伤者在咬伤后 3~6 h 可出现肌红蛋白尿。在被海蛇咬伤致死病例中,约 25%是在咬伤 8 h 内死亡,约 50%在 8~24 h 内死亡,约 25%在两天内死亡,极个别病例两天以后死亡。

被海蛇咬伤者,伤口可见针尖样毒牙痕。根据上述神经毒和肌肉毒症状,结合实验室检查出现的总胆红素及间接胆红素浓度升高、白细胞总数增加、中性粒细胞中毒性颗粒、血尿及血红蛋白尿、肌红蛋白尿、肝肾功能损害等表现,可及时做出诊断。

(二) 急救与治疗

海蛇咬伤因局部症状轻微,容易被忽视,但是一旦出现全身吸收中毒症状就十分危重。因此,任何情况下的海蛇咬伤都是临床急症,绝不能掉以轻心。

被海蛇咬伤后伤者切勿惊慌奔跑,以免加速毒液全身吸收。应立即用洁净水冲洗伤口排出毒液,有条件可用 1:5 000 高锰酸钾溶液冲洗,也可用嘴或吸引器吸引咬伤局部。如果海蛇咬伤四肢,在咬伤后应立即用宽幅布条在伤口周围做环形包扎,保持合适压力,以不影响肢体深部动、静脉血流为宜,一直保持到入院治疗为止。注射抗蛇毒血清是最有效的治疗方法。

可用蛋白分解酶破坏分解海蛇毒素。强氧化剂对蛇毒素蛋白有直接破坏作用,但对正常组织细胞也有一定的损伤。通常用 0.5%高锰酸钾注射液 2~4 ml 在伤口周围进行局部注射,有良好的治疗效果。被咬伤者应采取早期、短期、大剂量激素冲击治疗,及时防止伤口感染。

(三) 预防

在有海蛇活动的海区,如海边、河道处及岩石周围、码头附近等海蛇喜欢栖息的地方进行潜水或水面作业时,应提高警惕。遇到海蛇时,要谨慎避开或将其驱走。交配季节的海蛇最具攻击性。同时,加强对海蛇咬伤防治的宣传教育,尽可能做到现场的自救与互救,这将有利于进一步的治疗。

四、有毒鱼类致伤

有毒鱼类主要指棘中含有毒腺的鱼,它们刺伤人体后分泌毒液,引起局部或全身中毒。除了有毒腺的鲨鱼,还包括魮鱼、鲀鱼。有毒鱼类主要分布于我国东海海域,南海次之,黄海、渤海较少。

魮鱼俗称锅盖鱼,常常攻击人类。我国有 20 余种有毒魮鱼。

有毒腺的鲀鱼大多是淡水鱼,但也有相当一部分是海水鱼。鲀鱼的毒棘特别危险,其背棘和胸棘可牢牢地固定成硬直的伸展状态,非常尖锐,有的种类还有倒齿。鲀鱼中毒主要是由捕鱼时用手抓取发生机械性创伤引起,但也有部分鲀鱼有主动袭击的习性。

鲀鱼类是分布最广泛的有毒腺鱼类,我国有 40 多种。鲀鱼中毒通常由涉水时脚踩中埋藏于沙中的鲀鱼背刺或手伸入岩礁缝隙捕捞海鲜时被伪装的鱼刺刺伤引起。部分鲀鱼会主动伤人。

(一) 表现与诊断

有毒鱼类刺伤后的表现与进入伤口毒液的性质、量、受伤部位、机械性创伤程度和被刺者的身体状况等均有关系。除毒液的毒性效应外,撕裂伤亦可引起创伤反应。

(1) 局部表现。①毒魮刺伤:在 10 min 内会出现痉挛性剧痛,在 30 min 后加剧并向外辐射波及整个肢体。②鲀鱼中毒:局部有戳刺、搏动和烫伤感,持续 20 min~10 h,且可沿肢体向上扩散;伤口附近可因局部缺血而呈苍白色,不久呈青紫色并出现红肿或红斑;伤口易继发感染。

(2) 全身表现。可出现乏力、胸闷、心悸及全身肌肉酸痛,全身散在皮肤出血及继发感染等。严重者可出现恶心、呕吐、多汗、呼吸急促、咳嗽、肺水肿及休克。

一般可根据有毒鱼类致伤史及局部表现做出诊断。

（二）治疗与预防

除了正确处理伤口，救治主要为止痛、抗毒及防止继发感染。在刺伤处或近心端进行皮下或肌肉注射依米丁可在短小时内缓解局部疼痛和出血。剧痛时，也可辅以哌替啶或用普鲁卡因局部封闭。应及早使用广谱抗生素和破伤风抗毒素。对刺伤后立即发生的原发性休克，一般只需采用单纯的支持疗法；因毒液对心血管系统产生毒性效应所致的继发性休克，则需采取紧急措施维持心血管张力和预防并发症。

有毒鱼类刺伤多见于涉水作业时误触，因而对相关作业人员要做好宣传，了解有毒鱼类的性状和中毒后的表现及基本救治方法。

五、珊瑚类、海葵类致伤中毒

珊瑚类、海葵类与水母类同属腔肠动物，口周触手有刺丝囊或蜇刺。珊瑚种类繁多，有些如石珊瑚类的角孔珊瑚等有显著毒性。在我国已知的有毒海葵目海葵有 10 余种，其毒素为一种类似神经毒的物质。而另一种沙海葵目岩沙海葵触手很短，完全收缩时呈皮壳状，我国已发现 20 余种，主要分布于台湾及南海诸岛，它的毒素是一种聚醚类非蛋白剧毒性海洋生物毒素，化学结构独特，毒性强烈，有特异性心血管效应。岩沙海葵属各种类毒性差异很大，就是同一种也表现出较大的个体差异，有的样品有毒，有的则无毒。

（一）表现及诊断

石珊瑚蜇伤最初的反应是疼痛、出现红斑和瘙痒。潜水员未戴防护手套时常被蜇伤。与海葵接触后不久皮肤会出现针眼大的小红点或绿豆至黄豆大的风团块，20 min 后形成丘疱疹，奇痒难忍。丘疱疹可逐渐扩大、糜烂、溃疡，病程持续约 2 周，恢复后留有浅瘢痕。海葵中毒后早期会流涎，口唇、舌尖麻木，神经过敏，严重者出现腹痛、心绞痛、全身肌肉疼痛、呼吸困难。

岩沙海葵蜇伤局部出现水肿性红斑、丘疹和风团块。重者在数分钟内局部出现灼痛、刺痛，继而出现水疱、出血、坏死或溃疡。岩沙海葵毒素是典型的心脏毒素，为目前已知最强的冠状动脉收缩剂。冠状动脉收缩会导致血压升高、心律失常，然后出现心室收缩力降低、血压下降、心肌供氧不足、心功能严重障碍，最后导致心脏停搏，随之呼吸衰竭而死亡。

一般可根据有珊瑚类、海葵类病史及局部表现做出诊断，必要时化验可疑毒素可做出诊断。

（二）急救与治疗

珊瑚擦伤首先用肥皂水洗涤，然后用清洁水或生理盐水强力冲洗以除去附着物。而海葵蜇伤部位应用海水冲洗或浸泡，勿用淡水。可局部敷用干燥粉剂、高渗性干粉，或用刀背、镊子等工具小心地去除触手和刺丝囊。5%乙酸、饱和明矾溶液或氯化铵溶液可防止刺丝囊进一步发射刺丝，并兼有中和毒素的作用。用温热高渗盐水反复冲洗也有助于中和毒素。如出现神经系统症状，可采用阿托品皮下注射或维生素 B₂ 肌肉注射。

被岩沙海葵蜇伤后，应立即设法除去皮肤表面的触手、刺丝囊和刺丝。含 5.25% 活性氯

的漂白粉溶于 1 mol/L 盐酸溶液及 0.5~1 mol/L 的氢氧化钠溶液可有效消除岩沙海葵毒素。鉴于毒素毒性剧烈，作用极快，应做心室内直接注射方能获得最佳效果。

六、棘皮动物致伤中毒

海洋中约有 5 900 种棘皮动物，有 20 多种有毒，包括海胆、海星和海参等，在我国各海域均有分布，常生长在岩礁下、石缝中和珊瑚礁内，有的潜伏在泥沙中，对渔民和潜水作业、从事水中生产人员构成威胁。

海参有很高的食用和药用价值，但少数有剧毒。我国的剧毒海参至少有 18 种，以南海西沙群岛多见，北方沿海也有分布。剧毒海参的毒性具有溶血性，作用比市售的皂角苷强 10 倍左右。人员除误食加工不当的剧毒海参发生中毒外，还可因为在捕捞、加工鱼产品和其他涉水作业时接触海参排出的含毒黏液而引起中毒。

（一）表现及诊断

海胆致伤是由摄食海胆的生殖腺或遭海胆的棘刺伤引起中毒，大多数海胆在繁殖季节都是有剧毒的，其毒素在生殖腺中。海胆刺伤后局部可出现剧痛，随之红肿并有烧灼感，伤口呈紫色，可持续 3~4 天，重者伤口能继发感染或溃烂，经久不愈。全身还可出现眩晕、心悸、呼吸急促，重者手足抽搐，发生麻痹。

海星毒棘刺伤或其体表黏液与人皮肤接触后可引起中毒，其毒素有很强的溶血性。刺伤处局部剧痛、红肿麻木。严重中毒时，可有肌肉抽搐，运动失调。

接触海参毒素的局部皮肤、黏膜可有烧灼、疼痛、红肿，呈炎性反应。染毒局部涂水后有起泡反应。如毒素溅入眼睛，可能造成失明。毒素吸收进入体内后可引起全身乏力，并产生消化系统障碍。较严重者出现四肢软瘫、尿潴留、肠麻痹、膝反射消失，甚至可能出现咯血。

（二）治疗与预防

一旦遭海胆、海星刺伤，应首先将叉棘除尽，然后用清水彻底冲洗伤口去除毒液。伤口可用 5% 高锰酸钾溶液湿敷，或局部封闭止痛。海参中毒时，用清水或加温的纯酒精涂擦患处。眼睛内接触毒液后应尽快用清水冲洗，并滴入可卡因眼药水或毒扁豆碱溶液。误食剧毒海参时间较短者，应尽快催吐或洗胃；出现肌肉麻痹时，可试用抗胆碱酯酶制剂如新斯的明或采用毒扁豆碱注射。

在捕捞时应戴手套和防护眼镜，避免与棘皮运动直接接触，特别是海参体表黏液。干品海参在食用前必须先煮沸 1 h，然后在水中浸泡 3 天，以减少毒性。

思考题

1. 潜水作业中可能发生的潜水疾病有哪些？
2. 减压病发病的原因、病症以及治疗预防措施有哪些？
3. 气压伤发病的原因、病症以及治疗预防措施有哪些？
4. 潜水作业过程中如何防止放漂和淹溺？