

运动导致的感音神经性听力损失 和神经系统并发症的分析

周兰馨¹, 陈请国²

摘要 **目的:**统计各种运动项目导致感音神经性听力损失和神经系统并发症的占比及预后。**方法:**收集因运动导致听力受损的675例患者病例资料,主要涉及患者年龄、性别、症状、体征、运动项目的类型、听力下降性质、并发症和疗效,并统计各种运动项目之间存在的差异。**结果:**所有患者中,20~40岁是主要人群,男性为主。滑雪、溜冰、足球、篮球、排球、潜水、跳水、跳伞、登山、蹦迪、射击是导致听力下降的常见运动项目。在冰雪组(滑雪、溜冰)、球类组(足球、篮球、排球)、噪音组(蹦迪、射击)和压力异常组(潜水、跳水、跳伞、登山)中,感音神经性听力损失分别占80.5%、82.6%、96.8%和41.5%,治愈率分别是13.1%、12.4%、5.6%和14.1%,有效率分别是23.5%、21.7%、21.1%和21.8%,无效率分别为63.4%、65.8%、73.3%和64.1%。压力异常组中的感音神经性听力损失基本来自潜水人群。噪音组的感音神经性听力下降发生率高于其他三个组($P<0.05$),而治愈率低于其他三个组($P<0.05$)。神经系统并发症主要包括颅内损伤、颞骨骨折、面瘫和颅神经损伤,其在冰雪组和球类组的发生率分别是59.5%和55.9%。后遗症状主要包括耳鸣、耳闷和眩晕,其在冰雪组、球类组、噪音组和压力异常组的发生率分别为23.7%、22.1%、84.6%和24.6%。**结论:**冰雪组、球类组、噪音组和压力异常组中的潜水人群以感音神经性听力损失为主,治愈率低,尤其是噪音组。冰雪组和球类组常伴随一系列神经系统并发症。后遗症状在四个运动组普遍存在,其中耳鸣在噪音组最突出。

关键词 运动;感音神经性听力损失;神经系统;并发症;预后

中图分类号 R741;R764.43 **文献标识码** A **DOI** 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20230310

本文引用格式:周兰馨,陈请国.运动导致的感音神经性听力损失和神经系统并发症的分析[J].神经损伤与功能重建,2023,18(11):645-650.

Analysis of Sensorineural Hearing Loss and Neurological Complications Caused by Sports
ZHOU Lanxin¹, CHEN Qingguo². 1. College of Physical Education and Health, Guangxi Normal University, Guangxi 541000, China; 2. Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

Abstract Objective: To assess the proportion and prognosis of sensorineural hearing loss and neurological complications caused by various sports activities. **Methods:** The clinical data of 675 patients with hearing impairment caused by sports activities, including age, sex, symptoms, signs, types of sports activities, types of hearing loss, complications, and therapeutic efficacy were collected. The differences between various sports activities were analyzed. **Results:** Among all patients, the primary population affected was aged 20-40 years, predominantly males. Common sports activities leading to hearing loss included skiing, ice skating, soccer, basketball, volleyball, scuba diving, diving, parachuting, mountaineering, disco dancing, and shooting. In the ice/snow group (i.e., skiing, ice skating), ball group (i.e., soccer, basketball, volleyball), noise group (i.e., disco dancing, shooting), and abnormal pressure group (i.e., scuba diving, diving, parachuting, mountaineering), sensorineural hearing loss accounted for 80.5%, 82.6%, 96.8%, and 41.5%, respectively. The cure rates were 13.1%, 12.4%, 5.6%, and 14.1%, the effective rates were 23.5%, 21.7%, 21.1%, and 21.8%, and the ineffective rates were 63.4%, 65.8%, 73.3%, and 64.1%, in the ice/snow, ball, noise, and abnormal pressure groups, respectively. Sensorineural hearing loss in the abnormal stress group mainly came from the scuba diving population. The incidence of sensorineural hearing loss was higher ($P<0.05$), while the cure rate was lower in the noise group than in the other three groups ($P<0.05$). Neurological complications mainly included intracranial injury, temporal bone fracture, facial paralysis, and cranial nerve injury, with an incidence rate of 59.5% in the ice and snow group and 55.9% in the ball group. Sequelae included tinnitus, ear fullness, and vertigo, with incidence rates of 23.7%, 22.1%, 84.6%, and 24.6% in the ice/snow, ball, noise, and abnormal pressure groups, respectively. **Conclusion:** Sensorineural hearing loss was predominant in the ice/snow, ball, and noise groups, as well as the scuba diving population in the abnormal pressure group. The cure rate was low, especially in the noise group. The ice/snow and ball groups often presented with a series of neurological complications. Sequelae were common in all four groups, with tinnitus being the most prominent in the noise group.

Keywords sports activities; sensorineural hearing loss; neurological system; complications; prognosis

作者单位

1. 广西师范大学体育与健康学院

广西 桂林 541000

2. 华中科技大学同济医学院附属同济医院耳鼻咽喉头颈外科

武汉 430030

基金项目

广西大学生创新创业项目(运动型耳膜内外压力平衡器的研究, No. S202310602205)

收稿日期

2023-04-23

通讯作者

陈请国

cqg198292@126.

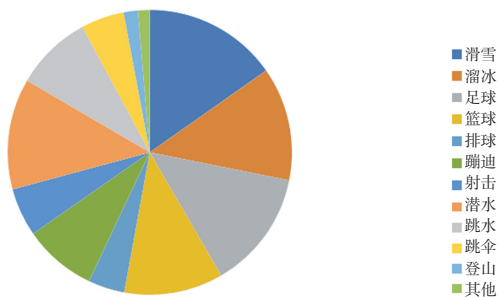
com

运动与健康息息相关,可以降低患上一些疾病的风险,如骨质疏松症、心血管疾病、代谢综合征和癌症等^[1]。然而,运动也是有风险的,可导致急性创伤或慢性过度使用损伤,其中包括听力下降(hearing loss, HL)。不同运动项目导致HL的机率存在很大差异,舒缓运动出现HL的风险很低,激烈运动出现HL的风险明显升高。运动一旦导致颅脑损伤,发生HL的风险高出正常人2 125倍^[2]。搜索国内外文献,有关不同运动项目导致HL的特点、并发症及预后方面的研究未见报道,因此很难准确评估这些运动项目与HL之间的关系。笔者是首个分析各种运动项目导致感音神经性HL的发生率、治愈率及神经系统并发症的团队,该研究有利于提高大众对运动相关性HL的风险认识,从而加强在运动过程中的防范意识。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取华中科技大学同济医学院附属同济医院2000年1月1日至2022年1月1日因运动导致HL的675例患者。纳入标准:HL与运动密切相关;符合HL标准,即500 Hz、1 000 Hz、2 000 Hz和4 000 Hz的骨导或气导平均听阈大于25 dB^[3]。排除标准:运动前已出现HL、伴随可能导致HL的疾病、骨导听阈或者气导听阈小于25 dB。675例患者中,男481例(71.3%),女194例(28.7%);20~40岁478例(70.8%),中位年龄25.4岁。将涉及的运动项目分为四大类,分别是冰雪组(滑雪103例,溜冰87例)、球类组(足球91例,篮球76例,排球28例)、噪音组(蹦迪56例,射击37例)和压力异常组(潜水85例,跳水59例,跳伞33例,登山11例),其他项目9例,见图1。本研究所有检查及治疗均符合赫尔辛基宣言要求。



注:常见的项目有滑雪、溜冰、足球、篮球、射击、潜水、跳伞等。

图1 导致听力损失的各种运动项目占比情况

1.2 方法

1.2.1 病例资料收集 收集患者以下信息:年龄、性别、运动项目类型、导致HL的原因、听力学检查、影像

学检查、临床表现、治疗效果、并发症和后遗症状。

听力学检查包括纯音测听、鼓室图、脑干诱发(auditory brainstem response, ABR)或耳声发射(distortion product otoacoustic emission, DPOAE)等。听力学资料包括创伤发生后的首次和3月后的听力检查结果、HL的类型(感音神经性、传导性和混合性)、程度和治愈率。将损伤发生3月后出现的听力下降定义为慢性听力下降。HL的治疗结果分为三个等级:痊愈,受损频率听力恢复至正常水平或达到患病前水平;有效,受损频率听力提高15~30 dB;无效,受损频率听力平均提高不足15 dB。

影像学资料包括中耳CT、中耳MRI、头部CT或头部MRI。临床表现为运动创伤发生后出现的不适症状及耳部的查体表现,重点检查外耳道和鼓膜情况。并发症是指除HL之外的伴随症状,包括颞骨骨折(横向骨折、纵向骨折或混合性)、面瘫(周围性或中枢性)、颅内损伤(包括脑实质损伤、蛛网膜下腔出血、硬膜外血肿、硬膜下血肿或脑室内出血等)和颅神经损伤(外展神经、动眼神经、滑车神经等)。后遗症状是指受伤半年后仍然存在的症状。

1.2.2 治疗方法 冰雪组、球类组和噪音组中感音神经性HL的治疗方案主要为扩管(金纳多、前列地尔、长春西汀等),营养神经(鼠神经营养因子、甲钴胺、B族维生素等),消肿(糖皮质激素),辅助治疗方法主要为高压氧,治疗时间一般在2~4周。传导性HL的治疗方案主要为鼓膜修补和听骨链重建。压力异常组中感音神经性HL的治疗方案同与冰雪组、球类组和噪音组相仿,其中内耳气压病中感音神经HL听力损失较重且伴随前庭症状的患者需行鼓室探查术,内耳减压病患者需尽快接受高压氧治疗。压力异常组中传导性HL的治疗方法主要是让患者做吞咽、鼓气等使中耳内气压平衡的动作,效果不佳的再增加咽鼓管吹张治疗,少数患者需行鼓膜修补术。

1.3 统计学处理

运用SPSS 27.0软件进行统计学分析,计数资料以率(百分比)来表示,独立性 χ^2 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 听力损失的类型及治疗效果

冰雪组中感音神经性HL 153例(80.5%)、传导性HL 11例(5.8%)、混合性HL 26例(13.7%),其中感音神经性HL治愈20例(13.1%)、有效36例(23.5%)、无效

97例(63.4%);球类组中感音神经性HL 161例(82.6%)、传导性HL 13例(6.7%)、混合性HL 21例(10.8%),其中感音神经性HL治愈20例(12.4%)、有效35例(21.7%)、无效106例(65.8%);噪音组中感音神经性HL 90例(96.8%)、传导性HL 1例(1.1%)、混合性HL 2例(2.2%),其中感音神经性HL治愈5例(5.6%)、有效19例(21.1%)、无效66例(73.3%),见图2、图3。

压力异常组中感音神经性HL 78例(41.5%)和混合性HL 9例(4.8%),基本来自于潜水体;传导性HL 101例(53.7%),94.1%来自跳水、跳伞和登山群体。其中感音神经性HL治愈11例(14.1%),有效17例(21.8%),无效50例(64.1%),见图2、图3。

2.2 临床表现

四个运动组的主要症状是头痛、耳痛、耳漏、耳鸣、耳闷或眩晕,耳部的阳性体征主要是外耳道破损、鼓膜充血、鼓膜穿孔、中耳积液或眼球震颤。后遗症状方面,冰雪组耳鸣31例(68.9%)、耳闷8例(17.8%)、眩晕6例(13.3%);球类组耳鸣30例(69.8%)、耳闷7例(16.3%)、眩晕6例(13.9%);噪音组耳鸣70例(90.9%)、耳闷5例(6.5%)、眩晕2例(2.6%);压力异常组耳鸣35例(72.9%)、耳闷8例(16.7%)、眩晕5例(10.4%),见图4。

2.3 神经系统并发症

冰雪组出现并发症的患者有113例,部分患者同时出现几种并发症,其中颞骨骨折86例(76.1%)、颅内损伤62例(54.9%)、面瘫29例(25.7%)、颅神经损伤5例(4.4%)。颅内损伤治愈率83.9%,面瘫治愈率37.9%,颅神经损伤治愈率20%。球类组出现并发症的患者有109例,其中颞骨骨折79例(72.5%)、颅内损伤58例(53.2%)、面瘫25例(22.9%)、颅神经损伤4例(3.7%)。颅内损伤治愈率86.2%,面瘫治愈率36%,颅神经损伤治愈率25%。噪音组和压力异常组无并发症,见图5。

2.4 统计学结果

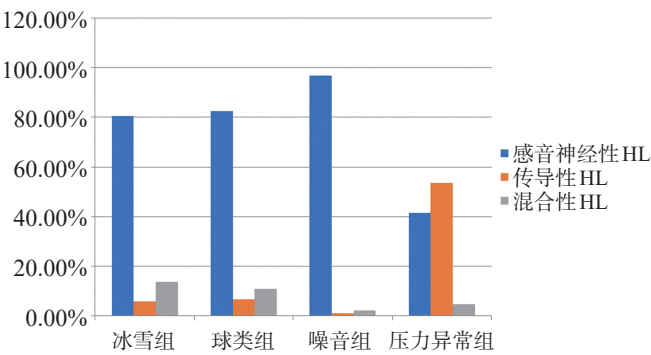
冰雪组和球类组的感音神经性HL占比、治愈率和神经系统并发症发生率差异无统计学意义($P>0.05$),而噪音组的感音神经性HL发生率高于冰雪组和球类组($P<0.05$),治愈率和并发症发生率则低于这两组($P<0.05$)。压力异常组的感音神经性HL和并发症发生率明显低于这三组($P<0.05$),听力治愈率高于这三组($P<0.05$),见图2~4。后遗症状方面,冰雪组、球类组和压力异常组之间的耳鸣占比差异无统计学意义($P>0.05$),而噪音组的耳鸣占比高于这三个组($P<$

0.05),见图4。

3 讨论

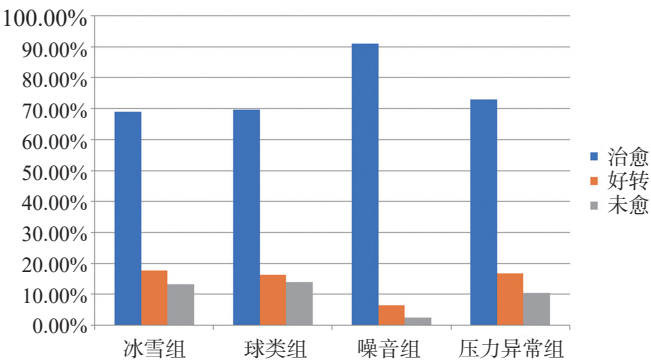
本研究发现,虽然各项目里男女比例存在差别,但总体而言男性发生HL多见。Podoshin等^[4]统计了头部创伤后发生HL的病例,男性占77.5%;Shangkuan等^[2]也统计了类似的病例,男性占61.63%。在本研究中,71.3%的病例为男性,这点和文献的结论一致。笔者认为,男性更热衷于运动和具有冒险精神,因此发生HL的机率也更高。

冰雪运动由于地面光滑,防护不当时容易导致头部或耳部着地而出现HL。球类运动发生HL的主要原因是双方身体激烈抵抗过程中被击中耳部或摔倒时头部着地。头部外伤是一个公共卫生问题,在世界范围是导致死亡或残疾的重要因素,严重影响正常的生活、学习和社交能力^[5-7]。头部受创的患者容易出现HL,以感音神经性为主。据统计,即使头部轻度外伤,HL的发生率也达7%~50%^[4,8-10]。由于听觉器官及听觉皮质都位于大脑,因此不难理解脑部创伤与HL关系密切,存在以下几种机制:①头部受创时压力传递到耳蜗,导致位于基底膜的外毛细胞破坏而出现HL;②头部受创后出现颞骨骨折,而颞骨骨折导致耳囊、岩部锥体和/或其他中耳和内耳结构的破坏;③头部外伤造成外周听觉通路创伤(如迷路震荡)或直接损伤中枢听觉系统,导致内耳和脑干出血或耳蜗前庭神经损伤^[11-14]。创伤后出现HL的病理机制非常复杂,因此治愈率的差异性也很大。Vartiainen等^[15]报道头部受钝击伤的儿童中有三分之一可以完全恢复。Griffiths^[10]报道成人的治愈率是50%,而Podoshin和Fradis报道只有8%的患者听力提高^[4],Tuohimaa等^[16]报道没有患者出现听力改善。本研究的数据显示,头部外伤的患者中有81.6%为感音神经性HL,其中只有12.9%的患者可以恢复听力,治疗方法主要是营养神经、抗炎消肿和高压氧治疗。值得注意的是,头部外伤导致的感音神经性聋可出现延迟性,可在受伤后的7~11年持续下降^[17]。本研究也发现,长期随访的患者中有15%出现听力缓慢下降。这可能与广泛分布的谷氨酸毒性和大脑不同区域的神经炎症相关,这种大规模急性炎症反应(小胶质细胞活化、外周中性粒细胞募集以及淋巴细胞和单核细胞衍生的巨噬细胞浸润)随着时间的推移变成慢性炎症,而影响听觉信号的传递^[18]。冰雪组和球类组中还有6.2%的患者出现传导性聋,最常见的原因是颞骨骨折后中耳出血或者脑脊液耳漏导致鼓室内积液,大部



注:冰雪组、球类组和噪音组以感音神经性HL为主,压力异常组以传导性HL为主。感音神经性HL占比方面,冰雪组和球类组之间差异无统计学意义($P>0.05$),噪音组高于冰雪组和球类组($P<0.05$),冰雪组、球类组和噪音组高于压力异常组($P<0.05$)。

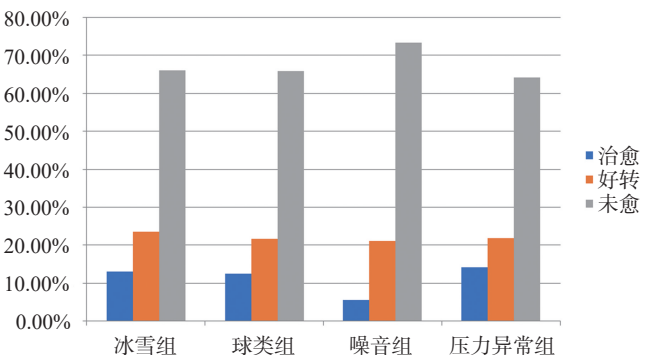
图2 不同运动项目的听力损失类型及占比情况



注:四个运动组中,耳鸣是主要的后遗症症状,在噪音组尤为突出。冰雪组、球类组和压力异常组之间的耳鸣占比差异无统计学意义($P>0.05$),而噪音组的耳鸣占比高于这3组($P<0.05$)。

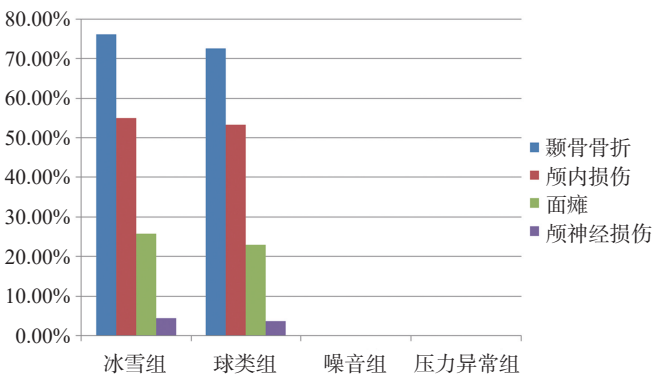
图4 各运动组的后遗症症状主要有耳鸣、耳闷和眩晕

分能痊愈;其次是外伤性鼓膜穿孔,注意保持外耳道干燥,大部分能自愈,少数需行鼓膜修补手术;最少见的是听骨链中断,本研究中只有2例患者出现,接受听骨链重建手术后才恢复。头部创伤通常伴随一系列神经系统并发症,其中面瘫对患者的影响最大。一旦出现颞骨骨折,尤其是横向骨折,面瘫的可能性明显变大。有学者在15%~34.3%的颞骨骨折病例中检测到面瘫^[19,20]。与之相似,本研究中有28.6%的颞骨骨折患者出现面瘫,其中只有36%能痊愈。面瘫的预后取决于面神经的损伤程度,轻度面瘫可通过药物(甲钴胺、B族维生素、糖皮质激素等)、针灸理疗、康复训练等方法治疗,大部分能痊愈。如果保守治疗效果不佳,需尽快行面神经-舌下神经吻合术、面神经-副神经吻合术等^[21]。除了HL,冰雪组和球类组中接近一半的人群出现耳鸣、耳闷、眩晕等后遗症症状,其中耳鸣最常见,对患者造成很大的困扰。笔者推测,这些症状可能是创伤后迷路和耳蜗受挫引起的。



注:大部分患者听力恢复欠佳。治愈率方面,冰雪组、球类组和压力异常组之间差异无统计学意义($P>0.05$),噪音组低于其他3组($P<0.05$)。

图3 各运动组中感音神经性HL的治疗效果



注:冰雪组中颞骨骨折最常见,其次是颅内损伤、面瘫和颅神经损伤,四种并发症的发生率差异有统计学意义($P<0.05$)。球类组与冰雪组类似。噪音组和压力异常组没有出现以上并发症。冰雪组的各种并发症发生率和球类组之间差异无统计学意义($P>0.05$),冰雪组和球类组的各种并发症发生率高于噪音组和压力异常组($P<0.05$)。

图5 各运动组的神经系统并发症发生率

蹦迪和射击人群出现HL的主要原因是噪音。蹦迪场所的噪音一般很大,长时间处于这种高分贝音量的环境会伤害听觉器官。射击产生的噪音是脉冲式噪音,对人耳的伤害也很大。笔者询问病史,发现大部分患者有长期的蹦迪和射击史,最短半年,最长6年。噪音在生活中无处不在,已成为危及公众健康的一大隐患。尽管对噪音已开展了数十年的研究、干预和法规制定,噪声性HL仍然是第二常见的职业病或损伤因素^[22]。与未暴露于噪声的工人相比,暴露噪声的工人听力损失机率明显更高,分别为23%和7%^[23]。长期暴露于超过80 dB噪声水平的环境会增加HL的风险,随着暴露时间的延长,HL会进一步加重,最终导致听力障碍。声损伤的公认机制是噪音导致内耳corti器的细胞凋亡,细胞凋亡的主要原因是内耳血流量减少、缺氧或代谢活性增强导致活性氧(reactive oxygen species, ROS)的产生,进而诱导外毛细胞的坏死^[24,25]。此外,高

分贝噪声还可破坏耳蜗毛细胞-听神经突触、毛细胞纤毛和支持细胞的结构而出现HL^[26]。首次暴露高强度噪声后会出现暂时性HL,在短时间内可自行恢复,但如果持续接触强噪声则会演变成永久性HL^[27]。本文噪音组基本都是感音神经性HL,其中只有5.6%的患者痊愈,而且大多在发病早期就积极治疗。因此,在首次出现噪音性HL时一定要高度警惕,远离噪音给听力恢复的时间。为了降低噪音性HL的发病率,美国国家职业安全与健康研究所(NIOSH)建议处于噪音水平超过85 dB的环境下均应佩戴听力保护装置^[28],可以预防10%~20%的噪音性HL^[29]。因此,在噪音大的环境佩戴听力保护装置非常有必要,而且需要尽早戴,而不是等听力已经下降了再戴。耳鸣是噪音组最常见的后遗症,比其他运动组更突出,严重影响患者睡眠和工作。越来越多的证据表明,噪声暴露导致的耳鸣可能是潜在的听觉损伤和中枢听觉通路失代偿的结果^[30]。

潜水是一项流行的休闲活动,而与潜水相关的疾病中超过80%与耳鼻咽喉相关^[31]。压力异常组HL的原因各异,其中潜水导致的中耳、内耳气压病或内耳减压病是致聋的主要原因。中耳气压病是由于耳朵不能平衡环境压力的变化,这种情况一般可自行消退,无后遗症。潜水相关性内耳疾病可导致耳蜗和前庭系统的永久性损伤,尤其值得关注。潜水导致的内耳疾病包括内耳气压病和内耳减压病。①内耳气压病:由于咽鼓管功能降低,鼓室内压力降低所致,潜水员因为耳部不适而进行强迫Valsalva动作,咽鼓管开放的瞬间可致鼓室和鼻咽的压力突然平衡,由此引起鼓膜、听小骨和圆窗膜的剧烈运动,导致圆窗膜或卵圆窗膜破裂而出现淋巴漏。潜水员可出现听力下降、耳鸣或旋转性眩晕伴恶心呕吐。内耳气压病的治疗,笔者建议应用高剂量皮质类固醇数天,然后逐步减量,还可以使用鼻减充血剂和扩容治疗(比如盐酸赛洛唑啉喷鼻,羟乙基淀粉静滴)。当感音神经性HL超过40 dB以上或出现眩晕伴眼球震颤的患者需尽快进行手术,探查中耳,封闭圆窗或者卵圆窗^[32]。本研究中有3例患者完成了中耳探查手术,1例听力好转,2例听力无改善。②内耳减压病:发生原因是潜水上升过快时,从血流和组织中释放出来的氮气泡对精细的膜迷路结构造成破坏。内耳减压病的主要症状是旋转性眩晕、听力下降或耳鸣。患者须尽快接受高压氧再压迫治疗,本研究中有8例患者接受高压氧治疗,其中5例治愈,3例好转。此外,还可以应用高剂量皮质类固醇和扩容治疗^[32]。笔者发现,潜水人群中感音神经性HL的发生率高达90%以

上,而治愈率不足15%,而且发病早期的疗效明显好于发病晚期,因此强调尽快治疗的重要性。心脏R/L分流是发生内耳减压病的公认风险因素,患减压病的潜水员中有82%存在心脏R/L分流,而对照组仅为25%^[33,34]。因此患有心脏R/L分流的群体不适合潜水。高空跳水时耳朵周围的水压存在较大的差异,若入水时姿势不正确或保护措施不得当,外耳道压力急剧变化,巨大的冲击力可使鼓膜穿孔,甚至出现感染而导致慢性中耳炎,从而引起HL。跳伞和登山容易出现周围气压变化过快导致中耳内压力失衡,从而出现HL。庆幸的是,跳水、跳伞和登山人群基本都是传导性HL,程度轻、持续时间短、预后好。

综上所述,一些运动项目如果保护不当存在HL的风险,以感音神经性为主,治愈率低,同时伴随一系列神经系统的并发症和后遗症。因此笔者建议,冰雪运动爱好者需接受专业的指导、佩戴好头盔和避免做高难度的腾空动作,可有效预防头部着地。一旦出现头部创伤,应立刻完善头部或耳部CT和MRI检查,同时进行听力检查,根据检查结果作出相应处理。球类运动需避免激烈的身体碰撞,尤其注意头部和耳部的保护。对伴有高强度噪音的运动项目,尽量调低噪音的音量和缩短暴露噪音的时间,如果无法避免可佩戴保护听力设备,可有效减缓听力的损失。对于潜水相关的耳部疾病,可通过掌握平衡中耳压力技巧、减慢潜水速度、避免上呼吸道感染期间潜水、中耳压力不平衡时中止潜水和潜水前检查心脏功能来预防。一旦出现听力下降、眩晕、恶心呕吐等不适症状时要尽快就诊。跳水需掌握正确的入水方式,登山和跳伞后出现耳部不适可通过自身的吞咽、鼓气等动作使中耳内气压平衡。如果无法自行改善,需到医院耳鼻咽喉科就诊,通过咽鼓管吹张来治疗,大多能恢复。

参考文献

- [1] Pedersen BK, Saltin B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease[J]. Scand J Med Sci Sports, 2006, Suppl 1: 3-63. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2006.00520.x.
- [2] Shangkuan WC, Lin HC, Shih CP, et al. Increased long-term risk of hearing loss in patients with traumatic brain injury: A nationwide population-based study[J]. Laryngoscope, 2017, 27: 2627-2635. DOI: 10.1002/lary.26567.
- [3] Golub JS, Brickman AM, Ciarleglio AJ, et al. Association of subclinical hearing loss with cognitive performance[J]. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg, 2020, 146: 57-67. DOI: 10.1001/jamaoto.2019.3375.
- [4] Podoshin L, Fradis M. Hearing loss after head injury[J]. Arch Otolaryngol, 1975, 101: 15-18. DOI: 10.1001/archotol.1975.00780300019004.
- [5] Ewing-Cobbs L, Prasad MR, Kramer L, et al. Late intellectual and academic outcomes following traumatic brain injury sustained during early

- childhood[J]. *J Neurosurg*, 2006, 105: 287-296. DOI: 10.3171/ped.2006.105.4.287.
- [6] Yeates KO, Swift E, Taylor HG, et al. Short- and long-term social outcomes following pediatric traumatic brain injury[J]. *J Int Neuropsychol Soc*, 2004, 10: 412-426. DOI: 10.1017/S1355617704103093.
- [7] Haarbauer-Krupa J, Pugh MJ, Prager EM, et al. Epidemiology of chronic effects of traumatic brain injury[J]. *J Neurotrauma*, 2021, 38: 3235-3247. DOI: 10.1089/neu.2021.0062.
- [8] Kozin ED, Knoll RM, Bhattacharyya N. Association of pediatric hearing loss and head injury in a population-based study[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2021, 165: 455-457. DOI: 10.1177/0194599820982904.
- [9] Choi JE, Chang YR, Mun IK, et al. Inner ear symptoms are prevalent in patients with high head abbreviated injury scale scores after blunt head trauma[J]. *Audiol Neurotol*, 2022, 27: 56-63. DOI: 10.1159/000518189.
- [10] Griffiths MV. The incidence of auditory and vestibular concussion following minor head injury[J]. *J Laryngol Otol*, 1979, 93: 253-265. DOI: 10.1017/s0022215100086990.
- [11] Schell A, Kitsko D. Audiometric Outcomes in Pediatric Temporal Bone Trauma[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2016, 154: 175-180. DOI: 10.1177/0194599815609114.
- [12] Burchhardt DM, David J, Eckert R, et al. Trauma patterns, symptoms, and complications associated with external auditory canal fractures[J]. *Laryngoscope*, 2015, 125: 1579-1582. DOI: 10.1002/lary.25246.
- [13] Kanavati S, Salamat AA, Tan TY, et al. Bilateral temporal bone fractures associated with bilateral profound sensorineural hearing loss[J]. *Postgrad Med J*, 2016, 92: 302-303. DOI: 10.1136/postgradmedj-2015-133862.
- [14] Mallinson A, Maire R, Beyaert C, et al. Understanding and managing trauma-induced vestibular deficits[J]. *J Int Adv Otol*, 2021, 17: 559-565. DOI: 10.5152/iao.2021.21258.
- [15] Vartiainen E, Karjalainen S, Kärjä J. Auditory disorders following head injury in children[J]. *Acta Otolaryngol*, 1985, 99: 529-536. DOI: 10.3109/00016488509182257.
- [16] Tuohimaa P. Vestibular disturbances after acute mild head injury[J]. *Acta Otolaryngol Suppl*, 1978, 359: 3-67.
- [17] Bergemalm PO, Borg E. Long-term objective and subjective audiologic consequences of closed head injury[J]. *Acta Otolaryngol*, 2001, 121: 724-734. DOI: 10.1080/00016480152583674.
- [18] Simon DW, McGeachy MJ, Bayir H, et al. The far-reaching scope of neuroinflammation after traumatic brain injury[J]. *Nat Rev Neurol*, 2017, 13: 171-191. DOI: 10.1038/nrneurol.2017.13.
- [19] Venugopalan S, Mehta MR, Khavdu PJ, et al. Temporal bone trauma management: a study of 100 Cases[J]. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2022, 74: 299-306. DOI: 10.1007/s12070-020-02068-5.
- [20] Darrouzet V, Duclos JY, Liguoro D, et al. Management of facial paralysis resulting from temporal bone fractures: Our experience in 115 cases[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2001, 125: 77-84. DOI: 10.1067/mhn.2001.116182.
- [21] 卜云芸, 陈琳, 戴宜武, 等. 中国特发性面神经麻痹神经修复治疗临床指南(2022版)[J]. *神经损伤与功能重建*, 2023, 18: 1-12. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20220639.
- [22] Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, et al. The global burden of occupational noise-induced hearing loss[J]. *Am J Ind Med*, 2005, 48: 446-458. DOI: 10.1002/ajim.20223.
- [23] Masterson EA, Themann CL, Luckhaupt SE, et al. Calvert GM. Hearing difficulty and tinnitus among U.S. workers and non-workers in 2007[J]. *Am J Ind Med*, 2016, 59: 290-300. DOI: 10.1002/ajim.22565.
- [24] Motalebi Kashani M, Saberi H, Hannani M. Prevention of Acoustic Trauma-Induced Hearing Loss by N-acetylcysteine Administration in Rabbits[J]. *Arch Trauma Res*, 2013, 1: 145-150. DOI: 10.5812/atr.7839.
- [25] Aksoy F, Dogan R, Yenigun A, et al. Thymoquinone treatment for inner-ear acoustic trauma in rats[J]. *J Laryngol Otol*, 2015, 129: 38-45. DOI: 10.1017/S0022215114002680.
- [26] Kurabi A, Keithley EM, Housley GD, et al. Cellular mechanisms of noise-induced hearing loss[J]. *Hear Res*, 2017, 349: 129-137. DOI: 10.1016/j.heares.2016.11.013.
- [27] Ryan AF, Kujawa SG, Hammill T, et al. Temporary and Permanent Noise-induced Threshold Shifts: A Review of Basic and Clinical Observations[J]. *Otol Neurotol*, 2016, 37: e271-e275. DOI: 10.1097/MAO.0000000000001071.
- [28] Kardous C, Themann CL, Morata TC, et al. Understanding noise exposure limits: Occupational vs. general environmental noise. Centers for Disease Control and Prevention(DB/OL).<https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2016/02/08/noise/>, 2016
- [29] Nelson JT, Swan AA, Swiger B, et al. Hearing testing in the U.S. Department of Defense: Potential impact on Veterans Affairs hearing loss disability awards[J]. *Hear Res*, 2017, 349: 13-20. DOI: 10.1016/j.heares.2016.10.005.
- [30] Shore SE, Roberts LE, Langguth B. Maladaptive plasticity in tinnitus--triggers, mechanisms and treatment[J]. *Nat Rev Neurol*, 2016, 12: 150-160. DOI: 10.1038/nrneurol.2016.12.
- [31] Klingmann C, Praetorius M, Baumann I, et al. Otorhinolaryngologic disorders and diving accidents: an analysis of 306 divers[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2007, 264: 1243-1251. DOI: 10.1007/s00405-007-0353-6.
- [32] Klingmann C, Wallner F. Health aspects of diving in ENT medicine. Part I: Diving associated diseases[J]. *HNO*, 2004, 52: 757-769. DOI: 10.1007/s00106-004-1105-1.
- [33] Honěk J, Šrámek M, Honěk T, et al. Screening and risk stratification strategy reduced decompression sickness occurrence in divers with patent foramen ovale[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2022, 15: 181-189. DOI: 10.1016/j.jcmg.2021.06.019.
- [34] Cantais E, Louge P, Suppini A, et al. Right-to-left shunt and risk of decompression illness with cochleovestibular and cerebral symptoms in divers: case control study in 101 consecutive dive accidents[J]. *Crit Care Med*, 2003, 31: 84-88. DOI: 10.1097/00003246-200301000-00013.

(本文编辑:王晶)