

# 湖北省射击运动员双耳听觉能力不对称性特征研究

孙玉全, 梅慧娴

(湖北大学 体育学院, 湖北 武汉 430062)

**摘要:** 目的: 了解射击运动员双耳听觉能力不对称性特征, 探讨枪噪声暴露引起的听力损失与双耳不对称性之间的关系。方法: 采用横断面调查的方法, 在2023年1月至2023年7月期间用BD-II-116型听觉实验仪器, 对湖北省一线射击运动员进行双耳气导纯音检测(共计测试0.128、0.256、0.512、1、2、3、4、6、8 kHz 9个频率), 并进行问卷调查, 用重复测量方差分析(ANOVA)方法对左右耳在不同频率下的听阈值进行比较; 使用配对样本t检验对各频段听阈值的差异进行统计学分析。结果: 所测试的9个频段当中, 除0.128kHz频段外, 射击运动员的左侧耳听觉阈值在其他各频段当中均比右侧耳的听觉阈值高, 在0.512 kHz、1 kHz、2 kHz、3 kHz、4 kHz、6 kHz、8 kHz频段中运动员左右耳听觉阈值差异具有统计学意义( $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ ), 左耳全频平均听觉阈值高于右耳2.04dB。双耳听觉阈值差值在8kHz频段处差别最大, 为(4.95 ± 4.15) dB。随着频率的不断升高, 射击运动员出现双耳听觉阈值不对称的人数也越多, 听阈差值的离散程度也更大。在高频处双耳听阈位移值差值大的运动员当中听力未受损的运动员占绝大多数比例。结论: 射击运动员双耳听觉能力不对称的问题已经开始显现, 左耳平均听觉阈值高于右耳, 主要发生在高频处。随着频率的升高, 双耳听觉能力不对称的人数随之增加, 双耳不对称性也越严重。一些运动员虽然没有发生听力损失, 但双耳听觉能力不对称性问题依然较为突出。

**关键词:** 射击运动员; 听觉能力; 不对称性

## A Study on the Asymmetric Characteristics of Binaural Hearing Ability of Shooting Athletes in Hubei Province

SUN Yu-quan, MEI Hui-xian

(School of Physical Education, Hubei University, Wuhan 430062, China)

**Abstract:** Objective To investigate the asymmetric characteristics of binaural hearing ability of shooting athletes, and to explore the relationship between hearing loss caused by gun noise exposure and binaural asymmetry. Methods A cross-sectional survey method was adopted to detect binaural air conduction pure tone (0.128, 0.256, 0.512, 1, 2, 3, 4, 6, 8 kHz) of first-line shooters in Hubei Province from January 2023 to July 2023 with a type BD-II-116 auditory experimental instrument, and a questionnaire survey was conducted. The auditory thresholds of left and right ears at different frequencies were compared by repeated measurement analysis of variance (ANOVA). The difference of hearing threshold in each frequency band was statistically analyzed by paired sample t test. Results Among the 9 frequency bands tested, except 0.128kHz band, the hearing threshold of the shooters' left ear is higher than that of the right ear in all other frequency bands. In the frequency bands of 0.512 kHz, 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz, 6 kHz and

8 kHz, the difference of hearing threshold between left and right ears was statistically significant ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ), and the average hearing threshold of left ear was 2.04dB higher than that of right ear. The difference of binaural hearing threshold is the largest in 8KHz band, which is  $(4.95 \pm 4.15)$  dB. With the increase of frequency, the number of shooters with binaural hearing threshold asymmetry is also increasing, and the dispersion of hearing threshold difference is also greater. Among the athletes with large difference of binaural threshold displacement value at high frequency, the majority of athletes with unimpaired hearing accounted for. Conclusion The problem of asymmetric auditory ability of shooting athletes has begun to appear, the average auditory threshold of left ear is higher than that of right ear, which mainly occurs at high frequency. With the increase of frequency, the number of asymmetry of binaural hearing ability increased, and the asymmetry of binaural ability became more serious. Although some athletes do not have hearing loss, the asymmetry of binaural hearing ability is still more prominent.

**Key words:** Shooting athletes; Hearing ability; Asymmetry

噪声广泛存在于人们的生活环境中, 对人们的听觉健康造成一定的影响。长期暴露在噪声环境下会增加听力损失的风险。世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 在 2021 年 2 月最新发布的《世界听力报告》中指出, 听力损失影响着全球超 15 亿人, 预计到 2050 年全球四分之一的人会出现不同程度的听力问题<sup>[1]</sup>。作为人体重要的感觉器官, 听力健康对每个人来说都至关重要。通常情况下, 人体左右耳的听觉能力会被认为是对称性的, 然而一些学者在研究过程中却观察到双耳听觉阈值不对称的现象。Segal 等人<sup>[2]</sup>对 429 名轻中度感音神经性听力损失患者的研究发现, 职业性噪声暴露与不对称性听力损失之间具有一定的相关性, 在频率超过 15 kHz 的左耳听阈明显高于右耳。张昊等人<sup>[3]</sup>在研究制造业工人不对称性听力损失时发现, 大部分的受试者左耳平均听阈高于右耳。双耳听觉阈值差别过大会影响对声源的辨别, 长此以往更容易产生听觉疲劳等情况。高强度和短瞬时的枪噪声作为射击项目的一大特点, 对运动员的听力健康提出了挑战, 长时间的训练和比赛使得射击运动员的听觉能力出现一定程度的损伤, 并伴有一定程度的双耳不对称性问题。目前国内关于射击运动员听觉阈值不对称的研究较为缺乏, 本研究通过对湖北省一线射击运动员进行纯音听阈测试和问卷调查, 并建立严格的纳入标准来保证实验结果的准确性, 以此探讨射击运动员听觉阈值不对称的具体特征及其与听力损失之间的关系。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

以湖北省体育局射击运动管理中心的 42 名一线射击运动员为研究对象, 其中男子运动员 24 名, 女子运动员 18 名, 平均年龄  $17.57 \pm 3.01$  岁。纳入标准包括: (1)

在最近 6 个月内均正常参加射击训练且有意愿参加此次实验; (2) 六个月内听力没有受过除训练外的高强度噪声影响; (3) 自身没有遗传性耳病、听力损失家族遗传史、服用耳毒性药物或耳部感染等情况发生 (详见表 1)。

表 1 研究对象基本情况分析

变量	分组	人数	构成比 (%)
性别	男生	24	57.1
	女生	18	42.9
年龄	$\geq 18$ 岁	15	35.7
	$< 18$ 岁	27	64.3

### 1.2 研究方法

#### 1) 纯音测听

本次研究采用由被测试者做出听到与否的主观判断来了解其听觉阈值的纯音听阈测试法, 听力测试设备为经过调试校准后的 BD- II -116 型听觉实验仪器, 在噪声  $< 30$  dB 的房间内采用“渐增法”进行双耳气导纯音检测, 分别测试受试者在 0.128、0.256、0.512、1.000、2.000、3.000、4.000、6.000、8.000 千赫兹 (kHz) 共计 9 个频率下的听觉阈值。在频段测试顺序上, 先从 1.000 kHz 开始, 再测 2.000、3.000、4.000、6.000、8.000 kHz; 最后测 0.128、0.256、0.512 kHz。听力损失的判断标准按照 WHO-2021 最新标准来执行, 以 20dB 作为是否患有听力损失的判别标准。

#### 2) 问卷调查法

本次研究对每位进行纯音听阈检测实验的受试人员在实验前发放调查问卷, 内容包含 3 部分: (1) 运动员人口学特征: 年龄、性别、运动专项、运动年限等; (2) 运动员用耳习惯: 耳机的使用频率、使用时间、使用时音量偏好, 训练时佩戴防护设备情况等; (3) 耳鸣情况、听力自我感觉、对待听力保护的态度等。

### 3) 数理统计法

使用 EpiData 3.1 软件建立数据库记录运动员不同频率的听觉阈值和调查问卷的调查结果。利用 SPSS Statistics 27.0 软件进行统计, 采用统计表进行描述, 计量资料用  $\text{mean} \pm \text{SD}$  表示, 用 ANOVA 检验、*T* 检验等统计学方法进行分析, 以  $P < 0.05$  表示差异具有统计学意义。

### 4) 质量控制

向受试者简要介绍实验内容并签署知情同意书, 指导其填写调查问卷, 问卷回收检查无误后对受试者进行双耳纯音测听, 测试前向被试者详细说明测试方法, 确认其完全理解后开始测试。为避免临时听力阈值偏移情况发生, 提前告知受试者在实验前 24 小时内避免暴露于高噪声环境中。

## 2 研究结果与分析

### 2.1 射击运动员各频段左右耳听觉阈值分析

如图 1 所示, 在所测试的 9 个频段中, 除 0.128kHz 频段外, 射击运动员的左侧耳听觉阈值在其他各频段中均比右侧耳的听觉阈值高, 在高频处 (2 kHz、3 kHz、4 kHz、6 kHz、8 kHz) 差异较为明显, 左耳所有频率平均听觉阈值高于右耳 2.04dB。ANOVA 结果显示 (见表 2), 运动员左右耳所有频率中 0.512 kHz、2 kHz、3 kHz、6 kHz、8 kHz 平均听阈值的差异有统计学意义。配对样本 *T* 检验结果显示, 在 0.512 kHz、1 kHz、2 kHz、3 kHz、4 kHz、6 kHz、8 kHz 频段处运动员左右耳听觉阈值差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ), 见表 3。

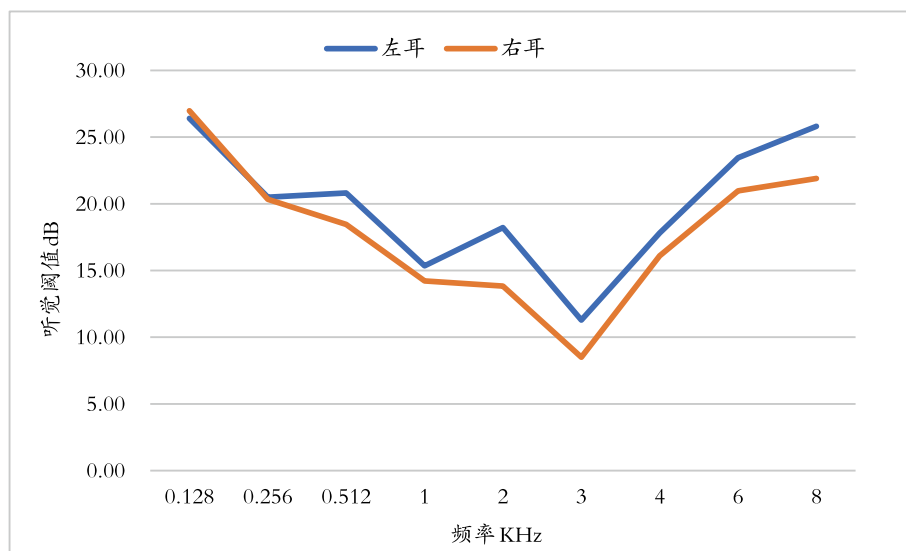


图 1 射击运动员各频段左右耳平均听阈图

表 2 射击运动员各频段左右耳听阈值 Anova 分析

频段	左右耳听阈值差值均值 (95%CI, dB HL)								
	0.128kHz	0.256kHz	0.512kHz	1kHz	2kHz	3kHz	4kHz	6kHz	8kHz
听阈值	26.69	20.42	19.63	14.79	16.02	9.89	16.95	22.21	23.86
	$\pm 5.01$	$\pm 4.92$	$\pm 4.00$	$\pm 4.35$	$\pm 4.78$	$\pm 4.79$	$\pm 5.13$	$\pm 5.14$	$\pm 7.23$
<i>F</i> 值	0.271	0.024	7.901	1.458	22.108	7.658	2.387	5.112	6.534
<i>P</i> 值	0.604	0.878	0.006**	0.231	<0.01**	0.007**	0.126	0.026*	0.012*

表 3 射击运动员各频段左右耳听觉阈值比较

频率	0.128kHz	0.256kHz	0.512kHz	1kHz	2kHz	3kHz	4kHz	6kHz	8kHz
右耳	26.98 $\pm$ 5.68	20.33 $\pm$ 4.96	18.45 $\pm$ 3.71	14.21 $\pm$ 4.00	13.83 $\pm$ 4.18	8.50 $\pm$ 5.00	16.10 $\pm$ 4.78	20.98 $\pm$ 5.13	21.90 $\pm$ 7.09
左耳	26.40 $\pm$ 4.28	20.50 $\pm$ 4.94	20.81 $\pm$ 3.97	15.36 $\pm$ 4.65	18.21 $\pm$ 4.36	11.29 $\pm$ 4.19	17.81 $\pm$ 5.37	23.45 $\pm$ 4.91	25.81 $\pm$ 6.92
<i>t</i> 值	1.151	-0.356	-4.367	-2.503	-7.767	-3.917	-2.879	-4.092	-4.895
<i>P</i> 值	0.256	0.724	<0.01**	0.016*	<0.01**	<0.01**	<0.01**	<0.01**	<0.01**

### 2.2 射击运动员各频段左右耳听觉阈值差值分析

射击运动员在 0.128 kHz、0.256 kHz、0.512 kHz、1 kHz、2 kHz、3 kHz、4 kHz、6 kHz、8 kHz 频段处左右耳的听觉阈值差分别为 (2.38 ± 2.21) dB、(1.93 ± 2.33) dB、(3.02 ± 2.93) dB、(2.48 ± 1.95) dB、(4.76 ± 3.13) dB、(3.98 ± 3.61) dB、(2.86 ± 3.09) dB、(3.52 ± 2.99) dB、(4.95 ± 4.15) dB, 在高频处双耳的听阈的差值离散程度更大, 具体情况见图 2。

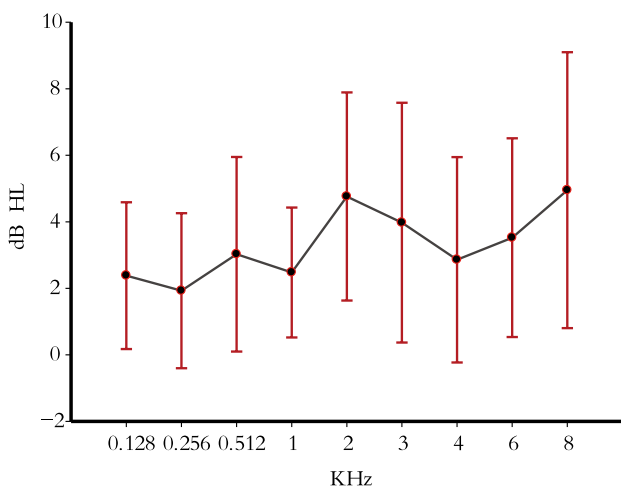


图 2 射击运动员各频段左右耳听阈差值平均值

### 2.3 各频率下听觉阈值不对称人数分析

如图 3 所示, 在 0.128 kHz 处, 双耳听觉阈值之差在 5-10dB 范围内的运动员有 4 人, 双耳听觉阈值之差超过 10dB 的运动员有 1 人; 在 0.256 kHz 处, 双耳听觉阈值之差在 5-10dB 范围内的运动员有 1 人, 双耳听觉阈值之差超过 10dB 的运动员有 1 人; 在 0.512 kHz 处, 双耳听觉阈值之差在 5-10dB 范围内的运动员有 10 人, 双耳听觉阈值之差超过 10dB 的运动员有 1 人; 在 1kHz 处, 双耳听觉阈值之差在 5-10dB 范围内的运动员有 4 人, 双耳听觉阈值之差超过 10dB 的运动员有 0 人; 在 2 kHz 处, 双耳听觉阈值之差在 5-10dB 范围内的运动员有 12 人, 双耳听觉阈值之差超过 10dB 的运动员有 5 人; 在 3 kHz 处, 双耳听觉阈值之差在 5-10dB 范围内的运动员有 8 人, 双耳听觉阈值之差超过 10dB 的运动员有 5 人; 在 4kHz 处, 双耳听觉阈值之差在 5-10dB 范围内的运动员有 4 人, 双耳听觉阈值之差超过 10dB 的运动员有 2 人; 在 6 kHz 处, 双耳听觉阈值之差在 5-10dB 范围内的运动员有 9 人, 双耳听觉阈值之差超过 10dB 的运动员有 2 人; 在 8 kHz 处, 双耳听觉阈值之差在 5-10dB 范围内的运动员有 9 人, 双耳听觉阈值之差超过 10dB 的运动员有 6 人; 随着频率的不断升高, 射击运动员出现双耳听觉阈值不对称的人数也越多。

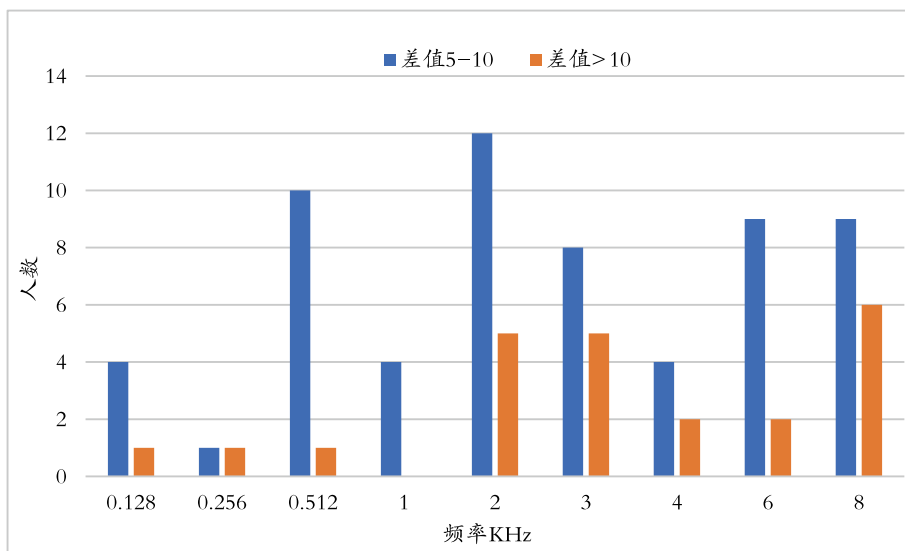


图 3 射击运动员各频段双耳不同听阈差值人数

### 2.4 高频处不同射击运动员双耳听阈位移值差值比例研究

在高频处是双耳不对称情况发生最显著的频段, 在所有高频频段中双耳听觉阈值之差在 5 ~ 10 之间的射击

运动员共有 30 人次, 双耳听觉阈值之差在超过 10 的射击运动员共有 15 人次, 双耳听觉阈值之差在 5 ~ 10 的所有射击运动员当中, 听力正常的运动员占 70% (21/30) 有听力损失的运动员占 30% (9/30); 双耳听觉阈值之

差超过 10dB 的所有射击运动员当中, 听力正常的运动员占 86.7% (13/15), 有听力损失的运动员占 13.3% (2/15)。

由图 4 可见, 在高频处双耳听阈位移值差值大的运动员当中听力未受损运动员占绝大多数比例。

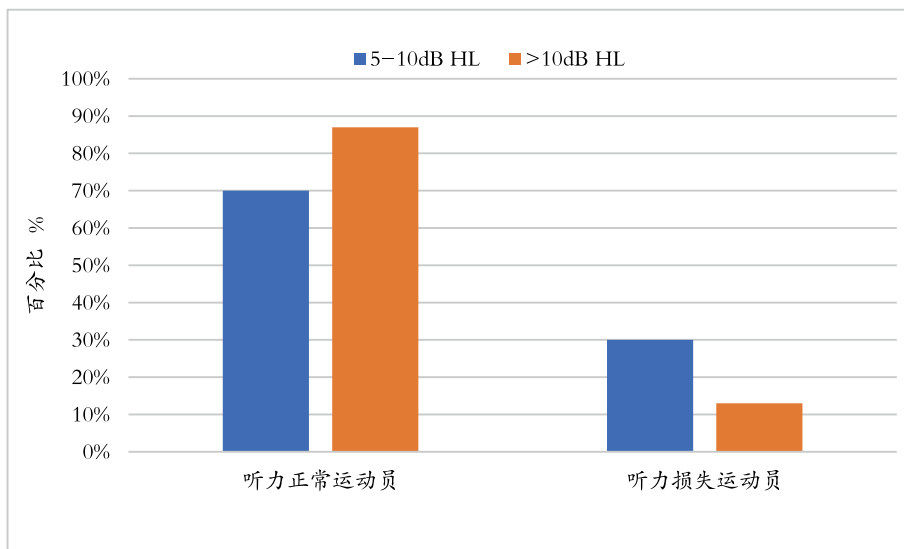


图 4 高频处不同射击运动员双耳听阈位移差值比例

### 3 研究结论

本文通过研究发现, 射击运动员双耳听觉能力不对称的问题已经开始显现, 主要表现为左耳平均听觉阈值高于右耳, 频段主要发生在高频处。随着频率的升高, 双耳听觉能力不对称性人数随之增加, 双耳不对称性也越严重。一些运动员虽然没有发生听力损失, 但双耳听觉能力不对称性问题依然较为突出。

### 4 讨论

此次研究发现, 射击运动员左耳的平均听阈值普遍高于右耳, 这种差异随着声音频率的升高变得更加明显。这与以往的研究结果较为一致。Richard 等人<sup>[4]</sup>对双耳平均听阈值进行比较时认为, 左耳和右耳对噪声的易感性存在差异, 且差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ) Sturman<sup>[5]</sup>在探究职业噪声暴露是否会导致不对称性听力损失时指出, 左耳听力阈值在 3 kHz 时明显高于右耳, 在总听力损失  $\geq 60\%$  和  $\geq 80\%$  的听力损失人群中, 左耳听力阈值在 3 kHz 时分别比右耳高 3.81 dB 和 5.53 dB, 几乎一半的受试者双耳听觉阈值在 3 kHz 和 4 kHz 频段中超过 10 dB 的不对称性。本文中射击运动员双耳听觉阈值之差超过 10dB 的频段主要集中在 2 kHz、3 kHz 和 8 kHz 处。此外, 本研究还发现, 尽管一些射击运动员虽然没有发生听力损失, 但双耳听觉能力不对称性问题较为突出。Dobie<sup>[6]</sup>在研究中指出, 在噪音暴露过程中, 听力较好的一侧耳朵可能比听力较差的一侧遭受更多的损伤。由此可以推

断, 在出现听力损失之前, 双耳听觉阈值可能最先出现不对称性的问题, 这一观点恰当地解释了没有发生听力损失的运动员, 却有着明显的双耳听觉能力不对称现象, 这提示射击运动员当出现双侧耳听觉能力不对称情况时要更加注意保护自己的听觉能力, 积极采取防护措施, 以免出现听力损失。

造成双耳听觉能力不对称的原因国内外尚未达成一致结论, 目前主要存在两种不同的解释理论。一种是从物理学角度上进行解释, 认为双耳听觉能力的不对称性与噪声暴露不均有关, 陈雅丽等人<sup>[7]</sup>的研究发现, 工人在进行作业时, 主要使用右手进行工具的操作, 进而使左耳更易暴露于噪声中, 所以左侧耳遭受更大的听力损失。射击所产生的双耳不对称性也可能与射击时枪噪声的暴露特点有关, Sataloff 等人<sup>[8]</sup>在研究过程中注意到, 当运动员在射击时, 以惯用右手为例, 左耳通常是最暴露的耳朵, 66% 的右手射击者左耳听力损失更严重, 60% 的左手射击者右耳听力损失更严重。Meinke 等人<sup>[9]</sup>认为不对称听力损失是由于射击时枪支放置的位置不同所造成, 如在射击步枪时, 右手射击者和左手射击者的枪肩是不同的。右手射击者将把步枪的枪托放在右肩上, 而左手射击者会将枪托放在对面的肩膀上, 在进行瞄准射击时会造成头部倾斜, 由于头部阴影效应, 导致两耳之间的噪音暴露差异, 对于右手持枪射击者, 头部向右肩倾斜, 左耳向前倾斜, 更接近枪口爆炸。然而, 早期的相关研究<sup>[10]</sup>表明, 使用左手的射击运动员同样也是

左耳听阈高于右耳,这一结果与“头影效应”理论是相悖的。另一种是从生理学角度进行解释,认为双耳不对称性与两侧耳蜗功能的不一致有关,内侧耳蜗传出系统已被证明在防止噪声引起的听力损失方面发挥着巨大作用<sup>[11]</sup>。该通路的传出神经元与外毛细胞突触,并引起超极化,静息膜电位降低了外毛细胞的活性和基底膜的振动。通过这种机制,内侧耳蜗传出系统根据听觉通路活动的水平调节耳蜗放大器,并防止过度刺激。通过对侧诱发耳声发射和自发耳声发射发生率的减少测量,发现右耳的内侧橄榄耳蜗传出系统更强。在动物模型中,也发现内侧耳蜗传出系统的功能活性与噪声损伤易感性呈负相关<sup>[12]</sup>。内侧耳蜗传出系统功能活性的变化被认为是可以解释人类对噪声损伤易感性的变化<sup>[13]</sup>。

目前关于噪声暴露致双耳听觉能力不对称机制的相关研究开展较少,双耳的不对称性是由于外在噪声暴露不均,还是两侧耳蜗构造的不同抑或是多种因素协同作用所导致还有待进一步证实研究。但本研究认为,射击运动员左右耳听觉能力存在显著性差异,左耳听觉阈值比右耳高,听力不对称性如果不施加干预可能演变为听力损失。这一研究结果可为加强射击运动员在噪音防护方面提供一定参考。

## 参考文献

- [1] World Health Organization. World report on hearing: executive summary. Geneva: WHO, 2021.
- [2] Segal N, Shkolnik M, Kochba A, et al. Asymmetric hearing loss in a random population of patients with mild to moderate sensorineural hearing loss [J]. *Annals of Otolaryngology & Laryngology*, 2007, 116 (1): 7-10.
- [3] 张昊, 王琳. 职业性噪声暴露对制造业工人不对称性听力损伤分析 [J]. *山西医药杂志*, 2022, 51 (12): 1405-1407.
- [4] Berg RL, Pickett W, Linneman JG, et al. Asymmetry in noise-induced hearing loss: evaluation of two competing theories [J]. *Noise Health*, 2014, 16 (69): 102-107.
- [5] Sturman C J, Frampton C M, Ten Cate W J F. Hearing Loss Asymmetry due to Chronic Occupational Noise Exposure [J]. *Otology & neurotology*, 2018, 39 (8): e627-e634.
- [6] Dobie RA. Does occupational noise cause asymmetric hearing loss? [J]. *Ear & Hearing*, 2014, 35 (5): 577-579.
- [7] 陈雅丽, 王鑫, 刘晓旭, 等. 职业性噪声暴露对汽车制造业工人不对称性听力损失的影响 [J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2019, 37 (4): 260-264.
- [8] Sataloff J, Hawkshaw M J, Sataloff R T. “Gun-shooting hearing loss”: A pilot study [J]. *Ear Nose & Throat Journal*, 2010, 89 (1): E15-19.
- [9] Meinke D K, Finan D S, Flamme G A, et al. Prevention of Noise-Induced Hearing Loss from Recreational Firearms [J]. *Seminars in Hearing*, 2017, 38 (4): 267-281.
- [10] Job A, Gâteau P, Picard J. Intrinsic differences in hearing performances between ears revealed by the asymmetrical shooting posture in the army [J]. *Hearing Research*, 1998, 122 (1-2): 119-124.
- [11] Lauer A M, Jimenez S V, Delano P H. Olivocochlear efferent effects on perception and behavior [J]. *Hearing Research*, 2022 (419): 108207.
- [12] Luebke A E, Foster P K. Variation in inter-animal susceptibility to noise damage is associated with alpha 9 acetylcholine receptor subunit expression level [J]. *Journal of Neuroscience*, 2002, 22 (10): 4241-4247.
- [13] Maison S F, Liberman M C. Predicting vulnerability to acoustic injury with a noninvasive assay of olivocochlear reflex strength [J]. *Journal of Neuroscience*, 2000, 20 (12): 4701-4707.