

# 冷热气灌注顺序对冷热试验结果影响的研究

温超<sup>1</sup> 邓巧媚<sup>1</sup> 刘强<sup>1</sup> 韩曦<sup>1</sup> 李姗姗<sup>1</sup> 陈太生<sup>1</sup> 王巍<sup>1</sup>

**[摘要]** **目的:**研究冷热试验冷热气灌注顺序对试验结果是否存在影响,为冷热试验的规范和质控提供依据。**方法:**应用视频眼震图和冷热气刺激仪进行冷热试验。将健康志愿者 30 例(60 耳)分为两组,每组 15 例(30 耳)。第 1 组先进行冷气刺激再行热气刺激(先冷后热组),第 2 组先进行热气刺激再行冷气刺激(先热后冷组)。观察比较两组受试者在冷热气试验不同灌注顺序下的眼震最大慢相角速度(SPV)、半规管轻瘫(CP)和优势偏向(DP)的差异。**结果:**先冷后热组和先热后冷组受试者诱发眼震强度相近。两组受试者 SPV 值组内分析,同侧耳不同温、同温不同侧耳诱发眼震强度比较,进行配对 *t* 检验,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组受试者 SPV 值组间分析,同侧耳的相同及不同温度刺激诱发眼震强度,进行独立样本 *t* 检验,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组受试者 CP 值组间分析,进行独立样本 *t* 检验,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组受试者 DP 值均在正常范围内,进行独立样本 *t* 检验,差异亦无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论:**冷热气不同灌注顺序对冷热气试验结果不会产生影响,冷热气刺激顺序并非冷热试验的规范和质控研究方向。

**[关键词]** 冷热试验;眼震最大慢相角速度;优势偏向;冷热气灌注顺序

**DOI:**10.13201/j.issn.2096-7993.2021.03.004

**[中图分类号]** R764 **[文献标志码]** A

## A study of the effect of hot and cold gas perfusion sequence on caloric test results

WEN Chao DENG Qiaomei LIU Qiang HAN Xi LI Shanshan  
CHEN Taisheng WANG Wei

(Department of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, Tianjin First Central Hospital, Institute of Otolaryngology of Tianjin, Key Laboratory of Auditory Speech and Balance Medicine, Key Clinical Discipline of Tianjin [Otolaryngology], Otolaryngology Clinical Quality Control Centre, Tianjin, 300192, China)

Corresponding author: WANG Wei, E-mail: wwei1106@hotmail.com

**Abstract Objective:** To study whether the warm/cold air injection sequence affects the test results in the caloric test, and provide a basis for the specification and quality control of the caloric test. **Methods:** Video nystagmography and warm and cold air stimulation apparatus were applied for caloric test. Thirty healthy volunteers (60 ears) were divided into two groups of 15 (30 ears) each. The first group was given cold air stimulation followed by warm air stimulation, and the second group was given heat followed by cold. The differences in nystagmus maximal slow phase velocity (SPV), semicircular canal paresis (CP) and dominant preponderance (DP) were compared between the two groups of subjects under different perfusion sequences of caloric test. **Results:** The intensity of nystagmus evoked by subjects in group 1 (cold first and then warm) and group 2 (warm first and then cold) were similar. Paired *t*-test showed that intra-group analysis of the SPV values of the two groups, comparison of the intensity of nystagmus evoked by different temperatures of the same ear or different sides of ear with the same temperature, the difference was not statistically significant (all  $P > 0.05$ ). Independent samples *t*-test showed that between-group analysis of SPV values of two groups, the intensity of nystagmus induced by the same and different temperature stimuli in the ipsilateral ear, the difference was not statistically significant (all  $P > 0.05$ ). Independent samples *t*-test showed that the CP values of the two groups were analyzed between groups, and the difference was not statistically significant (all  $P > 0.05$ ). Independent samples *t*-test showed that DP values of both groups were in the normal range and the difference was not statistically significant (all  $P > 0.05$ ). **Conclusion:** Different perfusion sequences of warm and cold air do not affect the results of caloric tests, and the order of warm and cold air stimulation is not the normative and quality control research direction of caloric test.

**Key words** caloric tests; maxium slow-phase velocity; direction preponderance; caloric test perfusion sequence

<sup>1</sup>天津市第一中心医院耳鼻咽喉头颈外科 天津市耳鼻喉科研究所 天津市临床重点学科(耳鼻咽喉科学) 天津市听觉言语与平衡医学重点实验室 天津市耳鼻喉科质量控制中心(天津,300192)  
通信作者:王巍,E-mail:wwei1106@hotmail.com

前庭功能检查是眩晕诊疗的重要环节,其中冷热试验是进行前庭病损侧别鉴别的关键项,迄今尚无其他技术能够替代。依据不同温度递质,冷热试验又分为冷热水/气试验。既往冷热试验是通过冷热水刺激完成,但是冷热水不能用于慢性中耳炎、鼓膜穿孔及外耳道炎症的患者,并且操作繁琐、患者不易接受,临床应用受到局限。1967年 Astaa 等报道采用恒温的冷却或温热空气进行冷热试验<sup>[1]</sup>,既避免了冷热水试验的限制,又可用于鼓膜穿孔、中耳炎、乳突手术后等患者<sup>[2]</sup>,且操作便捷,提高了患者依从性,在前庭功能检测中发挥着同样重要的作用。

随着临床眩晕诊疗及前庭医学的发展,冷热试验技术规范与质量控制日益受到关注。冷热试验通过双耳交替冷热刺激进行,改变冷热灌注顺序是否影响检测结果也是冷热试验规范与质控的主要内涵。既往该类研究多通过眩晕患者的冷热试验进行,即通过改变患者的冷热水灌注顺序,比较不同灌注顺序的冷热刺激效应及对试验结果的影响,但迄今尚未形成共识<sup>[3-6]</sup>。本研究以健康志愿者为试验对象,分别进行不同顺序的冷热气试验,即先冷后热和先热后冷刺激,进一步探讨改变冷热气灌注顺序对试验结果是否构成影响,为冷热气试验的规范与质控提供科学依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

招募健康志愿者 30 例(60 耳)作为受试者,其中男 16 例,女 14 例;年龄 22~39 岁,平均 28.6 岁。入选标准:①无眩晕、耳聋及耳鸣病史;②外耳道及鼓膜正常;③声导抗及纯音听阈检查正常;④检查前 3 d 内未食用巧克力及饮用含酒精或咖啡因的饮料,或其他具有中枢镇静或兴奋作用的药物。排除标准:受试者未能全部完成冷热试验检查。向参与受试者介绍试验流程及可能的诱发反应。将 30 例受试者分为两组,每组 15 例。第 1 组先行冷气后行热气刺激(先冷后热组),其中男 6 例,女 9 例;年龄 20~38 岁,平均 27.7 岁;刺激顺序依次是①右冷(cold right, CR<sub>1</sub>),②左冷(cold left, CL<sub>1</sub>),③右热(warm right, WR<sub>1</sub>),④左热(warm left, WL<sub>1</sub>)。第 2 组先行热气后行冷气刺激(先热后冷组),男 10 例,女 5 例;年龄 20~38 岁,平均 29.3 岁;刺激顺序依次是①右热(WR<sub>2</sub>),②左热(WL<sub>2</sub>),③右冷(CR<sub>2</sub>),④左冷(CL<sub>2</sub>)。

### 1.2 试验方法

受试者取平卧位,用 30°的斜枕垫高头部,使外半规管处于垂直位。应用眼震视图仪(ZT-VNG-I)记录冷热气试验产生眼震的最大慢相角速度(slow phase velocity, SPV)值、半规管轻瘫(canal paresis, CP)值及优势偏向(dominant preponderance,

DP)值。每次灌气间隔时间 $\geq 2$  min,待眼震消失及无明显眩晕感后进行下一次灌注;灌气使用 24 °C 与 50 °C 的空气,灌注量为 5 L/min,灌注时间为 40 s。灌注及诱发眼震记录过程中嘱咐受试者保持直视前方,不可闭眼,尽量不眨眼。测试过程中让受试者做心算并为之交谈,帮助其保持清醒并避免在暗环境中感到紧张。于眼震最强反应期出现 10 s 后进行固视抑制,受试者检测过程中若有明显不适(如不可忍受的恶心、呕吐等)需及时报告,停止检查。

$$CP = [(WR + CR) - (WL + CL)] \times 100\% / (WR + CR + WL + CL)$$

$$DP = [(WR + CL) - (WL + CR)] \times 100\% / (WR + CR + WL + CL)$$

以 CP(%) $< 25$  和 DP(%) $< 30$  作为冷热试验结果正常的标准。

### 1.3 观察指标与统计学处理

两组受试者以双耳冷热交替刺激诱发眼震的 SPV 值、CP 及 DP 值作为参数指标。应用 SPSS 19.0 统计学软件对各个计量指标分别进行正态分布检验,配对 *t* 检验及独立样本 *t* 检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

先冷后热组和先热后冷组受试者双耳冷、热刺激所引发的眼震强度相近,且均符合正态分布,见表 1。两组受试者 SPV 值组内分析,比较同侧耳不同温度及相同温度不同侧耳刺激诱发眼震 SPV 值,进行配对 *t* 检验,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见图 1。两组受试者 SPV 值组间分析,同侧耳相同及不同温度条件下刺激诱发眼震 SPV 值比较,进行独立样本 *t* 检验,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见图 2。先冷后热组 15 例患者 DP 值均在正常范围内,2 例(男女性各 1 例)CP 值结果超出正常范围;先热后冷组 15 例 DP 值亦在正常范围,2 例男性受试者 CP 值结果超出正常范围。两组受试者冷热试验 CP 值、DP 值均符合正态分布,组间 CP 值、DP 值分别进行独立样本 *t* 检验,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见图 3。两组受试者冷热试验 CP 值、DP 值均符合正态分布,先冷后热组 CP 值、DP 值分别为  $10.67 \pm 8.52$ 、 $14.07 \pm 9.57$ ;先热后冷组 CP 值、DP 值分别为  $9.08 \pm 5.32$ 、 $10.69 \pm 8.50$ 。

## 3 讨论

前庭感受器包括半规管和耳石器,其适宜刺激分别为角加速度和线加速度,冷热试验主要针对水平半规管。冷热刺激源可以产生与极低频率(0.025 Hz)旋转角加速度的类似刺激,分别刺激左右侧水平半规管,利用内淋巴液遇热或冷能改变密度,出现热升、冷降的对流现象,分别驱动水平半规

管内淋巴液向壶腹方向流动,使壶腹嵴胶顶向椭圆囊方向偏移,毛细细胞的静纤毛压向动纤毛产生有效兴奋刺激,前庭神经传入冲动增加;或驱动水平半规管内淋巴液离壶腹方向流动,使壶腹嵴胶顶背椭圆囊方向偏移,毛细细胞的动纤毛压向静纤毛产生抑

制刺激,前庭神经传入冲动减低。根据 Ewald 定律,热刺激使水平半规管内淋巴液上升向壶腹方向流动产生兴奋反应,诱发向灌注耳侧的眼震;而冷刺激则产生抑制性反应,诱发向灌注耳对侧的眼震。

表1 两组受试者冷热试验刺激下眼震强度参数

 $\bar{x} \pm s$ 

项目	先冷后热组			先热后冷组		
	SPV <sub>1</sub> (°/s)	最小值	最大值	SPV <sub>2</sub> (°/s)	最小值	最大值
CL	10.2±3.9	3.3	15.6	9.4±5.3	1.2	19.6
CR	9.9±4.0	2.0	16.9	8.6±3.7	1.7	15.1
WL	11.0±3.9	3.0	16.5	9.0±4.2	2.1	19.8
WR	10.7±4.4	2.6	20.0	9.3±3.7	1.9	18.4

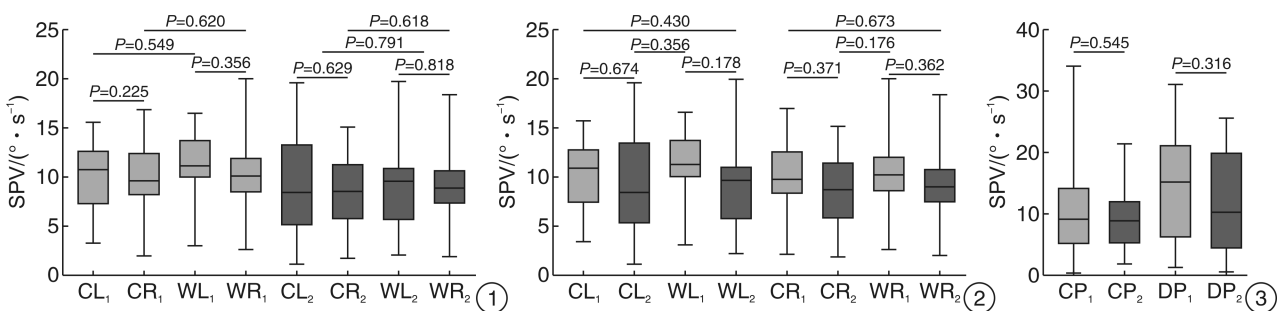


图1 两组受试者组内同侧耳不同温度、同温度不同侧耳条件下眼震强度参数比较 CL<sub>1</sub>、CR<sub>1</sub>、WL<sub>1</sub>、WR<sub>1</sub> 分别表示先冷后热组左耳冷刺激、右耳冷刺激、左耳热刺激、右耳热刺激;CL<sub>2</sub>、CR<sub>2</sub>、WL<sub>2</sub>、WR<sub>2</sub> 分别表示先热后冷组左耳冷刺激、右耳冷刺激、左耳热刺激、右耳热刺激; 图2 两组受试者组间同侧耳相同、不同温度条件下的眼震强度参数比较; 图3 两组受试者组间 CP 值和 DP 值的参数比较

冷热试验在眩晕患者临床诊疗中得到广泛应用。冷热刺激递质包括冷热水和冷热气,历经众多研究和探讨,冷热水试验的标准化与规范化已达成共识<sup>[7-8]</sup>。冷热气刺激可用于鼓膜穿孔患者,患者依从性好、操作便捷易行,因此冷热气试验技术在临床亦到广泛应用。但是,冷热气试验的规范化及标准化以及改变冷热刺激顺序是否影响试验结果等尚存争议。本研究旨在明确冷热气试验检查顺序对试验结果可能的影响,使冷热气试验临床应用进一步规范、标准化。

冷热试验的相关研究很多,除了不同灌注递质外,还有单温试验及冷热试验灌注顺序等。既往研究显示冷热气试验与冷热水试验之间的结果具有等效性<sup>[4]</sup>,且单温试验的结果存有较大的假阳性和假阴性,临床应用价值较小<sup>[5]</sup>,提示完整的冷热试验更具有临床实用性。Olóriz 等<sup>[9]</sup>报道,眩晕患者的冷热水试验不同冷热刺激顺序影响冷热试验结果,主要呈现为先热后冷刺激的 CP 百分比高于先冷后热刺激,且随着年龄的增长病理百分比增加越明显,认为该差异是冷热刺激的顺序效应所致。Noaksson 等<sup>[10]</sup>也发现改变眩晕患者冷热水试验的冷热刺激顺序可对 SPV 产生一定影响,但认为该影响既不是源于冷热刺激的顺序效应,不同冷热

刺激顺序也不影响冷热试验结果。也有研究报道冷热水不同刺激顺序对健康受试者试验结果不产生影响,但研究样本量较少<sup>[11]</sup>,而冷热气不同刺激顺序是否影响健康受试者试验结果的研究较少。

本研究结果表明,先冷后热组的热刺激引起的最大 SPV 值略大于先热后冷组。有学者报道眩晕患者冷热水试验刺激会使前庭系统对于刺激的敏感增强,冷热试验中热刺激引起兴奋,冷刺激引起抑制,且前庭兴奋刺激较抑制刺激引起的反应强,可能就会呈现出热刺激反应强的结果<sup>[12]</sup>。本研究结果显示,不同顺序的热刺激诱发 SPV 略大于冷刺激,与上述研究结果相似,提示冷热试验的先后顺序对受试者诱发的 SPV 值产生一定影响,但差异无统计学意义。且本研究结果的组间 CP 值、DP 值的差异亦无统计学意义,进一步提示冷热气试验刺激不同顺序对试验结果未构成影响。

#### 参考文献

- [1] Maes L, Dhooge I, De Vel E, et al. Water irrigation versus air insufflation: a comparison of two caloric test protocols[J]. Int J Audiol, 2007, 46(5): 263-269.
- [2] 陈太生, 宋伟, 鲁宏华. 鼓膜穿孔眩晕者的冷热气试验结果分析[J]. 临床耳鼻咽喉科杂志, 2006, 20(4): 155-157.



方法有一定的局限性。

人工听骨从早期的塑料、陶瓷等材料逐渐被钛质听骨所替代,其形制多样、组织相容性好、使用方便,成为临床医师青睐的听骨链重建材料。PORP的下部呈爪型,可以很好地与镫骨上结构契合,即使镫骨头受到侵蚀也不影响PORP重建的稳定性。PORP有不同高度和形状供选择,因此适应证较自体砧骨和耳廓软骨重建要更广泛。陈阳等<sup>[13]</sup>报道自体砧骨听骨链重建术后ABG(以0.5、1、2、4 kHz均数计算) $<20$  dB者占71%,同期应用钛质PORP的术后听力有效率为83%。

本研究统计的3种材料Ⅱ型鼓室成形手术的时间无显著差异,与陈阳等<sup>[13]</sup>研究结果一致。自体砧骨的塑形在熟练之后只需要2~3 min,不会对整个手术时间造成影响。总而言之,3种材料的听骨链重建方法均安全有效,自体砧骨对高频的传导更优,但需要3个听小骨均可用,且手术操作难度最大;鼓膜-软骨-镫骨连接操作简单,但其鼓室高度最低,可能会出现鼓膜内陷粘连,也不适用于镫骨头侵蚀的情况;钛质PORP操作最方便,缺点是增加手术费用,也有一定的听骨脱出的风险。

#### 参考文献

[1] 中华医学会耳鼻咽喉头颈外科学分会耳科学组,中华耳鼻咽喉头颈外科杂志编辑委员会耳科学组. 中耳炎临床分类和手术分型指南(2012)[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2013,48(1):5-5.

[2] 宋勇莉,张昌明,闫辉,等. 经典WullsteinⅢ型鼓室成形术在慢性化脓性中耳炎手术中的应用分析[J]. 中国听力语言康复科学杂志,2014,12(2):95-98.

[3] Sakalli E, Celikyurt C, Guler B, et al. The effect of stapes fixation on hearing results in tympanosclerosis

treated by mobilization[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol,2015,272(11):3271-3275.

- [4] 乔燕,宋勇莉,王海婷,等. 鼓室硬化患者自体砧骨或PORP重建听骨链的听力疗效分析[J]. 听力学及言语疾病杂志,2019,27(6):619-622.
- [5] 陈俊,乔燕,宋勇莉,等. 鼓室硬化致镫骨固定一期鼓室成形术的疗效分析[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2020,34(7):599-602.
- [6] Zhao L, Li J, Gong S. Comparison of the application of artificial ossicles and autologous ossicles in the reconstruction of a damaged ossicular chain[J]. J Laryngol Otol,2018,132(10):885-890.
- [7] 韩宇,刘嘉伟,陈阳,等. 上鼓室切开重建术与Bondy改良乳突根治术治疗I期松弛部胆脂瘤的疗效比较[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2019,33(6):537-541.
- [8] Stankovic MD. Audiologic results of surgery for cholesteatoma: short- and long-term follow-up of influential factors[J]. Otol Neurotol,2008,29(7):933-940.
- [9] Al-Qudah M, Dawes PJ. Malleus-stapes assembly: experience with two prostheses[J]. J Laryngol Otol,2006,120(9):736-739.
- [10] Wake M, Robinson JM, Sheehan AL, et al. The histology of "stored" autologous ossicles[J]. J Laryngol Otol,1992,106(1):17-20.
- [11] Merchant SN, McKenna MJ, Mehta, RP, et al. Middle ear mechanics of typeⅢ tympanoplasty(stapes columella):Ⅱ. clinical studies[J]. Otol Neurotol,2003,24(2):186-194.
- [12] 宋勇莉,高伟,温立婷,等. 耳甲软骨Ⅱ型鼓室成形术后听力分析[J]. 中华耳科学杂志,2018,16(6):864-870.
- [13] 陈阳,韩宇,卢连军,等. 60例不同材料听骨链重建术的对比分析[J]. 中华耳科学杂志,2010,8(3):240-243.

(收稿日期:2020-07-29)

(上接第211页)

[3] Jongkees LB. The caloric test and its value in evaluation of the patient with vertigo[J]. Otolaryngol Clin North Am,1973,6(1):73-93.

[4] 梁茵菲,张姝琪,曾祥丽,等. 两种递质的温度试验在健康人中检测结果的比较及冷热气试验诊断标准初探[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2018,32(15):1130-1133.

[5] 温彦华,张连山,葛平江. 变温实验中冷和热刺激反应强度的差[J]. 听力学及言语疾病杂志,2003,11(3):174-176.

[6] Baumgarten RV, Benson A, Bertholz A, et al. Effects of rectilinear ear acceleration and optokinetic and caloric stimulations in space. Science,1984,225(4658):208-211.

[7] Maes L, Dhooge I, D'haenens W, et al. The effect of age on the sinusoidal harmonic acceleration test, pseudorandom rotation test, velocity step test, caloric test, and vestibular-evoked myogenic potential test[J]. Ear Hear,2010,31(1):84-94.

- [8] Jalocho-Kaczka A, Pietkiewicz P, Zielińska-Bliźniewska H, et al. Sensitivity evaluation in air and water caloric stimulation of the vestibular organs using videonystagmography[J]. Otolaryngol Pol,2014,68(5):227-232.
- [9] Olóriz J, Alonso I, Chaparro P, et al. [Effect of irrigation sequence in vestibular paresis results of bithermal caloric tests][J]. Acta Otorrinolaringol Esp,2007,58(4):151-155.
- [10] Noaksson L, Schulin M, Kovacsovic B, et al. Temperature Order Effects in the Caloric Reaction[J]. Int Tinnitus J,1998,4(1):71-73.
- [11] Burnette E, Piker EG, Frank-Ito D. Reevaluating Order Effects in the Binaural Bithermal Caloric Test[J]. Am J Audiol,2018,27(1):104-109.
- [12] Anderson S. Caloric irrigators: air, open-loop water and closed-loop water[J]. Br J Audiol,1995,29(2):117-128.

(收稿日期:2020-08-05)