

不同头位偏斜角度健康青年人 SVV 正常值建立及复测信度分析*

马孝宝¹ 沈佳丽¹ 汪玮¹ 王璐¹ 孙进¹ 贺宽¹ 陈向平¹ 杨军¹ 陈建勇¹

[摘要] 目的:建立不同头位偏斜角度下的主观视觉垂直线(subjective visual vertical,SVV)正常值数据,并分析其复测信度,为 SVV 的临床应用提供参考。方法:选取 31 名健康青年人,佩戴虚拟现实眼镜,分别测试在直立头位 0°、左头位偏斜 45°(L45°)、右头位偏斜 45°(R45°)、左头位偏斜 90°(L90°)、右头位偏斜 90°(R90°)5 个不同角度下的 SVV 数据,并于 2 周后进行复测。结果:①0°、L45°、R45°、L90°、R90° 5 个不同头位偏斜角度下的 SVV 平均值分别为: -0.07 ± 1.71 、 4.30 ± 5.39 、 -6.51 ± 5.58 、 -3.76 ± 7.42 、 0.40 ± 8.02 , 95%CI 分别为: $(-3.42, 3.28)$ 、 $(-6.26, 14.86)$ 、 $(-17.45, 4.43)$ 、 $(-18.30, 10.78)$ 、 $(-15.32, 16.12)$; ②L45°、R45°、L90°、R90° 4 个不同头位偏斜角度下的 SVV 偏差绝对值分别为: 5.62 ± 3.96 、 6.90 ± 5.07 、 6.82 ± 4.70 、 6.48 ± 4.68 ; 95%CI 分别为: $(0, 12.11)$ 、 $(0, 15.21)$ 、 $(0, 14.53)$ 、 $(0, 14.16)$; 双侧 45°偏差绝对值的不对称性比为 10%; 双侧 90°偏差绝对值的不对称性比为 3%; ③0°、L45°、R45°、L90°、R90° SVV 的组内相关系数分别为 0.757、0.673、0.674、0.815、0.856。结论:SVV 具有良好的复测信度,临床测试稳定性高,本研究建立的不同偏斜角度下 SVV 正常值数据可辅助临床对前庭系统疾病进行精细化诊断和功能评估。

[关键词] 主观视觉垂直线;复测信度;正常值;前庭疾病;精细化诊断

DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2024.08.004

[中图分类号] R764 [文献标志码] A

Test-retest reliability of subjective visual vertical from different head-tilt angles in young healthy adults

MA Xiaobao SHEN Jiali WANG Wei WANG Lu SUN Jin HE Kuan
CHEN Xiangping YANG Jun CHEN Jianyong

(Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Xinhua Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine; Shanghai Jiaotong University School of Medicine Ear Institute; Shanghai Key Laboratory of Translational Medicine on Ear and Nose Diseases, Shanghai, 200092, China)

Corresponding author: CHEN Jianyong, E-mail: chenjianyong@xinhumed.com.cn

Abstract Objective: To establish the normal values of subjective visual vertical (SVV) in different head deflection angles and analyze its test and retest reliability, in order to provide a reference for the clinical application of SVV in the evaluation of vestibular disorders. **Methods:** Thirty-one healthy young people were selected to wear VR glasses, and the SVV data were tested in five different head-tilt, namely, 0° in the upright head position, 45° in the left head position, 45° in the right head position, 90° in the left head position, and 90° in the right head position, and were re-tested 2 weeks later. **Results:** ①The mean values of SVV at 5 different head-tilt angles of 0°, left 45°, right 45°, left 90°, and right 90° were -0.07 ± 1.71 , 4.30 ± 5.39 , -6.51 ± 5.58 , -3.76 ± 7.42 , and 0.40 ± 8.02 , respectively. The 95% confidence limits of SVV at 0°, left 45°, right 45°, left 90°, and right 90° were $(-3.42, 3.28)$, $(-6.26, 14.86)$, $(-17.45, 4.43)$, $(-18.30, 10.78)$, and $(-15.32, 16.12)$, respectively; ②The absolute values of SVV at 4 different head-tilt angles of left 45°, right 45°, left 90°, and right 90° were 5.62 ± 3.96 , 6.90 ± 5.07 , 6.82 ± 4.70 and 6.48 ± 4.68 , respectively. The 95% confidence limits of SVV at left 45°, right 45°, left 90°, right 90°, and right 90° were $(0, 12.11)$, $(0, 15.21)$, $(0, 14.53)$ and $(0, 14.16)$, respectively. The asymmetry ratio is 10% for the absolute value of the 45° deviation and 3% for the absolute value of

*基金项目:国家自然科学基金重点项目(No:82230035);国家自然科学基金面上项目(No:82271179)

¹上海交通大学医学院附属新华医院耳鼻咽喉头颈外科 上海交通大学医学院耳科学研究所 上海市耳鼻咽喉疾病转化医学重点实验室(上海,200092)

通信作者:陈建勇,E-mail:chenjianyong@xinhumed.com.cn

引用本文:马孝宝,沈佳丽,汪玮,等.不同头位偏斜角度健康青年人 SVV 正常值建立及复测信度分析[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2024,38(8):692-696,702. DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2024.08.004.

the 90° deviation; ③ Intra-class correlation coefficients (ICC) for 0°, left 45°, right 45°, left 90°, right 90° were 0.757, 0.673, 0.674, 0.815, and 0.856, respectively. **Conclusion:** SVV has good retest reliability and high stability, and the SVV normal value data of different head deviation angles established in the present study can be used as a reference for the diagnosis and evaluation of vestibular disorders.

Key words subjective visual vertical; normal value; retest reliability; vestibular disorder; refined diagnostics

主观视觉垂直线测试(subjective visual vertical, SVV)是一种主观心理-生理学测试,是指在排除视觉参考的情况下,测量人体对重力垂直的感知能力,主要外周感受器为椭圆囊^[1]。SVV 测试简单易行,可以作为眼性前庭诱发肌源性电位(ocular vestibular evoked myogenic potential, oVEMP)检测的重要补充,从而为临床椭圆囊及其神经传导通路相关病变的诊断提供参考。另外,SVV 通过检测双侧椭圆囊及其神经兴奋性电位的差异,可以反映双侧前庭系统的不对称性,尤其在前庭神经炎、梅尼埃病等单侧外周前庭疾病的急性发作期,SVV 具有较高的敏感性^[2-3]。

椭圆囊是前庭系统的重要组成部分,其最重要的神经生理功能是在头部静态偏斜时感受和传递耳石重力信号。不同的头位偏斜角度会对 SVV 测试值产生影响,相比于直立头位 0°,结合不同的头位偏斜角度 SVV 综合分析能更有效地检测外周前庭系统障碍^[4];因此有必要建立不同头位偏斜角度下的 SVV 正常值数据,以及对不同偏斜角度下的测试数据的可靠性进行分析。目前尚未见不同头位偏斜角度下 SVV 复测信度的研究报告,本研究旨在建立不同头位偏斜角度下的 SVV 正常值数据,并分析复测信度,以期在 SVV 在前庭疾病的精细化诊断和功能评估方面提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取健康青年人 31 名,其中男 13 名,女 18 名;年龄 21~40 岁,平均(27.52±4.12)岁。纳入标准:①既往无眩晕或头晕发作史、无神经系统疾病史;②外耳、中耳、内耳均无异常;③视力或矫正后视力正常;④颈部活动度良好;⑤能理解并配合进行测试。⑥测试前 48 h 未服用酒精类饮品、镇静安眠类药物等。排除标准:①既往有眩晕或头晕相关疾病史;②有突发性聋或其他引起听力下降疾病史;③有视力障碍,矫正后亦无法正常视物;④有颈部疾病;⑤有中枢相关疾病史;⑥无法正常理解并配合测试者。

1.2 研究方法

采用 ZT-VNG-I 系统进行 SVV 测试,测试系统包括 VR 眼镜、无线手柄和计算机。VR 眼镜内置陀螺仪,可感知重力线,并通过蓝牙与无线手柄

和计算机连接。受试者佩戴 VR 眼镜后,进入黑暗环境,在视野前方显示一条黄色发光线。发光线以计算机生成的随机角度向左或向右倾斜 20°~90°(图 1a)。受试者统一告知通过顺时针转动无线手柄上的旋转旋钮来调整线条的角度^[5]。当线条调整到感知的垂直位置时,按下无线手柄上的确认按钮以结束调整(图 1b)。当一次调整完成后,下一次调整立即开始,每位受试者先进行 3 次预调整后开始正式调整,进行 10 次调整,最后取平均值。

VR 眼镜内置陀螺仪,可以通过计算机实时监控不同平面的头部测试角度(图 1c),分别采集直立头位 0°(0°)、左头位偏斜 45°(L45°)、右头位偏斜 45°(R45°)、左头位偏斜 90°(L90°)、右头位偏斜 90°(R90°) 5 个不同角度下的 SVV 数据,测试时由 1 名检查者辅助控制测试头位的偏斜角度,告知受试者尽可能保持躯干直立(图 1d)。受试者在完成一个角度的测试后,休息 1 min。每次调整的 SVV 偏差角度被记录并自动保存到计算机中。2 周后,所有 31 名受试者重复上述不同角度下的 SVV 测试,测试的角度顺序随机分配,以避免疲劳效应对测试结果产生的影响。SVV 向右侧的偏差记录为正值,向左侧的偏差记录为负值。

计算偏差绝对值的不对称性比值公式为:(偏差绝对值较大值-偏差绝对值较小值)/(偏差绝对值较大值+偏差绝对值较小值)×100%^[6-7]。

1.3 统计学方法

使用 SPSS 26.0 统计软件对数据进行分析,计量资料的描述采用 $\bar{X} \pm S$ 表示。2 组独立正态分布且方差齐的数据使用 *t* 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。使用 Pearson 相关分析第 1 次(SVV-1)和第 2 次(SVV-2)测量中 SVV 偏差的相关性,相关系数 $r > 0.50$, $P < 0.05$ 表示显著性相关。通过双向随机效应模型、绝对一致协议分析组内相关系数(ICC)以评估 SVV-1 和 SVV-2 之间的复测信度。ICC > 0.75 表示可靠性高,0.40 < ICC < 0.75 表示可靠性较好,ICC < 0.40 表示可靠性差^[8]。

2 结果

2.1 SVV 正常值建立

0°、L45°、R45°、L90°、R90° 5 个不同角度下的 SVV 正常值及 95%CI,见表 1,数据分布见图 2。



a: 佩戴 VR 眼镜时暗视野受试者所见; b: 受试者操作手柄; c: 计算机操作界面; d: 受试者不同头位偏斜角度。

图 1 ZT-VNG-I 系统操作示意图

表 1 不同头位偏斜角度下 SVV 正常值及 95%CI

头位	Mean	SD	95%CI
0	-0.07	1.71	(-3.42, 3.28)
L45°	4.30	5.39	(-6.26, 14.86)
R45°	-6.51	5.58	(-17.45, 4.43)
L90°	-3.76	7.42	(-18.30, 10.78)
R90°	0.40	8.02	(-15.32, 16.12)

表 2 SVV 双侧不对称性比较

头位	绝对值 均值	绝对值 标准差	绝对值 95%CI	不对称 比/%	t	P
L45°	5.62	3.96	(0, 12.11)	10.0	-1.563	0.121
R45°	6.90	5.07	(0, 15.21)			
L90°	6.82	4.70	(0, 14.53)	3.0	0.414	0.680
R90°	6.48	4.68	(0, 14.16)			

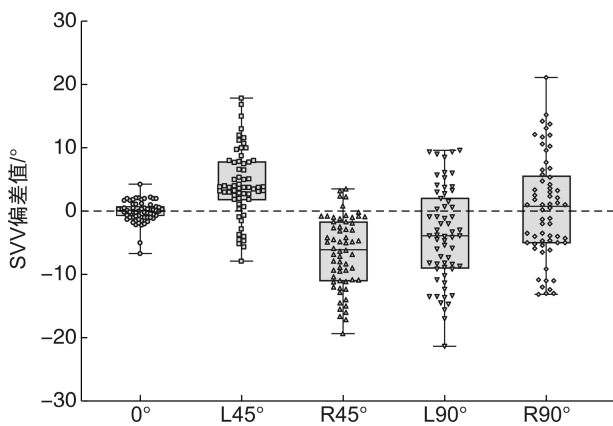


图 2 不同头位偏斜角度下 SVV 值分布

表 3 2 组不同头位偏斜角度下的 SVV 复测信度

头位	r	ICC	95%CI	P
0°	0.779	0.757	(0.540, 0.877)	<0.001
L45°	0.726	0.673	(0.380, 0.836)	<0.001
R45°	0.669	0.674	(0.423, 0.829)	<0.001
L90°	0.826	0.815	(0.649, 0.907)	<0.001
R90°	0.854	0.856	(0.722, 0.928)	<0.001

2.2 SVV 双侧不对称性比较

L45° 的 SVV 双侧不对称性比较见表 2。

2.3 SVV 的复测信度分析

2 组不同头位偏斜角度下的 SVV 复测信度, 见表 3、图 3。ICC>0.75 表示可靠性高, 0.40<ICC<0.75 表示可靠性较好, ICC<0.40 表示可靠性差^[8], 提示本研究中 L45° 和 R45° 具有较好的复测信度, 0°、L90° 和 R90° 复测信度可靠性高。

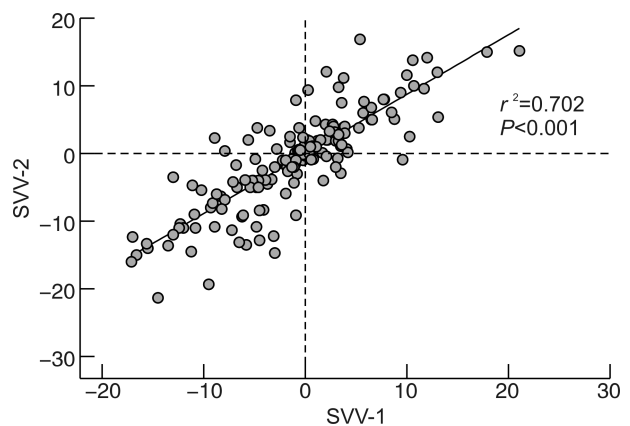


图 3 SVV-1 和 SVV-2 总体皮尔逊相关性

3 讨论

耳石颗粒通过耳石膜与前庭感觉上皮细胞相机械耦合,毛细胞纤毛上方是耳石膜,这一层的主要功能是将不均匀的耳石质量的惯性力均匀地分布到所有纤毛上^[9]。椭圆囊通过耳石颗粒感知重力及线性加速度。重力会作用在耳石颗粒上,这种压力使毛细胞产生电信号,通过前庭神经将电信号传递至大脑,让大脑保持平衡。当头部倾斜时,由于重力作用,耳石膜相对于感觉上皮细胞发生位移。耳石膜和毛细胞纤毛之间的剪切运动引发感受器电位差,从而产生椭圆囊-眼球反射(utriculo-ocular reflexes, UOR)在内的前庭反射^[10]。UOR负责头部倾斜时产生眼球代偿运动,脑干和前庭神经核会接收到动眼神经核的传出信号。眼球运动由眼外肌产生,能抵消头部的倾斜度,有助于保持稳定的视野^[11]。中枢系统会整合前庭系统、视觉系统和本体觉进行垂直感知,相对于真实的垂直,前庭系统障碍的患者所感知的视觉世界是倾斜的。由于前庭输入信号的减少,造成对垂直的错误感知,使得中枢系统更多地依赖视觉系统进行代偿,而前庭系统障碍导致的视觉感知错误会造成 SVV 的倾斜^[12-13]。

正常人 SVV 偏差范围非常小,0°测试条件下偏差范围不超过 $\pm 2^\circ$ ^[14],但在单侧前庭功能受损时会有明显的偏差。有学者认为双侧耳石传入中枢信息不对称使大脑皮层对重力线判断产生误判,进而导致 SVV 发生偏差^[15]。Anastasopoulos 等^[16]对单侧前庭传入丧失的患者研究发现,其 SVV 偏差范围高达 $(12.2 \pm 11.9)^\circ$,但他们仍可以在暗室中将自身体位调节至垂直,因此有学者提出引起 SVV 偏差的原因不仅是因为上述假说,还可能是因为眼球倾斜反应中的眼位扭转,从而导致 SVV 出现偏差^[17]。由于同侧前庭传入信息丧失,同侧前庭核静息电位降低,造成双侧前庭核传入信息不对称,传入对侧下斜肌和下直肌的紧张性信息减弱,导致对侧眼球内转,同侧眼球外转。另外由于丧失了对侧交叉抑制效应,导致对侧前庭神经核紧张性增高,引起对侧上斜肌的异常兴奋,导致对侧眼球内转,引起眼位变化,进而使 SVV 出现偏差^[18]。不同病变部位引起不同的偏向,外周和尾部脑桥-髓质脑干损伤时 SVV 向病变同侧倾斜。在桥脑损伤时,SVV 向病变对侧倾斜。耳石器官病变时 SVV 倾斜角度通常大于丘脑或皮质病变导致的 SVV 倾斜^[19]。

在 19 世纪中叶,人们发现头向两侧倾斜时,人体系统在调节主观视觉线至重力线时会出现错觉。当头倾斜角度 $< 60^\circ$ 时,SVV 偏差通常向头部倾斜的相反方向。当头倾斜角度 $> 60^\circ$ 时,SVV 偏差通

常为头部倾斜相同的方向。Howard 分别将这两种现象称之为 E 效应和 A 效应^[20-21]。在与垂直平衡感相关的诊断、治疗和康复中,E/A 效应都发挥着作用。特别在前庭障碍患者的诊治中,E/A 效应可用于评估前庭系统功能,改善平衡和空间定向的练习,制定针对性的干预措施,有助于个体化的调整 and 整体平衡控制的改善。在不同头位偏斜角度下,由于 E/A 效应的存在,使得 SVV 偏斜角度产生偏差,正是本次研究要建立不同头位偏斜角度下 SVV 正常值的原因和临床价值所在。本研究中 $L45^\circ$ 偏斜角度下的 SVV 偏差值范围为 $(-6.26, 14.86)$,平均值偏向正值(右侧),而 $R45^\circ$ 偏斜角度下的 SVV 偏差范围为 $(-17.45, 4.43)$,平均值偏向负值(左侧),即 SVV 偏差偏向头部倾斜的相反方向,符合上述 E 效应。另外,在 $L90^\circ$ 偏斜角度下的 SVV 偏差范围为 $(-18.30, 10.78)$,平均值偏向负值;而 $R90^\circ$ 偏斜角度下的 SVV 偏差范围 $(-15.32, 16.12)$ 略偏向正值,即 SVV 偏差偏向头部倾斜的相反方向,符合上述 A 效应。Clarke 等^[22]认为头向左、右倾斜时双侧的椭圆囊均会受到刺激,对于正常人,在头向左、右倾斜角度相同时,SVV 是对称的。本研究的结果显示双侧 45° 和 90° 偏斜角度下的 SVV 偏差的绝对值无显著差异,与上述学者理论相符合,提示本次研究数据具有较高的可靠性。

有关 SVV 在 0° 的正常值研究已有大量文献报道,多在 $\pm 2^\circ$ 内,Michelson 等^[14]的结果为 -0.29 ± 2.17 ,Zhao 等^[23]的结果为 1.54 ± 1.67 ,成颖等^[24]的结果为 -0.12 ± 1.64 ,本研究的结果为 -0.07 ± 1.71 ,与既往学者研究结果基本一致。SVV 在 $L45^\circ$ 和 $R45^\circ$ 的正常值各学者报道有所差异,Michelson 等^[14]的结果分别为 2.82 ± 8.58 和 -3.80 ± 9.38 ,成颖等^[24]的结果分别为 -1.44 ± 7.78 和 -1.04 ± 6.58 ,本研究中 $L45^\circ$ 和 $R45^\circ$ 的 SVV 结果分别为 4.30 ± 5.39 和 -6.51 ± 5.58 。另外,SVV 在 $L90^\circ$ 和 $R90^\circ$ 偏斜角度下的正常值,成颖等^[24]报道的结果分别为 -7.62 ± 6.90 和 4.12 ± 4.19 ,本研究结果分别为 -3.76 ± 7.42 和 0.40 ± 8.02 。目前尚不清楚产生这些差异的因素,或许与测试的方法、选取的人群以及测试的仪器存在一定的关联性。本研究建立的头位在 45° 和 90° 偏斜角度下的 SVV 正常值均符合上述的 E/A 效应,提示本研究建立的正常参考值可信,可供临床参考。

本研究建立的 0° 、 $L45^\circ$ 、 $R45^\circ$ 、 $L90^\circ$ 、 $R90^\circ$ 头位偏斜角度下 SVV 值的 95%CI 范围分别为 $-3.42 \sim 3.28$ 、 $-6.26 \sim 14.86$ 、 $-17.45 \sim 4.43$ 、 $-18.30 \sim 10.78$ 和 $-15.32 \sim 16.12$,结果显示,不同偏斜

角度,正常值亦存在差异,偏斜角度越大,正常值范围越广,推测可能与椭圆囊在不同偏斜角度下检测和传递重力信号的敏感性有关,临床可参照本研究建立的 95%CI 范围,作为不同头位偏斜角度下的正常值参考。

目前关于复测信度的相关研究报道较少,Wang 等^[25]研究了 0°和双侧 30°的 SVV 复测信度,发现在 0°、L30°、R30°的 ICC 值分别为 0.77、0.84、和 0.83,复测信度可靠性高,30°复测信度高于 0°;但未见偏斜角度>60°的复测信度的研究报道。本研究进行了 0°、L45°、R45°、L90°、R90° 5 个不同头位偏斜角度下的 SVV 复测信度分析,结果显示上述各角度下的 ICC 分别为 0.757、0.673、0.674、0.815、0.856,提示 90°的复测信度最高,其次是 0°和 45°。不同头位偏斜角度下的 ICC 结果略有差异,产生这一结果的原因仍需进一步研究探索。本研究不同偏斜角度下建立的 ICC 结果表明不同头位偏斜角度下的 SVV 复测信度良好,测试结果可信。关于不同头位偏斜角度复测信度的相关研究领域迄今为止相对匮乏,本研究结果为未来进一步的研究提供了理论依据,且不同偏斜角度下的正常值参考范围可为临床前庭系统疾病的精细化诊断和康复效果评估提供重要参考。

4 结论

在不同头偏斜角度下,SVV 测试均有良好的复测信度,本研究建立 0°、45°和 90°头位偏斜角度下的 SVV 正常值范围可应用于临床,为前庭疾病的精细化诊断和功能评估提供参考。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Böhmer A, Mast F. Assessing otolith function by the subjective visual vertical [J]. *Ann N Y Acad Sci*, 1999, 871: 221-231.
- [2] Taylor RL, Welgampola MS. Otolith Function Testing [J]. *Adv Otorhinolaryngol*, 2019, 82: 47-55.
- [3] Kumagami H, Sainoo Y, Fujiyama D, et al. Subjective visual vertical in acute attacks of Ménière's disease [J]. *Otol Neurotol*, 2009, 30(2): 206-209.
- [4] Sakagami M, Wada Y, Shiozaki T, et al. Results of subjective visual vertical tests in patients with vertigo/dizziness [J]. *Auris Nasus Larynx*, 2022, 49(3): 342-346.
- [5] 李越,张勤,马孝宝,等.不同旋转方式对主观视觉垂直线检测结果的影响[J].*临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2022, 36(9): 665-669.
- [6] 成颖,陈籽辰,李桔林,等.正常人视频头脉冲试验结果分析[J].*听力学及言语疾病杂志*, 2019, 27(6): 591-595.
- [7] 贾宏博,刘波,杜一,等.前庭功能检查专家共识(二)(2019)[J].*中华耳科学杂志*, 2019, 17(2): 144-149.
- [8] Cicchetti D. Guidelines, Criteria, and Rules of Thumb for Evaluating Normed and Standardized Assessment Instrument in Psychology [J]. *Psychological Assessment*, 1994, 6: 284-90.
- [9] Kachar B, Parakkal M, Fex J. Structural basis for mechanical transduction in the frog vestibular sensory apparatus: I. The otolithic membrane [J]. *Hear Res*, 1990, 45(3): 179-190.
- [10] Wong AM. New understanding on the contribution of the central otolithic system to eye movement and skew deviation [J]. *Eye (Lond)*, 2015, 29(2): 153-156.
- [11] Sharpe JA, Kumar S, Sundaram AN. Ocular torsion and vertical misalignment [J]. *Curr Opin Neurol*, 2011, 24(1): 18-24.
- [12] Obrero-Gaitan E, Molina F, Montilla-Ibanez MD, et al. Misperception of Visual Vertical in Peripheral Vestibular Disorders. A Systematic Review With Meta-Analysis [J]. *Laryngoscope*, 2021, 131(5): 1110-1121.
- [13] Brodsky MC, Donahue SP, Vaphiades M, et al. Skew deviation revisited [J]. *Surv Ophthalmol*, 2006, 51(2): 105-128.
- [14] Michelson PL, McCaslin DL, Jacobson GP, et al. Assessment of Subjective Visual Vertical (SVV) Using the "Bucket Test" and the Virtual SVV System [J]. *Am J Audiol*, 2018, 27(3): 249-259.
- [15] Balestrucci P, Maffei V, Lacquaniti F, et al. The Effects of Visual Parabolic Motion on the Subjective Vertical and on Interception [J]. *Neuroscience*, 2021, 453: 124-137.
- [16] Anastasopoulos D, Haslwanter T, Bronstein A, et al. Dissociation between the perception of body verticality and the visual vertical in acute peripheral vestibular disorder in humans [J]. *Neurosci Lett*, 1997, 233(2-3): 151-153.
- [17] Curthoys IS, Dai MJ, Halmagyi GM. Human ocular torsional position before and after unilateral vestibular neurectomy [J]. *Exp Brain Res*, 1991, 85(1): 218-225.
- [18] Wade SW, Curthoys IS. The effect of ocular torsional position on perception of the roll-tilt of visual stimuli [J]. *Vision Res*, 1997, 37(8): 1071-1078.
- [19] Dieterich M, Brandt T. Perception of Verticality and Vestibular Disorders of Balance and Falls [J]. *Front Neurol*, 2019, 10: 172.
- [20] Ferreira MM, Ganança MM, Caovilla HH. Subjective visual vertical after treatment of benign paroxysmal positional vertigo [J]. *Braz J Otorhinolaryngol*, 2017, 83(6): 659-664.
- [21] Bjasch D, Bockisch CJ, Straumann D, et al. Differential effects of visual feedback on subjective visual vertical accuracy and precision [J]. *PLoS One*, 2012, 7(11): e49311.

- intranasal allergens correlated with the development of eosinophilic chronic rhinosinusitis in a mouse model [J]. *Int J Immunopathol Pharmacol*, 2022, 36: 3946320221109529.
- [10] Jaffar Z, Wan KS, Roberts K. A key role for prostaglandin I₂ in limiting lung mucosal Th₂, but not Th₁, responses to inhaled allergen [J]. *J Immunol*, 2002, 169(10):5997-6004.
- [11] Lovgren AK, Jania LA, Hartney JM, et al. COX-2-derived prostacyclin protects against bleomycin-induced pulmonary fibrosis [J]. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*, 2006, 291(2):L144-L156.
- [12] Jaffar Z, Ferrini ME, Buford MC, et al. Prostaglandin I₂-IP signaling blocks allergic pulmonary inflammation by preventing recruitment of CD4⁺ Th₂ cells into the airways in a mouse model of asthma [J]. *J Immunol*, 2007, 179(9):6193-6203.
- [13] Norlander AE, Bloodworth MH, Toki S, et al. Prostaglandin I₂ signaling licenses Treg suppressive function and prevents pathogenic reprogramming [J]. *J Clin Invest*, 2021, 131(7):e140690.
- [14] Zhou W, Zhang J, Goleniewska K, et al. Prostaglandin I₂ Suppresses Proinflammatory Chemokine Expression, CD4 T Cell Activation, and STAT6-Independent Allergic Lung Inflammation [J]. *J Immunol*, 2016, 197(5): 1577-1586.
- [15] Zhou W, Toki S, Zhang J, et al. Prostaglandin I₂ Signaling and Inhibition of Group 2 Innate Lymphoid Cell Responses [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2016, 193(1):31-42.
- [16] Zhou W, Zhang J, Toki S, et al. The PGI Analog Cica-prost Inhibits IL-33-Induced Th₂ Responses, IL-2 Production, and CD25 Expression in Mouse CD4 T Cells [J]. *J Immunol*, 2018, 201(7):1936-1945.
- [17] Konya V, Sturm EM, Schratl P, et al. Endothelium-derived prostaglandin I₂ controls the migration of eosinophils [J]. *J Allergy Clin Immunol*, 2010, 125(5):1105-1113.
- [18] Müller T, Dürk T, Blumenthal B, et al. Iloprost has potent anti-inflammatory properties on human monocyte-derived dendritic cells [J]. *Clin Exp Allergy*, 2010, 40(8):1214-1221.
- [19] Liu J, Jiang X, Li L, et al. Iloprost inhibits acute allergic nasal inflammation by GATA3-ILC2 pathway in mice [J]. *Respir Physiol Neurobiol*, 2020, 276: 103364.

(收稿日期:2023-12-07)

(上接第 696 页)

- [22] Clarke AH, Schönfeld U, Helling K. Unilateral examination of utricle and saccule function [J]. *J Vestib Res*, 2003, 13(4-6):215-225.
- [23] Zhao C, Yang Q, Song J. Dynamic changes of otolith organ function before and after repositioning in patients with benign paroxysmal positional vertigo detected by virtual reality auxiliary technology: A cohort study [J]. *Front Neurol*, 2022, 13:1007992.
- [24] 成颖, 张玉忠, 陈飞云, 等. 虚拟现实辅助下的主观视觉垂直线与主观视觉水平线检测 [J]. *中华耳科学杂志*, 2019, 17(6):895-899.
- [25] Wang CH, Winnick AA, Ko YH, et al. Test-retest reliability of subjective visual vertical measurements with lateral head tilt in virtual reality goggles [J]. *Tzu Chi Med J*, 2021, 33(3):294-300.

(收稿日期:2023-09-26)