

• 听力和前庭功能检测新技术及其应用 •

# 正常国人青年人群三对半规管视频头脉冲及 头脉冲抑制试验的增益特征<sup>\*</sup>

张青<sup>1</sup> 张勤<sup>1</sup> 吴琼<sup>1</sup> 金玉莲<sup>1</sup> 陈向平<sup>1</sup> 沈敏<sup>1</sup> 陈建勇<sup>1</sup> 杨军<sup>1</sup>

**[摘要]** **目的:**总结正常青年人群三对半规管头脉冲试验(HIMP)及头脉冲抑制试验(SHIMP)的增益特征。**方法:**使用视频头脉冲测试仪 EyeSeeCam 对纳入研究的 40 例正常青年志愿者进行三对半规管的 HIMP 和 SHIMP 检测,分别记录两种检查扫视波的引出率及增益值,并对增益值进行比较分析。**结果:**40 例正常青年人三对半规管 HIMP 测试水平半规管 60 ms 瞬时增益值左、右侧分别为  $1.11 \pm 0.07$  和  $1.08 \pm 0.07$ ,左侧水平半规管 60 ms 瞬时增益值略高于右侧( $P < 0.05$ );水平半规管回归增益值左、右侧分别为  $1.09 \pm 0.06$  和  $1.10 \pm 0.06$ ,垂直半规管回归增益值为:右前  $1.08 \pm 0.12$ 、左后  $1.07 \pm 0.11$ 、右后  $1.41 \pm 0.16$ 、左前  $1.42 \pm 0.16$ ,三对半规管左、右侧回归增益值比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。SHIMP 测试水平半规管 60 ms 瞬时增益值左右侧分别为  $1.08 \pm 0.08$  和  $1.06 \pm 0.07$ ;水平半规管回归增益值左右侧分别为  $1.06 \pm 0.07$  和  $1.07 \pm 0.06$ ,垂直半规管回归增益值为:右前  $1.06 \pm 0.13$ 、左后  $1.08 \pm 0.16$ 、右后  $1.49 \pm 0.16$ 、左前  $1.39 \pm 0.15$ ,SHIMP 测试水平半规管 60 ms 瞬时增益、水平回归增益、右前左后回归增益在左右两侧之间比较均差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),右侧的左前右后回归增益值略高于左侧( $P < 0.05$ )。在水平共轭面,HIMP 测试 60 ms 瞬时增益及回归增益值均略大于 SHIMP( $P < 0.05$ ),但在两个垂直共轭面差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。对同一测试的三个共轭面增益值两两比较结果显示:左前右后共轭面 HIMP 和 SHIMP 增益值高于水平及右前左后共轭面( $P < 0.05$ ),水平共轭面与右前左后共轭面增益值之间差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论:**HIMP 和 SHIMP 检测的三对半规管不同共轭面之间增益值略有差异,建议各检测中心分别建立自己实验室的正常参考值,并定期校正。

**[关键词]** 头脉冲试验;头脉冲抑制试验;前庭眼反射

**DOI:**10.13201/j.issn.2096-7993.2022.09.002

**[中图分类号]** R764.04 **[文献标志码]** A

## Gain characteristics of three pairs of semicircular canals in video head impulse paradigm test and suppression head impulse paradigm test in healthy young Chinese population

ZHANG Qing ZHANG Qin WU Qiong JIN Yulian CHEN Xiangping  
SHEN Min CHEN Jianyong YANG Jun

(<sup>1</sup>Department of Otorhinolaryngology-Head & 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: YANG Jun, E-mail: yangjun@xinhumed.com.cn

**Abstract Objective:** To summarize gain characteristics of three pairs of semicircular canals in head impulse paradigm (HIMP) and suppression head impulse paradigm (SHIMP) in healthy young Chinese population. **Methods:** HIMP and SHIMP tests were performed on 40 healthy young volunteers enrolled as study group, by using EyeseeCam examination system (Interacoustics,Denmark). The elicitation rates and gain values of the two saccades were recorded, and the gain values were compared and analyzed. **Results:** The results of 40 healthy young people were as follows: in HIMP, the instantaneous gain at 60 ms of the horizontal semicircular canals were  $1.11 \pm 0.07$  on the left side and  $1.08 \pm 0.07$  on the right side; the regression gain of the horizontal semicircular ca-

<sup>\*</sup>基金项目:国家自然科学基金资助项目(No:81970891,82171137);上海市科技创新行动计划(No:21S31900600)

<sup>1</sup>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 上海耳鼻咽喉转化医学重点实验室(上海,200092)

通信作者:杨军,E-mail:yangjun@xinhumed.com.cn

引用本文:张青,张勤,吴琼,等.正常国人青年人群三对半规管视频头脉冲及头脉冲抑制试验的增益特征[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2022,36(9):659-664. DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2022.09.002.

nals were  $1.09 \pm 0.06$  on the left side and  $1.10 \pm 0.06$  on the right side; the regression gain of the vertical semicircular canals were  $1.08 \pm 0.12$  on the right anterior,  $1.07 \pm 0.11$  on the left posterior,  $1.41 \pm 0.16$  on the right posterior and  $1.42 \pm 0.16$  on the left anterior. So in HIMP, no significant difference could be found between left and right side in both horizontal and vertical semicircular canal conjugate plane regarding regression gain ( $P > 0.05$ ), except that 60 ms instantaneous gain on the left horizontal semicircular canals was slightly higher than that on the right side ( $P < 0.05$ ). The instantaneous gain values of the horizontal semicircular canal at 60 ms in SHIMP were  $1.08 \pm 0.08$  on the left side and  $1.06 \pm 0.07$  on the right side; the regression gain in horizontal semicircular canals were  $1.06 \pm 0.07$  on the left side and  $1.07 \pm 0.06$  on the right side, respectively; the regression gains of vertical semicircular canal were  $1.06 \pm 0.13$ ,  $1.08 \pm 0.16$ ,  $1.49 \pm 0.16$ ,  $1.39 \pm 0.15$ , on the right anterior, left posterior, right posterior, and left anterior side. So in SHIMP, no significant difference could be found in 60 ms instantaneous gain in horizontal conjugate plane, regression gain in horizontal conjugate plane and regression gain in right anterior left posterior conjugate plane ( $P > 0.05$ ), while the regression gain of the left anterior right posterior conjugate plane in the right was found slightly higher than that of the left ( $P < 0.05$ ). Both 60 ms instantaneous gain and regression gain in horizontal conjugate plane in HIMP were slightly higher than that of SHIMP ( $P < 0.05$ ), while no significant difference could be found in vertical conjugate planes ( $P > 0.05$ ). In both HIMP and SHIMP tests, gains of the left anterior right posterior conjugate plane was slightly higher than that of both horizontal plane and the right anterior left posterior conjugate plane ( $P < 0.05$ ), while no significant difference could be found in gains between horizontal and the right anterior left posterior conjugate plane ( $P > 0.05$ ). **Conclusion:** Gain values of HIMP and SHIMP were slightly different among different semicircular canals conjugate planes. It is suggested that each examination center should establish normal values for their own and make correction regularly.

**Key words** head impulse paradigm; suppression head impulse paradigm; vestibulo-ocular reflex

头脉冲试验〔head impulse test (HIT) 或者 head impulse paradigm (HIMP)〕又称甩头试验,由 Halmagyi 等<sup>[1]</sup> 1988 年首次报道,是通过快速转头运动刺激半规管前庭眼反射 (vestibular-ocular reflex, VOR) 直接通路来判断高频高速角加速度前庭功能的一种新兴的前庭功能检测技术。在 HIMP 检查中,受检者需要注视一个正前方固定的靶点,当头部向一侧快速转动时, VOR 驱使眼球以同样的速度向相反的方向移动,从而保持视网膜成像的稳定。床旁 HIMP 是一种成熟的临床检查技术,适用于水平半规管功能检查,但是无法进行垂直管的测试。视频头脉冲试验 (video head impulse test, vHIT) 是通过在 HIT 基础上加装眼动和头动分析设备演变而来的 VOR 评估新技术。其设备操作简单、重复性好,能分别检测三对半规管功能并进行定量分析,解决了传统床旁测试难以识别隐性扫视和难以评估垂直半规管功能的困境。

2016 年 MacDougall 等<sup>[2]</sup> 设计并发布了一项 HIMP 的补充检查—头脉冲抑制试验 (suppression head impulse paradigm, SHIMP)。与 HIMP 不同, SHIMP 检查要求受检者在甩头过程中追踪一个随头部移动的投射激光靶点。在正常人,快速头动会即时启动 VOR 使眼球保持在原注视方向不动;紧接着为了看清视野前方移动的靶点,受检者的眼球会追踪光标产生一个与 VOR 眼球移动方向相反的运动,即反补偿性扫视。HIMP 和 SHIMP 都是通过检测 VOR 来对半规管进行量化检测的临床试验,但意义不同。前者可以客观定量

检测三对半规管受损的情况,后者则可以定量检测受损半规管的功能保存情况<sup>[3]</sup>。以往关于 SHIMP 的研究多为水平半规管功能检测<sup>[4-6]</sup>。本研究在传统的 SHIMP 检测中加入垂直管检测的研究内容,并对两项测试所得的增益值进行比较分析,报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取正常青年人 40 例,其中男 16 例,女 24 例;年龄 19~41 岁,平均  $(24.6 \pm 5.5)$  岁。入选标准:①正常青年人;②无既往耳聋、耳鸣及眩晕病史;③耳镜、纯音测听及声导抗检查正常;④同意加入本实验并签署知情同意书。排除标准:任何不符合以上入选标准的候选者均予排除。本研究通过医院伦理委员会审批 (No: XHEC-D-2021-068),所有受试者自愿参加本次研究并签署知情同意书。

### 1.2 检查流程

采用 EyeSeeCam 视频头脉冲测试仪 (Intera-coustics, 丹麦国际听力) 对每位受试者分别进行三对半规管的 HIMP 和 SHIMP 测试。

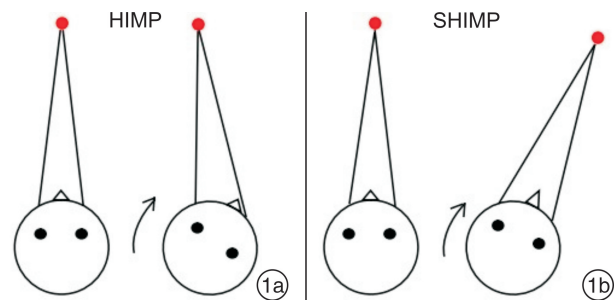
受试者取坐位,双眼注视前方靶点。靶点高度与受试者视线平齐且距离为 1.5 m。佩戴视频头脉冲测试仪,测试仪摄像头始终固定于眼罩左侧上方。按照软件要求进行正确的校准后,进行 HIMP 及 SHIMP 测试。

HIMP 测试要求受试者在甩头过程中保持注视前方固定靶点。SHIMP 测试时需要受试者在甩头过程中盯住视频眼罩发出的红色激光点,激光点会随着受试者头动而移动 (图 1)。甩头过程中,每

次均从中间位置开始,操作过程要求快速、高加速度、小角度甩动受检者头部;头动幅度为 $10\sim 20^\circ$ ,水平半规管甩头峰速度 $150\sim 300^\circ/\text{s}$ ,垂直半规管甩头峰速度 $100\sim 300^\circ/\text{s}$ ,整个过程不被受检者预测。

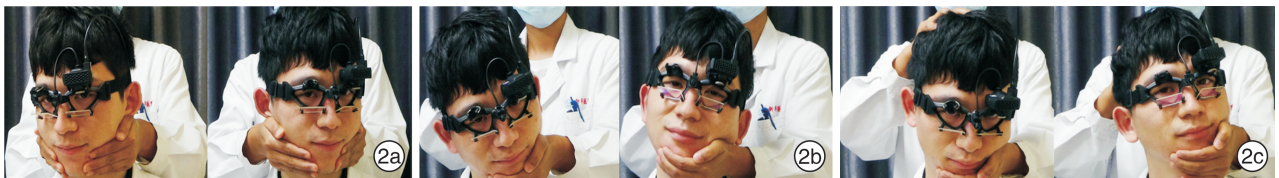
具体测试手法(图2):①双侧水平半规管功能测试:受试者头部略前倾,按测试要求将受试者头部向左右各有效甩动大于15次,角度为 $10\sim 20^\circ$ ;②右前左后半规管功能测试(RALP):受试者头位朝前,保持注视前方靶点,测试者右手置于受试者头部,左手轻托其下颌,分别将患者头部向右侧前方 $45^\circ$ 、左侧后方 $45^\circ$ 有效甩动大于15次;③左前右后半规管功能测试:测试者以RALP相同的手法

将患者头部向左侧前方 $45^\circ$ 、右侧后方 $45^\circ$ 各有效甩动大于15次。



1a: HIMP 示意图; 1b: SHIMP 示意图。

图1 HIMP及SHIMP基本操作原理示意图(引自陈飞云等<sup>[4]</sup>)



2a: 水平半规管测试; 2b: 右前左后半规管测试; 2c: 左前右后半规管测试。

图2 HIMP及SHIMP实际操作示意图

### 1.3 参数分析

扫视波: HIMP测试正常情况下,甩头时不出现或仅存在少量微弱扫视波,扫视峰速度一般小于 $100^\circ/\text{s}$ ; SHIMP测试正常情况下可见反补偿性扫视。

VOR增益值: 使用EyeSeeCam™软件记录甩头开始后700 ms内的头动和眼动角速度( $^\circ/\text{s}$ ),无效甩动对应的运动轨迹一般不被记录,结合手动去除异常无效的曲线。软件计算:①水平半规管40、60、80 ms瞬时增益,瞬时增益为甩头开始后某时间点的眼动角速度和头动角速度的比值;②三个半规管回归增益值—回归方程的增益为眼睛移动速度与头动移动速度曲线的回归比率。对于增益值,软件可以计算40、60、80 ms瞬时增益及回归增益。因眼罩的滑动在头部运动后的最初30~40 ms最明显,加上40 ms为甩头运动初始尚不能体现整个运动过程,80 ms前后可能会出现隐性扫视对增益计算造成干扰,不能单纯反映眼动与头动的相对关系,因此本文对两项测试60 ms瞬时增益及回归增益进行统计描述并比较分析<sup>[7-9]</sup>。

### 1.4 统计学方法

采用SPSS 25.0统计软件对数据进行统计学分析。SHIMP及HIMP各半规管增益数据均符合正态分布。同一测试三对共轭半规管增益值左右侧数值比较采用配对样本 $t$ 检验,三对共轭面增益值进行单因素方差分析;两种测试方法所得增益值按照共轭面进行比较采用独立样本 $t$ 检验, $P <$

0.05为差异有统计学意义。

## 2 结果

40例正常青年人HIMP中有27.5%(11/40)存在少量微弱扫视; SHIMP中均引出反补偿性扫视波,反补偿性扫视波引出率为100%(图3)。

同一测试共轭面内左右侧增益值进行配对样本 $t$ 检验(表1): HIMP水平管60 ms增益值左侧略高于右侧( $P=0.007$ ); HIMP水平及垂直管回归增益值左、右侧差异均无统计学意义。SHIMP水平管左、右侧60 ms增益值及水平回归增益值、右前左后回归增益值差异无统计学意义;垂直管左前右后共轭面内右侧增益值高于左侧( $P < 0.05$ )。将HIMP与SHIMP两项技术所得增益值以共轭面的增益值进行独立样本 $t$ 检验发现:水平共轭面检测HIMP增益值略高于SHIMP(60 ms增益值和回归增益值均 $P < 0.05$ );垂直共轭面HIMP与SHIMP增益值差异无统计学意义(表2)。

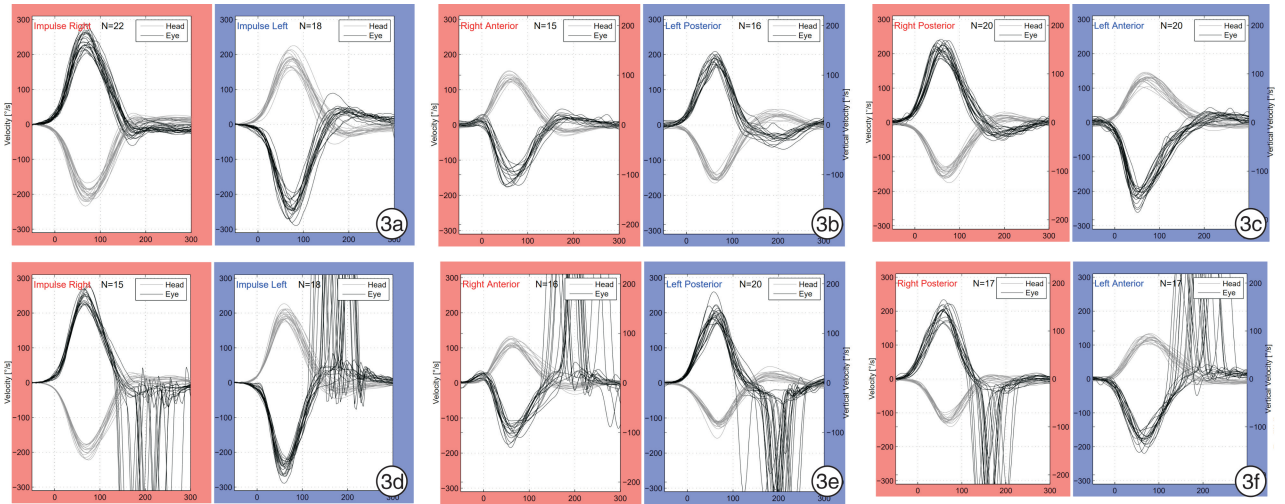
同一测试技术三个共轭面增益值进行单因素方差分析发现:无论是HIMP还是SHIMP,左前右后共轭面增益值均高于水平共轭面及右前左后共轭面,水平共轭面与右前左后共轭面增益值比较差异无统计学意义(图4)。

## 3 讨论

旋转刺激是前庭半规管系统的生理性刺激,因此也是半规管系统检测的理想刺激类型。HIMP与SHIMP都是通过高频高速的头部旋转运动直接刺激双侧半规管来评估VOR直接通路的临床

检测试验<sup>[10]</sup>。在头部高速转动时,视觉的清晰主要依靠 VOR 来维持,不会诱发速度储存机制的参与,因此 HIMP 和 SHIMP 对外周前庭系统的检测更加敏感而直接<sup>[11]</sup>。理论上来说 HIMP 可以激发人体产生与头动方向相反、速度相同的眼球运动,

即眼动与头动的角速度绝对值保持一致,二者的比值即 VOR 增益值接近于 1。但是,由于实际操作过程中头动和眼动信号的采集可能与实际情况存在一定的差异,所得的实际检测结果往往会在一定范围内波动。



3a;HIMP 水平半规管功能测试;3b;HIMP 右前左后半规管功能测试;3c;HIMP 左前右后半规管功能测试;3d;SHIMP 水平半规管功能测试;3e;SHIMP 右前左后半规管功能测试;3f;SHIMP 左前右后半规管功能测试。

图 3 正常青年人 HIMP 及 SHIMP 结果示意图

表 1 正常青年人 HIMP 及 SHIMP 共轭面内左、右侧增益值比较 (n=40)

$\bar{X} \pm S$

	水平 60 ms 增益值		水平回归增益值		右前左后回归增益值		左前右后回归增益值	
	右	左	右	左	右	左	右	左
HIMP	1.08±0.07	1.11±0.07 <sup>1)</sup>	1.10±0.06	1.09±0.06	1.08±0.12	1.07±0.11	1.41±0.16	1.42±0.16
SHIMP	1.06±0.07	1.08±0.08	1.07±0.06	1.06±0.07	1.06±0.13	1.08±0.16	1.49±0.16	1.39±0.15 <sup>1)</sup>

与右侧比较,<sup>1)</sup>P<0.05。

表 2 正常青年人同一共轭面 HIMP 及 SHIMP 增益值比较 (n=80)

$\bar{X} \pm S$

	水平共轭面		右前左后	左前右后
	60 ms 增益值	回归增益值	回归增益值	回归增益值
HIMP	1.09±0.07	1.09±0.06	1.07±0.12	1.41±0.16
SHIMP	1.07±0.07	1.06±0.07	1.07±0.14	1.44±0.16
P 值	0.020	0.001	0.859	0.231

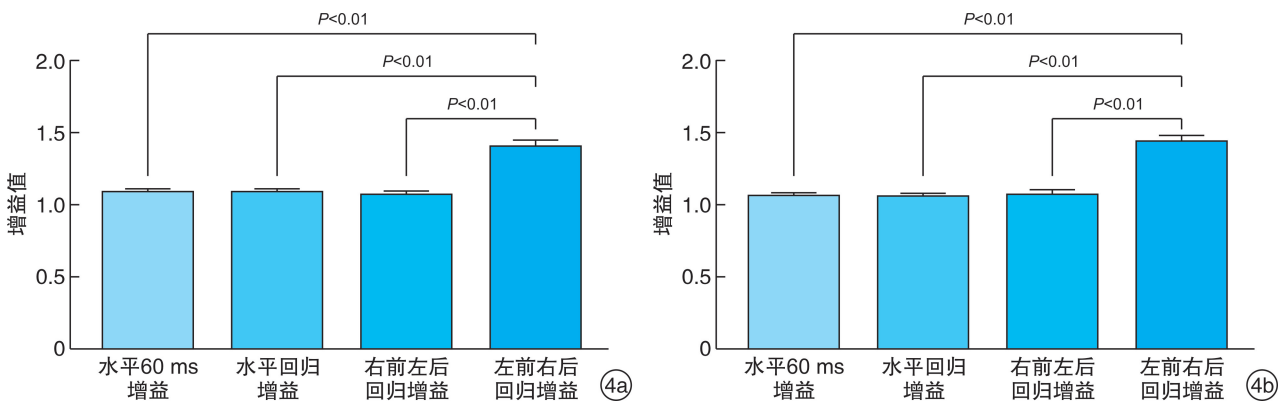


图 4 HIMP(4a)与 SHIMP(4b)测试三个共轭面增益比较图

已有研究显示,HIMP与SHIMP虽然检测方式不同,但是两项试验所得的参数紧密相关<sup>[3]</sup>。当一侧前庭功能损害时,随着头部朝患侧转动,同侧VOR无法有效启动,眼球移动幅度小于头动幅度,VOR增益减弱。对于HIMP,要求受检者看清正前方的靶点,因此眼球向视靶方向快速扫视,该扫视波与头动方向相反,称为补偿性扫视波,而在SHIMP则是要求受检者追踪与头动方向一致的靶点,眼睛追踪靶点所产生的扫视波与头动方向一致,称为反补偿扫视波。当VOR功能正常时,HIMP不产生或仅有少量微弱扫视,而SHIMP则多会产生大幅快速的反补偿扫视<sup>[4]</sup>,本研究中反补偿扫视波的引出率为100%;当VOR受损时,HIMP多会出现补偿性扫视波,而SHIMP中反补偿扫视不出现或减少<sup>[2]</sup>。补偿性扫视及反补偿性扫视是机体VOR受损时,在头动过程中为了维持主观视觉清晰而做出的补偿性眼动反应,可以间接反映VOR功能状态<sup>[1]</sup>,衡量VOR是否正常的标志是增益<sup>[12]</sup>,HIMP和SHIMP都是检测VOR直接通路功能,所以两者在VOR增益上紧密相关,研究表明在前庭神经炎急性期HIMP增益计算会受自发性眼震的干扰,而SHIMP可有效避免,在增益结果上可以相互印证<sup>[2]</sup>。故从检测意义上来说,HIMP主要反映前庭机能的损害,而SHIMP则更多反映了前庭机能的保留,SHIMP对于HIMP有重要的互相印证和补充诊断价值<sup>[4]</sup>。无论是HIMP和SHIMP都从不同的侧面反映了外周前庭系统的功能状态,目前已经广泛应用于前庭机能损害的临床检测。随着技术条件和研究方法的不断进步,三个共轭面的SHIMP检测已逐渐成为可能,有可能在将来的前庭功能检测序列中扮演越来越重要的角色。以往研究显示,在水平共轭面检测时SHIMP增益值略小于HIMP,这可能和VOR抑制的参与有关<sup>[4-5,13-14]</sup>。本研究结果与以往研究一致。

既往的研究设备多采用摄像头固定于镜架右侧,通过右眼记录模式进行,所得研究数据常常显示右侧增益值高于左侧<sup>[4-5,13-14]</sup>。本研究所采用的检测设备摄像头固定于镜架左侧,为左眼记录模式,所得的增益值左侧高于右侧,这可能与检测系统的设计构造和结构不同有关。当摄像头和陀螺仪固定于检测镜架的一侧时,该侧的质量高于对侧。检测时快速甩动头部会因为惯性滞后导致摄像头与眼球之间产生反向的相对运动,从而导致增益值在摄像头侧增加<sup>[15-16]</sup>。这种差异在相对缺乏固定和约束的垂直共轭面则有可能更加明显。本组试验结果显示左前右后共轭面的增益值明显高于水平共轭面和右前左后共轭面增益值。Abrahamsen等<sup>[17]</sup>采用同样的设备,将摄像头置于右侧,

发现右前左后共轭面的增益值高于其余两共轭面。他们的研究结果同样表明垂直管共轭面增益值与摄像头所在的侧别有关。除以上原因外,不同设备的操作系统所采用的增益值计算方法对结果也会造成一定的影响。有些设备可以提供瞬时增益及回归增益,而有些设备的增益计算采用的是“曲线下面积比”<sup>[17]</sup>。因此,当临床使用不同的检测设备时,研究结果之间的互相比需要谨慎处理。

理论上来说,视频头脉冲技术对于水平半规管VOR的定量评估会接近或等同于巩膜线圈检测法。采用视频检测设备来捕捉瞳孔和陀螺仪辅助捕捉头动信息具有操作简便、耗时短、无创伤、患者易耐受等优点,但在实际检测的过程中也会出现各种误差。因为硬件设计的不同,这种系统误差在不同的市售检测仪器之间也会有所差别<sup>[18]</sup>。此外,随着机器设备使用年限的延长,头带和镜架的松动也难以避免。建议各前庭功能检查室根据自己的设备建立自己实验室的正常值,并定期校正,以利于得到更加客观、真实的检测结果。

综上,正常青年人三个半规管SHIMP检测与同平面HIMP增益值紧密相关。受测试仪器、测试方法和测试条件的限制,不同侧别、不同平面、不同检测方法的研究结果之间可能存在一定的差异。各实验室应建立自己的正常参考值,并定期校正。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] Halmagyi GM, Curthoys IS. A clinical sign of canal paresis[J]. Arch Neurol, 1988, 45(7): 737-739.
- [2] MacDougall HG, McGarvie LA, Halmagyi GM, et al. A new saccadic indicator of peripheral vestibular function based on the video head impulse test[J]. Neurology, 2016, 87(4): 410-418.
- [3] Chen F, Chen Z, Zhang Y, et al. Association Analysis of HIMP and SHIMP Quantitative Parameters in Patients With Vestibular Neuritis and Healthy Participants[J]. Front Neurol, 2021, 12: 748990.
- [4] 陈飞云, 张玉忠, 吴彩芹, 等. 头脉冲抑制试验在健康成年人中的参数特征[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2018, 53(12): 914-917.
- [5] Devantier L, Hoskison E, Ovesen T, et al. Suppression head impulse paradigm in healthy adolescents-A novel variant of the head impulse test[J]. J Vestib Res, 2018, 28(3/4): 311-317.
- [6] 杜一, 刘兴健, 任丽丽, 等. 头脉冲抑制模型 SHIMP 在前庭检查中的应用价值探讨[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2018, 32(10): 728-732.
- [7] 林颖, 高林溪, 韩丽萍, 等. 正常成人水平半规管视频头脉冲检查参数及年龄分布特征[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2016, 30(13): 1063-1065.
- [8] Crane BT, Demer JL. Latency of voluntary cancella-

- tion of the human vestibulo-ocular reflex during transient yaw rotation[J]. *Exp Brain Res*, 1999, 127(1): 67-74.
- [9] Agrawal Y, Schubert MC, Migliaccio AA, et al. Evaluation of quantitative head impulse testing using search coils versus video-oculography in older individuals[J]. *Otol Neurotol*, 2014, 35(2): 283-288.
- [10] Cullen KE. The vestibular system: multimodal integration and encoding of self-motion for motor control[J]. *Trends Neurosci*, 2012, 35(3): 185-196.
- [11] Kheradmand A, Zee DS. Cerebellum and ocular motor control[J]. *Front Neurol*, 2011, 2: 53.
- [12] Halmagyi GM, Chen L, MacDougall HG, et al. The Video Head Impulse Test[J]. *Front Neurol*, 2017, 8: 258.
- [13] Rey-Martinez J, Thomas-Arrizabalaga I, Espinosa-Sanchez JM, et al. Vestibulo-ocular reflex gain values in the suppression head impulse test of healthy subjects[J]. *Laryngoscope*, 2018, 128(10): 2383-2389.
- [14] Lee JY, Kim MB. Effect of Aging and Direction of Impulse in Suppression Head Impulse Test[J]. *Otol Neurotol*, 2020, 41(10): e1231-e1236.
- [15] Weber KP, MacDougall HG, Halmagyi GM, et al. Impulsive testing of semicircular-canal function using video-oculography[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2009, 1164: 486-491.
- [16] Suh MW, Park JH, Kang SI, et al. Effect of Goggle Slippage on the Video Head Impulse Test Outcome and Its Mechanisms[J]. *Otol Neurotol*, 2017, 38(1): 102-109.
- [17] Abrahamsen ER, Skals RK, Hougaard DD. Are gain values significantly altered by manual data selection when performing the video Head Impulse Test (v-HIT) on all six semicircular canals with two different v-HIT systems[J]. *J Vestib Res*, 2020, 30(5): 305-317.
- [18] Zamaro E, Saber Tehrani AS, Kattah JC, et al. VOR gain calculation methods in video head impulse recordings[J]. *J Vestib Res*, 2020, 30(4): 225-234.

(收稿日期: 2022-05-17)

(上接第 658 页)

- [55] Liu Y, Pyykkö I, Naganawa S, et al. Consensus on MR Imaging of Endolymphatic Hydrops in Patients With Suspected Hydropic Ear Disease (Meniere) [J]. *Front Surg*, 2022, 9: 874971.
- [56] 赵欢娣, 成颖, 杨军, 等. 3D-FLAIR MRI 在内耳出血所致的 SSNHL 诊断中的作用[J]. *山东大学耳鼻喉眼学报*, 2020, 34(5): 97-101.
- [57] Takahashi M, Inagaki A, Aihara N, et al. Acoustic neuromas associated with sudden sensorineural hearing loss[J]. *Acta Otolaryngol*, 2022, 142(5): 415-418.
- [58] Levy JM, Amedee RG. In reference to Systematic review of the evidence for the etiology of adult sudden sensorineural hearing loss [J]. *Laryngoscope*, 2010, 120(11): 2347.
- [59] Kaga K. Auditory nerve disease and auditory neuropathy spectrum disorders [J]. *Auris Nasus Larynx*, 2016, 43(1): 10-20.
- [60] Kaga K, Nakamura M, Shinogami M, et al. Auditory nerve disease of both ears revealed by auditory brainstem responses, electrocochleography and otoacoustic emissions[J]. *Scand Audiol*, 1996, 25(4): 233-238.
- [61] Starr A, Picton TW, Sininger Y, et al. Auditory neuropathy[J]. *Brain*, 1996, 119(Pt 3): 741-753.
- [62] 中国听神经病临床诊断与干预多中心研究协作组, 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志编辑委员会, 中华医学会耳鼻咽喉头颈外科学分会, 等. 中国听神经病临床实践指南(2022 版) [J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2022, 57(3): 241-262.
- [63] Sheykholslami K, Kaga K, Murofushi T, et al. Vestibular function in auditory neuropathy[J]. *Acta Otolaryngol*, 2000, 120(7): 849-854.
- [64] Hu J, Chen Z, Zhang Y, et al. Vestibular dysfunction in patients with auditory neuropathy detected by vestibular evoked myogenic potentials [J]. *Clin Neurophysiol*, 2020, 131(7): 1664-1671.
- [65] Chang CM, Lo WC, Young YH, et al. Galvanic vestibular-evoked myogenic potentials in evaluating damaged sites of vestibular neuritis [J]. *Laryngoscope Investig Otolaryngol*, 2022, 7(2): 506-514.
- [66] 冯慧敏, 金占国, 刘红巾, 等. 不同前庭功能检查评估前庭神经炎康复疗效的临床价值 [J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(26): 2085-2088.
- [67] Zellhuber S, Mahringer A, Rambold HA. Relation of video-head-impulse test and caloric irrigation: a study on the recovery in unilateral vestibular neuritis [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2014, 271(9): 2375-2383.
- [68] Cozart AC, Kennedy JT 3rd, Seidman MD. A Basis for Standardizing Superior Semicircular Canal Dehiscence Management [J]. *Ear Nose Throat J*, 2021, 100(10): NP444-NP453.
- [69] Verrecchia L, Brantberg K, Tawfique Z, et al. Diagnostic Accuracy of Ocular Vestibular Evoked Myogenic Potentials for Superior Canal Dehiscence Syndrome in a Large Cohort of Dizzy Patients [J]. *Ear Hear*, 2019, 40(2): 287-294.
- [70] Young YH. Inner ear test battery in guinea pig models-a review [J]. *Acta Otolaryngol*, 2018, 138(6): 519-529.

(收稿日期: 2022-06-06)