

DOI:10.16781/j.CN31-2187/R.20200756

• 海洋军事医学 •

## 潜水相关内耳气压伤

刘文武<sup>1</sup>, 俞旭华<sup>1\*</sup>, 李 慈<sup>1</sup>, 徐佳骏<sup>1</sup>, 徐齐兵<sup>2</sup>, 方以群<sup>1</sup>

1. 海军军医大学(第二军医大学)海军特色医学中心潜水与高压医学研究室, 上海 200433

2. 海军 92118 部队 862 船医务室, 宁波 315500

**[摘要]** 潜水过程中, 环境压力变化可导致内耳气压伤, 而反复捏鼻鼓气平衡中耳压力是导致内耳气压伤的主要原因。捏鼻鼓气会增加脑脊液压力和内耳压力, 内耳外淋巴液和中耳之间的压力梯度随之增大, 导致圆窗膜或卵圆窗膜破裂、外淋巴液从内耳泄漏, 引起内耳气压伤。内耳气压伤虽然发病率较低, 却是影响潜水员适潜性的一个重要原因。罹患内耳气压伤的潜水员可出现眩晕、耳鸣和听力丧失等非特异性症状, 若前庭受累还可导致恶心和呕吐。内耳气压伤主要与内耳减压病鉴别。内耳气压伤的治疗方式包括加压治疗、保守治疗和手术修复。本文对潜水相关内耳气压伤进行简要介绍。

**[关键词]** 潜水; 内耳; 气压伤; 外淋巴瘘; 减压病

**[中图分类号]** R 845.25

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 2097-1338(2022)05-0555-06

### Diving-related inner ear barotrauma

LIU Wen-wu<sup>1</sup>, YU Xu-hua<sup>1\*</sup>, LI Ci<sup>1</sup>, XU Jia-jun<sup>1</sup>, XU Qi-bing<sup>2</sup>, FANG Yi-qun<sup>1</sup>

1. Department of Diving and Hyperbaric Medical Research, Naval Medical Center, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

2. Clinic of Warship 862, No. 92118 Troop of PLA Navy, Ningbo 315500, Zhejiang, China

**[Abstract]** During diving, the change in ambient pressure may cause inner ear barotrauma, which is closely related to the repeated Valsalva maneuver for equilibration of middle ear pressure. Valsalva maneuver may increase the cerebrospinal fluid pressure and inner ear pressure, and therefore the pressure gradient between inner ear lymph and middle ear increases, which may cause the rupture of the round or oval window and the perilymph leakage from the inner ear, leading to inner ear barotrauma. Although the incidence of inner ear barotrauma is low, it is an important factor affecting the fitness to dive in divers. Divers with inner ear barotrauma usually experience non-specific symptoms such as dizziness, tinnitus, and hearing loss. The vestibular involvement may even cause nausea and vomiting. The inner ear barotrauma is mainly distinguished from inner ear decompression sickness. Treatments for inner ear barotrauma include compression therapy, conservative treatment, and surgical repair. This paper briefly introduces the current knowledge about diving-related inner ear barotrauma.

**[Key words]** diving; inner ear; barotrauma; perilymphatic fistula; decompression sickness

[Acad J Naval Med Univ, 2022, 43(5): 555-560]

内耳气压伤(inner ear barotrauma, IEBt)是潜水过程中周围环境压力变化导致的内耳前庭和/或耳蜗损伤, 主要见于下潜阶段。相较于中耳气压伤(middle ear barotrauma, MEBt), IEBt的发病率更低。据估计, 0.5%~1.1%的潜水员在其一生中会发生IEBt<sup>[1-2]</sup>。由于IEBt症状轻微, 潜水员一般不会就诊, 同时IEBt存在自发恢复和诊断的不

确定性, 导致IEBt发病的确定较为困难。此外, 潜水员发生IEBt后, 无论是接受保守治疗还是手术治疗, 潜水专家在评估受伤潜水员能否重返潜水时面临一定的挑战, 因为目前尚未有共识来指导职业潜水员IEBt后能否重返岗位。一些学术团体, 如南太平洋水下医学会、水下高压医学学会或欧洲水下高压医学学会也未制定相应的指南<sup>[3]</sup>。本文对

**[收稿日期]** 2020-05-20 **[接受日期]** 2020-09-01

**[基金项目]** 国家自然科学基金面上项目(81772015, 81901912), 国防科技创新特区项目(19-163-16-ZD-020-008-01.03)。Supported by General Program of National Natural Science Foundation of China (81772015, 81901912) and National Defense Science and Technology Innovation Special Zone Project (19-163-16-ZD-020-008-01.03).

**[作者简介]** 刘文武, 博士, 副研究员. E-mail: liuwenwu1980@hotmail.com

\*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-81883145, E-mail: xuhua\_0813@163.com

IEBt的致病机制、临床表现和治疗进行简要介绍。

### 1 潜水员 IEBt 的致病机制

下潜阶段外界气压不断升高,若咽鼓管因某种原因失去对鼓室内压的调节作用,鼓室内呈相对负压,鼓膜内陷。此时如果外压继续升高,鼓膜进一步内陷,使镫骨底板压紧卵圆窗膜,前庭阶外淋巴液压力升高,对圆窗膜产生从内向外的推力;同时,鼓室内相对负压,对圆窗膜又有向外的吸力,两者均使圆窗膜外凸。

脑脊液与外淋巴液之间存在直接联系。当用力做捏鼻鼓气动作时,因静脉压升高,导致脑脊液压力升高,传至鼓阶,引起外淋巴液压力升高,也可导致圆窗膜外凸。

强行做中耳调压,使咽鼓管口突然开放,外界高压气体急速进入鼓室,内陷的鼓膜猛烈向外移位,可带动镫骨底板向外,使环状韧带受到牵引,又可使圆窗膜内陷。圆窗膜的过度内陷或外凸、环状韧带的过度牵引可分别导致圆窗膜和卵圆窗膜破裂,使外淋巴液漏入鼓室形成外淋巴瘘,从而引起前庭功能障碍和/或感音功能部分或全部丧失<sup>[4]</sup>。

由其他原因(如咳嗽、打喷嚏、用力或抬物)引起的外淋巴液压力过度增加也可导致圆窗膜、卵圆窗膜或前庭膜撕裂,而如果存在外部负压(如去除潜水头罩)会进一步放大这种作用,这种损伤机制存在于一些非潜水相关疾病。圆窗膜和卵圆窗膜破裂可单独发生,也可同时出现,偶尔双侧同时发生,圆窗膜破裂更常见。

发生 IEBt 时,内耳的气体膨胀可直接损伤毛细胞或血液供应,产生气迷路(pneumolabyrinth);中耳与内耳的病理性交通也会导致气迷路,临床表现类似于圆窗膜和卵圆窗膜破裂,伴随不同程度的感觉神经性耳聋(sensorineural hearing loss, SNHL)和/或短暂的前庭功能受损症状。而内耳出血的临床表现多为突然发作<sup>[3]</sup>。

### 2 潜水员 IEBt 的诱发因素

IEBt 潜水员主诉在下潜或上升阶段耳压平衡困难,或潜水时/潜水后有内外力作用于耳部(如用力捏鼻鼓气、冲击波、去除潜水服或头盔、提升重物等导致的损伤)。Edmonds<sup>[5]</sup>对澳大利亚 50 名持续存在 IEBt 的潜水员进行回顾性研究显示,

24 名潜水员存在急性或慢性耳、鼻和喉病变,这说明潜水员 IEBt 与耳压平衡困难有关。新西兰的一项病例分析也支持这一观点,3/4 的潜水员出现耳压平衡困难和/或呼吸道感染<sup>[6]</sup>。

有些潜水员容易发生气迷路,提示可能存在某些解剖学因素导致了气迷路易感。一项研究中,44 名潜水员中有 2 名潜水员存在 IEBt 复发<sup>[7]</sup>;尸体解剖时颞骨组织学检查证实气迷路与前庭和/或耳蜗水管扩大有关,后者允许更多的脑脊液-外淋巴液流通<sup>[3]</sup>。

耳蜗发育不全或畸形及骨结构、听软骨囊、内耳膜薄弱或畸形也可能是 IEBt 易感的原因。导致 IEBt 的其他先天性原因还包括镫骨环状韧带薄弱、镫骨异常。卵圆窗和圆窗的解剖异常也有可能增加罹患 IEBt 的风险。然而,常规体检很难发现上述异常。针对 44 例非潜水气迷路患者进行的研究显示,一半患者没有明确的促发因素,这说明某些患者可能存在自发性气迷路<sup>[8]</sup>。

IEBt 是一种罕见的潜水损伤,在一般的体格检查时筛查 IEBt 的先天性危险因素并不现实。对于耳压平衡困难或 MEBt 风险增加的潜水员,可以进行 IEBt 的风险筛查。

### 3 潜水员 IEBt 的诊断

IEBt 的主要临床表现有耳鸣、听力减退、听力下降或完全丧失,还可观察到语言分辨能力受损及前庭功能障碍(如眩晕、恶心、呕吐等)。因为 IEBt 易造成圆窗膜或卵圆窗膜破裂、外淋巴液从内耳泄漏,甚至导致听小骨移位,所以 IEBt 的临床表现多有听力受损。检查中耳可发现圆窗膜撕裂或环状韧带断裂,外淋巴液流入鼓室;眼震电图可显示自发性眼球震颤;听力计检测可证实 SNHL。潜水员可能主诉耳部出现“胀满感”,声音似乎受到“阻隔”。此外活动和噪声会导致前庭功能受损症状恶化,而休息则能缓解;增加颅内压的动作(如打喷嚏或用力)可能触发症状出现<sup>[9-10]</sup>。近期, Rozycki 等<sup>[11]</sup>通过对有关 IEBt 的文献进行分析,提出基于 HOOYAH 工具对 IEBt 进行诊断,同时对 IEBt 的治疗也有一定的指导作用。HOOYAH 工具涉及难以缓解(H)、症状发作时间(O)、耳镜检查结果(O)、潜水方案(Y)、其他症状(A)和听力(H)。

与潜水相关的症状发作时间是诊断 IEBt 的关键因素。针对诸多 IEBt 病例进行的研究显示, IEBt 潜水员都为下潜阶段中耳压力平衡存在困难之后出现症状(前庭功能障碍或听力障碍)。当然,减压阶段也可能发生,甚至在潜水后数天也有可能出现 IEBt 症状,但多是在抬物或用力之后出现。有时 IEBt 的症状不明确,尤其是 SNHL 不伴随前庭功能受损症状时。

IEBt 的严重程度取决于损伤的部位和损伤的程度。没有圆窗膜破裂时,前庭膜或基膜(耳蜗内)撕裂可导致 SNHL。一些 IEBt 潜水员的症状有可能在几天内自发缓解,还有一些患者往往因为症状不明显或自发缓解而不会被报道。有研究报道,亚临床 IEBt 患者耳声发射检测显示为轻度 SNHL<sup>[9]</sup>。然而,该研究因为缺少非潜水对照组,结果的阐释需谨慎。

IEBt 主要与内耳减压病鉴别<sup>[11]</sup>。这 2 种疾病的鉴别较困难,因为两者有类似的临床表现:恶心、眩晕、眼球震颤、SNHL 和耳鸣。潜水的危险分层可作为评估潜水员新发前庭耳蜗症状的一个重要依据。高危潜水方案、上升失控或减压停留遗漏、潜水后症状的发作、减压病或其他表现或混合气体潜水,均提示内耳减压病的可能性大。高达 48% 的内耳减压病潜水员还存在其他的减压病症状<sup>[12]</sup>。相比之下,低风险、浅深度潜水、平衡耳压过程中突然出现症状、有耳气压伤病史、症状的发生与捏鼻鼓气时用力(潜水期间或潜水后)有关及同时发生 MEBt,均提示 IEBt 可能性大。然而,IEBt 潜水员的鼓膜可能正常。一般情况下,IEBt 多在 MEBt 的基础上发生,发病的阶段和原因也与 MEBt 类似,但 MEBt 一般不会发生耳聋,前庭受到损害的症状多不明显。

其他鉴别诊断包括交替性眩晕和与潜水无关的医学原因。交替性眩晕是由于右耳和左耳间的中耳压力差导致的不平衡和眩晕,通常在上升过程中出现<sup>[13-14]</sup>。一项研究显示,67 名职业潜水员中有 24 名潜水员发生 MEBt,其中 24 名潜水员在潜水过程中、10 名潜水员在潜水后出现短暂的头晕和眩晕;出水后症状短暂存在(仅数小时)与听力损伤或长期影响无关,如果症状持续则应该警惕 IEBt 的可能<sup>[12]</sup>。需要与 IEBt 相鉴别的非潜水疾病包括梅尼埃病、良性阵发性位置性眩晕和前庭神经炎。

#### 4 潜水员 IEBt 的辅助检查

对疑似 IEBt 的患者,初步评估应包括一般的头颈部检查、耳镜检查、林纳试验和韦伯试验、颅神经检查和小脑检查,还包括龙贝格征检查和霍尔派克冷热试验。如果临床怀疑 IEBt,可采用多种检查来评估听神经功能。IEBt 诊断时必要的检测包括气传导或骨传导纯音测听(用于诊断和量化 SNHL)、瘘管测试(用于临床评估诱导性眩晕)。体位性纯音测听用于辅助诊断气迷路,但不具有诊断性。受试者取仰卧位,伤侧耳朝上,2 个或更多频率上听力增益至少 10 dB 即判为检测结果阳性。

IEBt 潜水员听力检测结果存在个体差异。有研究报道 IEBt 潜水员存在平坦和下降型听力图<sup>[3]</sup>。涉及更高频率(下降型)的 SNHL 与圆窗膜破裂有关。听力检测时,采用 100 Hz 的增量能定位迷路中的损伤部位,这表明在狭窄的频率范围内存在耳蜗的孤立性损伤。听力检测也有助于监测伤后的恢复情况。如果低至中频(250~1 000 Hz,这也是语言的频率)听力受影响,听力损失有可能改善<sup>[15]</sup>。澳大利亚规定,在医学问题消失之前所有潜水员都需要接受纯音测听检查<sup>[16-17]</sup>,通过与参考基线进行比较评估潜水相关耳损伤。

瘘管测试通常用于检测圆窗膜或卵圆窗膜破裂。测试时将可变气动压力施加到外耳,诱发前庭功能受损症状或眼球震颤。该测试的灵敏性和特异性有限,因而不能成为“金标准”。

眼球震颤电流描记已被用于诊断前庭损伤,并对其进行定量评价,可与气动测试(瘘管测试、捏鼻鼓气)或体位变化相结合以提高检测的灵敏度。

颞骨高分辨率 CT 检查能显示耳蜗导水管口增宽和内耳道扩大,有助于发现存在脑脊液-外淋巴液交通增加风险的个体。高分辨率 CT 有助于评估潜水员能否重返潜水,虽然该检查有可能对气迷路的鉴别有帮助,但不推荐用于 IEBt 的初步诊断。

目前,手术探查在诊断气迷路导致的 IEBt 中的作用尚不清楚,相关指南的制定也难以实现,一方面相关研究较少且大部分为回顾性研究,存在选择偏倚;另一方面许多病例的病因复杂。目前无诊断性试验能在术前证实气迷路。一项基于临床标准并结合纯音测听诊断气压性气迷路的研究显示,接受手术探查的 9 例疑似病例中 8 例术中确诊气迷路<sup>[10]</sup>。



## 5 潜水员 IEBt 的治疗

**5.1 保守治疗** 由于 IEBt 的病因复杂,许多研究者建议将保守治疗作为其初始治疗。一般推荐卧床休息,头部抬高至  $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ,持续 1~2 周,并在 2 周内避免明显的体力活动。其他的保守治疗措施还包括多休息、服用减充血剂和前庭神经抑制剂、避免导致脑脊液压力或颅内压增高的活动(如举重、用力、鼻子吹气、咳嗽、性生活、平衡耳压、乘坐飞机、乘坐高速电梯和大声喧哗)。从仰卧位变换到直立位所引起的颅内压细微变化,也可能对圆窗膜产生一定的拉伸<sup>[18]</sup>。还可采用耳塞防止较大噪声导致的损伤,外耳通气管也能帮助减小外耳道的气压变化。

有研究联合使用类固醇激素治疗进行保守治疗,采用类固醇激素治疗的原因与其抗炎和缓解水肿有关,推荐用于突然发生的 SNHL 和血管性病因的眩晕<sup>[3]</sup>。对于职业潜水员,推荐在伤后 3 周内服用泼尼松龙 60 mg,持续 10 d,但缺乏高水平证据。也有研究者尝试经鼓膜给予类固醇激素治疗<sup>[9]</sup>。迄今为止,尚未有研究明确类固醇激素治疗 IEBt 的疗效、准确剂量和治疗时间。疑似 IEBt 的潜水员严禁使用血管扩张剂、抗凝剂(阿司匹林和非甾体抗炎药)和烟酸。需要时可给予潜水员止吐药、减充血剂、镇静剂等药物治疗以控制症状并减少颅内压升高的风险。

**5.2 加压治疗** 再加压治疗在理论上可能加重 IEBt 的症状,而内耳减压病症状应该有所改善。这种说法尚未得到证实。如果怀疑气迷路可进行加压治疗,不会发生不良反应,前提是进行鼓膜切开术。但是,对于损伤侧耳进行鼓膜切开术治疗前必须权衡利弊。据推测,加压治疗可改善 IEBt,因为圆窗膜或卵圆窗膜破裂后,进入内耳的气体在加压治疗后会重新溶解而清除<sup>[2]</sup>。

**5.3 鼓膜切开术** 临床怀疑气迷路、出现持续性前庭功能受损症状和严重听力损失的潜水员,支持进行探查性鼓膜切开术。瘘管测试结果阳性也有助于确定是否需要行鼓膜切开术。如果前庭功能受损症状不明显或强烈提示气迷路,推荐进行相对紧急的手术治疗。同样,如果定期纯音测听检查(如每天 1 次)发现恶化,也可能需要进行手术治疗<sup>[19]</sup>。研究发现 IEBt 潜水员手术后前庭功能受损症状获

得明显改善<sup>[11]</sup>。

鼓膜切开术后如果发现探查的圆窗膜或卵圆窗膜有渗漏,则能确诊气迷路。医源性瘘管、局部麻醉药积聚、组织结构判断错误(如粘连)等可能导致假阳性。鼓膜切开时,以下情况也会导致周围淋巴液渗漏:清醒患者进行捏鼻鼓气、头低足高位、奎肯施泰特试验、颈内静脉受压或插管患者胸膜腔内压增加。气迷路可能并不一定都能观察到,然而,圆窗膜或卵圆窗膜修复(如放置移植物)可改善症状,并间接促进耳蜗内结构的愈合。对于出现 SNHL 的患侧耳,放置移植物存在诱导传导性听力丧失的潜在风险,因此通常在症状较严重的情况下才放置移植物。尽管如此,鼓膜切开术和放置移植物是相对安全的治疗方法。

手术干预可以明显改善共济失调和眩晕,耳鸣往往也减轻,但听力受损恢复结果不一致。经手术确诊的气迷路患者中,圆窗膜或卵圆窗膜闭合手术后 96% 的患者前庭功能受损症状缓解;临床有气迷路风险但未在手术中确诊的患者中,有 68% 的患者眩晕、头晕、眼球震颤和其他症状在手术后改善<sup>[20]</sup>。重要的是,所有接受鼓膜切除术的患者,无论气迷路是否得到证实,均未见症状出现恶化,恶心、呕吐和运动不耐受等相关症状及认知和记忆受损也得到改善<sup>[20]</sup>。

探查性鼓膜切开术不仅有助于气迷路的诊断,还可同时修复气迷路,但有关手术探查的指征和时机仍存在争议。普遍认同的观点是气迷路无须行紧急鼓膜切开术。推荐观察 1~3 周,以便自发愈合或急性耳病变缓解,此后能更好地进行卵圆窗膜或圆窗膜闭合手术,具体手术时机取决于 SNHL 和眩晕的严重程度。对于严重眩晕、严重听力丧失或听力损失恶化的患者,建议在 24~48 h 内进行鼓膜切开术;如果损伤 2 周后才进行手术治疗,听力损失几乎不会得到改善<sup>[15]</sup>。

对于疑似 MEBt 和 IEBt (不包括气迷路)的潜水员,复查和手术之前接受保守治疗,严格卧床休息 4 d 有可能自行恢复,病程较长者可能需要 5~10 d。如果鼓膜破裂则需在 48 h 内行手术治疗,因为此时很可能发生卵圆窗膜破裂;建议受伤 48 h 后进行修复,而修复之前可使用抗生素或类固醇激素治疗<sup>[21]</sup>。伤后 10 d 似乎是接受手术治疗的最佳时间,随着受损时间的延长听力受损的改善效果越

不明显。保守治疗可能需要数周至数月以使中枢前庭功能出现代偿,从而纠正外周前庭功能障碍。

## 6 潜水员 IEBt 的预后与重返潜水

IEBt 潜水员手术修复后复发风险约为 10%<sup>[3]</sup>。鼓膜造口管通过减少作用于镫骨的外部压力帮助缓解气迷路的症状,但对于职业潜水员来说该治疗不太合适。气迷路手术修复后如果症状持续或复发,修复手术不能超过 2 次。无论采用何种疗法,症状的严重程度均与预后呈负相关<sup>[3]</sup>。

IEBt 潜水员容易发生导致耳鸣和听力受损恶化的事件<sup>[11]</sup>,但并未获得其他研究的证实。IEBt 或 MEBt 完全恢复的潜水员只要作业时谨慎小心,可以重返潜水<sup>[15]</sup>,但该观点未被广泛接受。对 IEBt 患者的长期随访(保守治疗 7 例,手术治疗 2 例)显示,6 例患者症状完全恢复,最快者可在鼓膜切开后 1 个月恢复潜水,前提是不存在解剖学异常、听力稳定、平衡功能正常<sup>[2]</sup>。但是该研究存在一些局限:入选了内耳减压病和 IEBt 病例,缺乏明确的临床诊断标准;19 名潜水员中仅有 9 人接受了随访,存在明显的选择偏倚。在另一项研究中,20 名 IEBt 潜水员不遵医嘱继续潜水,其中仅 1 名潜水员 IEBt 复发<sup>[22]</sup>。这些结果表明,潜水员重返潜水可能不会增加 IEBt 复发的风险。因此,有研究者建议 IEBt 潜水员一旦症状缓解、没有平衡异常、听力正常且其他临床参数已恢复正常,10 d 后可恢复低强度工作,6 周后恢复正常工作,3 个月后可以重返潜水<sup>[15]</sup>。

一项针对 50 名 IEBt 潜水员的回顾性研究中,大部分潜水员存在 MEBt 和耳压平衡困难等易感风险,因此不推荐重返潜水<sup>[5]</sup>。相反,有研究者建议,经过仔细检查并对圆窗膜破裂进行根本性修复后潜水员可以重返潜水,但潜水员须接受潜水耳鼻喉科医师的咨询并遵循安全的潜水操作,包括耳压平衡<sup>[6]</sup>。

出现以下情况可能会增加 IEBt 及其恶化的风险,或者说明潜水员不适合潜水:有症状的非代偿性前庭功能受损;高分辨率 CT 或鼓膜切开术中发现解剖学危险因素;耳压平衡困难和发生 MEBt;持续、明显的全频段听力受损。导致 IEBt 风险增加的因素不仅涉及潜水,还涉及其他活动如跳伞、飞行,因为这些活动也会导致压力明显变化。IEBt 潜水员恢复后重返潜水须满足下列 5 个标准:听力受损的频段狭窄,并且听力稳定;没有眩晕或平衡

功能异常;MEBt 的危险因素少;未发现解剖学危险因素;无需进一步外科干预。虽然潜水可能导致听力受损恶化,但听力受损并不是潜水的禁忌证,合并出现活动性前庭功能紊乱时禁止潜水。

此外,有必要区别对待职业潜水员和休闲潜水员。判定潜水员不适合进行潜水对于不依赖潜水而生活的休闲潜水员影响较小,而职业潜水员靠潜水生活,只要有可能就会重返潜水。职业潜水员与休闲潜水员也存在不同的风险。职业潜水员以任务为中心,对潜水条件和频率的控制较少,并且使用的装备设备(如全面罩)不利于耳压平衡,这可能会增加 IEBt 复发的风险。IEBt 复发与前庭型减压病的症状叠加也可能给后期的诊断带来困难。有些职业潜水员发生上呼吸道感染后仍然进行潜水,也会增加 IEBt 复发的风险。有研究推荐,上呼吸道感染后至少 2 周内应避免潜水<sup>[22]</sup>。此外,职业潜水员重返潜水需要与所有利益相关者进行沟通,并接受风险。尽管医疗上允许潜水员重返潜水,但雇主也需要承担潜水员重返潜水后的风险。

## 7 对潜水员 IEBt 防治的建议<sup>[3]</sup>

(1) 潜水前,所有潜水员都需要接受基线听力检测。如果怀疑有 IEBt,可参考基线听力发现和诊断内耳损伤,以帮助进一步治疗。

(2) 潜水后每次健康评估时都应重复检测听力,因为潜水员存在亚临床 IEBt 和其他听力受损的风险,同时也为新的损伤提供最新参考。

(3) 所有潜水员都需要了解潜水时平衡中耳压力的重要性及有效的中耳平衡方法。同时,应重视耳压平衡困难可能产生的潜在影响,如果持续存在耳压平衡困难则应终止潜水,并寻求医学建议。

(4) 有助于发现 IEBt 的检查方法包括气传导或骨传导纯音测听(与之前的听力图比较)、瘘管测试、眼球震颤电流描记,以及纯音测听或眼球震颤电流描记与气动手法联合。

(5) IEBt(特别是气迷路)的诊断基于全面的病史评估、潜水风险评估、前庭功能受损症状或听力丧失是否快速发生、耳压平衡是否存在困难、与耳压平衡或其他操作(如用力、咳嗽或举重物)相关症状出现的时间及瘘管试验的结果。

(6) 如果不能排除内耳减压病,可以进行试验性高压氧治疗(一般不会导致 IEBt 恶化或预后



不良),前提是潜水员能够平衡耳压,平衡耳压时要小心、轻柔。

(7)所有疑似IEBt的患者,若无严重的全频段听力丧失和/或明显的前庭功能受损症状,以保守治疗作为一线治疗。对于轻症IEBt(内耳出血、膜撕裂)和MEBt患者,留一段时间让其自行恢复,从而使机体产生一定程度的中枢代偿。

(8)目前,支持使用类固醇激素治疗IEBt的证据很少,但通常都会使用。

(9)探查性鼓膜切开术和确诊或疑似气迷路的闭合手术,适应证包括严重或持续的前庭功能受损症状、听力丧失和/或这些症状恶化或10 d内没有改善。

(10)颞骨高分辨率CT可以发现导致疾病易感的解剖异常,并可排除任何导致IEBt易感的先天性因素。该检查应在职业潜水员重返潜水之前进行。潜水员伤后1~3个月,待听力稳定、无平衡功能异常、无前庭功能受损症状、排除解剖异常并对MEBt预防进行宣教后,可以考虑重返潜水。

(11)对于职业潜水员,在气迷路修复后可以重返潜水,但须满足前述标准,还需要进行专家咨询,掌握中耳平衡方法,了解上呼吸道感染可能造成的后果,同时雇主需要接受风险。

## [参考文献]

- [1] TAYLOR D M, O'TOOLE K S, RYAN C M. Experienced scuba divers in Australia and the United States suffer considerable injury and morbidity[J]. *Wilderness Environ Med*, 2003, 14: 83-88.
- [2] SHUPAK A, GIL A, NACHUM Z, MILLER S, GORDON C R, TAL D. Inner ear decompression sickness and inner ear barotrauma in recreational divers: a long-term follow-up[J]. *Laryngoscope*, 2003, 113: 2141-2147.
- [3] ELLIOTT E J, SMART D R. The assessment and management of inner ear barotrauma in divers and recommendations for returning to diving[J]. *Diving Hyperb Med*, 2014, 44: 208-222.
- [4] 徐伟刚. 潜水医学[M]. 北京: 科学出版社, 2016: 80-81.
- [5] EDMONDS C. Inner ear barotrauma: a retrospective clinical series of 50 cases[J]. *SPUMS J*, 2004, 34: 11-14.
- [6] ROYDHOUSE N. Round window membrane rupture in SCUBA divers[J]. *SPUMS J*, 1997, 27: 148-151.
- [7] ROSS J A S, MACDIARMID J I, DICK F D, WATT S J. Hearing symptoms and audiometry in professional divers and offshore workers[J]. *Occup Med (Lond)*, 2010, 60: 36-42.
- [8] GOTO F, OGAWA K, KUNIHIRO T, KURASHIMA K, KOBAYASHI H, KANZAKI J. Perilymph fistula: 45 case analysis[J]. *Auris Nasus Larynx*, 2001, 28: 29-33.
- [9] DUPLESSIS C, FOTHERGILL D. Exploiting otoacoustic emission testing to identify clinical and subclinical inner ear barotrauma in divers: potential risk factor for sensorineural hearing loss[J]. *J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2009, 38: 67-76.
- [10] PARK G Y, BYUN H, MOON I J, HONG S H, CHO Y S, CHUNG W H. Effects of early surgical exploration in suspected barotraumatic perilymph fistulas[J]. *Clin Exp Otorhinolaryngol*, 2012, 5: 74-80.
- [11] ROZYCKI S W, BROWN M J, CAMACHO M. Inner ear barotrauma in divers: an evidence-based tool for evaluation and treatment[J]. *Diving Hyperb Med*, 2018, 48: 186-193.
- [12] NACHUM Z, SHUPAK A, SPITZER O, SHARONI Z, DOWECK I, GORDON C R. Inner ear decompression sickness in sport compressed-air diving[J]. *Laryngoscope*, 2001, 111: 851-856.
- [13] GOPLEN F K, GRØNNING M, AASEN T, NORDAHL S H G. Vestibular effects of diving—a 6-year prospective study[J]. *Occup Med (Lond)*, 2010, 60: 43-48.
- [14] ROYDHOUSE N. Vertigo in divers[J]. *Br J Sports Med*, 1983, 17: 209.
- [15] EDMONDS C. Inner ear barotrauma[M]//EDMONDS C, LOWRY C, PENNEFATHER J, WALKER R. *Diving and subaquatic medicine*. 4<sup>th</sup> ed. London: Hodder Arnold, 2005: 85-89.
- [16] Australian/New Zealand Standard 2299.1. Occupational diving operations. Part 1: standard operational practice[S]. Strathfield, NSW: Standards Australia, 2007.
- [17] Australian Standard 4005.1. Training and certification of recreational divers. Part 1: minimum entry-level SCUBA diving[S]. Strathfield, NSW: Standards Australia, 2000.
- [18] ALTHAUS S R. Perilymph fistulas[J]. *Laryngoscope*, 1981, 91: 538-562.
- [19] FLOOD L M, FRASER J G, HAZELL J W, ROTHERA M P. Perilymph fistula. Four year experience with a new audiometric test[J]. *J Laryngol Otol*, 1985, 99: 671-676.
- [20] VARTIAINEN E, NUUTINEN J, KARJALAINEN S, NYKÄNFN K. Perilymph fistula—a diagnostic dilemma[J]. *J Laryngol Otol*, 1991, 105: 270-273.
- [21] GREWAL D S, HIRANANDANI N L, PUSALKAR A G. Traumatic perilymph fistulae of the round and oval windows[J]. *J Laryngol Otol*, 1983, 97: 1149-1155.
- [22] PARELL G J, BECKER G D. Inner ear barotrauma in scuba divers. A long-term follow-up after continued diving[J]. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 1993, 119: 455-457.