

功能性前庭眼动反射检测试验*

张玉忠¹ 魏馨雨¹ 陈籽辰¹ 成颖¹ 高滢¹ 陈飞云¹ 胡娟¹ 许琰¹ 张青¹

[关键词] 前庭眼反射;头脉冲测试;动态视敏度;凝视稳定;前庭功能

doi:10.13201/j.issn.1001-1781.2019.03.007

[中图分类号] R764 [文献标志码] A

Functional vestibulo-ocular reflex test

Summary In recent years, the diagnosis and treatment of vertigo and balance disorders have become a hot topic of multidisciplinary attention. The evaluation method of vestibular function has also been improved, providing important evidence for the diagnosis and differential diagnosis of vertigo related diseases. Vestibular rehabilitation is one of the important methods for the treatment of vertigo diseases. Assessing vestibular rehabilitation status in these patients is also the key for guiding treatment. The assessment of vestibulo-ocular reflex (VOR) function is an important part of vestibular functional testing. Currently, the dynamic visual acuity test (DVAT), gaze stabilization test (GST), and head impulse test (HIT) can be used to evaluate the VOR function. Based on these tests, a method of vestibular function testing has emerged internationally: functional head impulse test (fHIT). The article based on the review of relevant literatures and the principle of VOR detection and HIT detection to introduce the test methods and results interpretation of fHIT, DVAT and GST to provide reference for clinical diagnosis and treatment.

Key words vestibulo-ocular reflex; head impulse test; dynamic visual acuity; gaze stabilization; vestibular function

人体的平衡依赖于前庭觉、视觉、本体觉等综合信息的输入。而在前庭反射通路中,前庭眼动反射(vestibulo-ocular reflex, VOR)通路尤为重要。VOR的主要生理功能是维持固视,使人们在日常运动中保持清晰的视觉。目前评估VOR功能的检查方法包括:动态视敏度测试(dynamic visual acuity test, DVAT)、凝视稳定测试(gaze stabilization test, GST)、头脉冲测试(head impulse test, HIT);在此基础上,Boehler等^[1]提出一种新的前庭功能测试,即功能性头脉冲测试(functional head impulse test, fHIT)。目前临床中对HIT研究较多,但对DVAT、GST、fHIT研究相对较少。本文对上述检查进行详细阐述,以期临床医生选用适当的前庭功能检查方法,更准确地评估患者的前庭功能和前庭康复状态。

1 测试原理

头部运动期间凝视稳定性由VOR、中央凹平滑追踪、周边视网膜的视动刺激和颈-眼反射之间的复杂相互作用维持。视觉稳定主要依赖于正常的视动系统和VOR系统的功能,使眼球以与头动同速、反向的运动来保持清晰的视野。当水平方向、垂直方向头速低于 $50^{\circ}/s$ 时,视动系统占主导地

位;当水平方向头速高于 $100^{\circ}/s$ 、垂直方向头速高于 $50^{\circ}/s$ 时,VOR系统成为保持视敏度的主要机制^[2]。VOR系统包括VOR直接通路和VOR间接通路。VOR直接通路是由3个神经元组成的反射弧。以左侧水平半规管兴奋性为例,左转头→左侧水平半规管壶腹嵴前庭毛细胞兴奋→经同侧前庭神经传递兴奋信号抵达同侧前庭神经核团→核团的兴奋性PVP神经元发出传出纤维大多交叉至对侧→到达展神经核→展神经→支配右眼外直肌;展神经核的中间神经元发出纤维经内侧纵束交叉到左侧抵达同侧动眼神核支配左眼内直肌;使眼球协同向与头动相反的方向移动。VOR间接通路是由直接通路及其中枢结构神经元参与介导的多于3个神经元所构成的反射弧。主要指经过神经整合中枢(neural integrator, NI)、速度存储整合中枢(velocity storage integrator, VSI)、脑桥旁正中网状结构(pontine paramedian reticular formation, PPRF)等中枢结构。NI主要作用是将前庭传递的速度信号转换为前庭位置移动信号,小脑整合中枢参与脑干神经整合中枢的优化调节。任何通过诱发前庭眼震(双温试验、转椅试验、摇头试验)的前庭功能检查方法都是由PPRF启动的,因此均检测的是VOR的间接通路。头脉冲等高频高速(大于 $1\ 000^{\circ}/s^2$)旋转的神经控制反射通路不诱发前庭眼震而直接检测VOR慢相,检查的是VOR直接通路功能。另外,在高频高速运动条件下,当一侧半规管的兴奋冲动足够大,以致另一侧的抑制性冲动达到超负荷时,产生抑制性中断,出现抑制性零放

* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(No:81670945);陕西省国际科技合作重点项目(No:2017KW-048);西安交通大学医学院第二附属医院人才培养专项基金[No:RC(GG)201407];西安交通大学第二附属医院新技术新疗法项目(No:XJEFY-2017041)

¹ 西安交通大学第二附属医院耳鼻咽喉头颈外科(西安,710004)

通信作者:张青, E-mail:zhqent@163.com

电。这种情况下,只有一侧半规管产生有效刺激,而另一侧的协同作用消失,因此头脉冲检查可明确探知病变侧别。综上所述,VOR 是内耳的前庭终末感受器与眼球结构和眼肌效应器之间的连接,眼球运动的表现可以反映前庭终末感受器和神经传导通路的状态^[3-4]。

2 HIT

HIT 最初是由 Halmagyi 等^[5]提出的一种评估前庭功能的床旁检查,通过肉眼观察快速低幅被动甩头后是否出现扫视眼动(患者往往被叮嘱注视检查者的鼻尖),以此评估半规管损伤程度。但假阴性率高达 50%,因为肉眼不能观察到隐性扫视。近些年随着科学技术的发展,视频头脉冲测试(vHIT)广泛应用于临床,vHIT 不仅能记录肉眼无法辨识的隐形扫视,还能用计算机软件量化头动速度和眼动速度,眼动速度与头动速度之比即增益值,用增益值的大小衡量 VOR 的功能^[6-8]。

但增益值不能直接反映 VOR 功能的有效性,vHIT 定量只是提供 VOR 是否产生扫视,不能体现出患者能否在头部运动期间利用扫视提供清晰的视觉,从而达到受损侧 VOR 的功能性康复^[9-10]。

3 fHIT

fHIT 是一种新兴的前庭功能检测方法,其基本原理:VOR 的功能是在头部运动期间稳定视网膜的成像,以获得清晰的视觉。VOR 功能受损时,会导致视网膜成像滑动,视敏度下降,视物模糊。因此,可以通过检测运动状态下的视敏度来评估受损半规管的功能状态。

检测方法:根据上述检测思路,Boehler 等^[1]设计了一种新型的头脉冲检查设备(head impulse testing device,HITD)。在检测时,患者头戴传感器坐在屏幕前,先根据观看计算机屏幕上显示的“E”视标来评估受试者的静态视敏度(static visual acuity,SVA)。见图 1。在 SVA 的视标尺寸的基础上增加 0.8 logMAR(minimum angle of resolution,最小分辨视角)作为动态测试的视标尺寸。检查者在患者后方手动施加头部冲动,当头部角加速度达到一定阈值后,要求患者识别计算机屏幕上显示的闪烁视标“E”的开口方向,计算其正确率(correct answers,CA%)。该方法无需记录眼动,也不用计算增益值,较 vHIT 更加方便,可以用于眼睑下垂等无法用 vHIT 评估或评估不佳的患者。

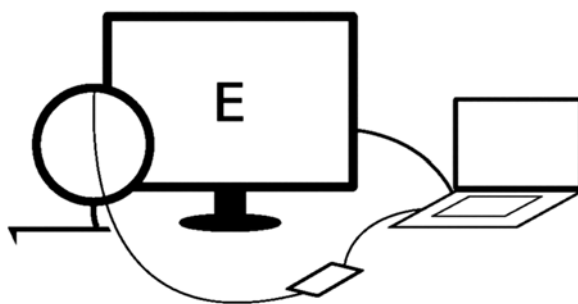
Colagiorgio 等^[9-10]在前期研究的基础上优化了 HITD,他选用 Landolt C 视力表的视标作为计算机显示器上的检查视标。该视标是一个不完整的环,其缺口为直径的 1/5,开口以每 45°分别为上、下、左、右、左上、左下、右上、右下 8 个方向。电脑屏幕上的视标大小根据被检查者距电脑的距离

(大约 1 m)进行调整。该算法先从 1 logMAR 的“C”显示开始,重复 20 次来估计被检查者的 SVA。随后基于被检查者的 SVA 值,将 SVA 增加 0.6 logMAR 来获得计算机显示屏上刺激视标的大小。检查者在被检查者后方施加一系列高速头脉冲(2 000~6 000°/s²),在每一个加速度范围内施加 5 次头脉冲,要求被检者识别在计算机屏幕上短暂出现的 Landolt C 视标的方向;在上述头部角加速度范围内正确识别的视标开口方向的 CA%为最终输出结果。该方法同样可以用来评估 VOR 在高加速度头动状态下维持清晰视觉方面的功能。此检查设备和软件不仅能输出眼动速度和头动速度曲线图,计算增益值,而且能够计算 fHIT 的 CA%。健康受试者及左侧前庭神经炎患者的 HITD 测试结果分别见图 2 和图 3。

Corallo 等^[11]对 27 例前庭神经炎患者分别在急性期和症状发作后 3 个月进行 fHIT 和 vHIT 记录。fHIT 和 vHIT 均能准确地检测出单侧前庭疾病患者的患侧,3 个月后复查时 2 种检查均能检测出前庭代偿情况;但 fHIT 较 vHIT 异常率更高,尤其表现在健侧,当健侧 vHIT 的增益值接近正常值时,fHIT 的数据提示 VOR 功能仍然受损。前庭代偿可能只是提高了增益值,而没有改善头动时的阅读能力。fHIT 和 vHIT 比较提示,在评估前庭功能损害和前庭功能代偿状态时,2 种技术可以互相补充。

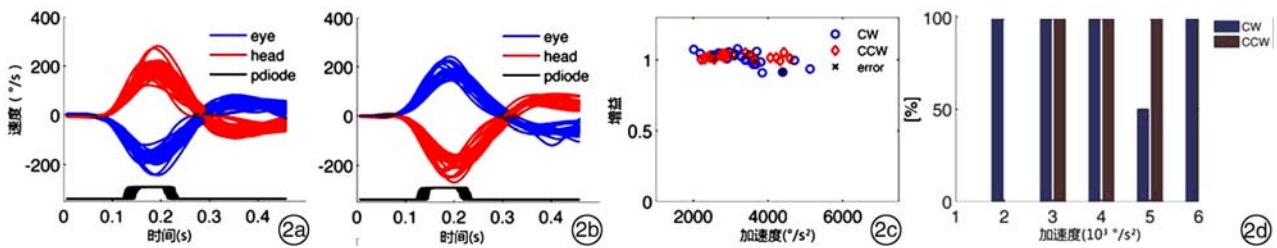
4 DVAT 和 GST

首先检测患者的 SVA,SVA 通过在检测器显示单个视标(字母“E”)来测量,从 0.3 logMAR 开始,随机改变视标的方向和大小,呈现时间为 1 s,要求患者口头确定视标方向(上、下、左、右),直到确定视敏度阈值。然后根据每个受试者的 SVA 来设定随后的 DVAT 和 GST 的视标大小,在左右转头状态下分别检测受试者的视敏度和保持最佳视敏度时的最大头动速度^[12-15]。



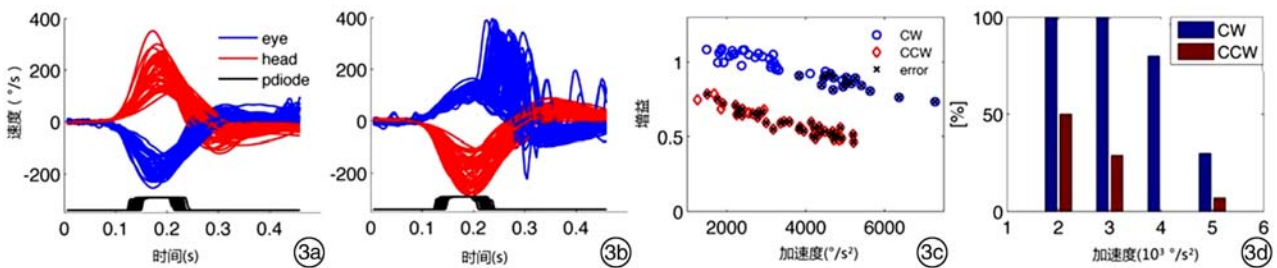
患者坐在屏幕前面,头戴传感器,连接到数据采集卡;整个系统由检查者的操作笔记本电脑和 HIT 软件控制^[1]。

图 1 HITD 检测设备简图



2a、2b:分别为顺时针(CW)和逆时针(CCW)旋转的头部和眼球运动曲线图;2c: VOR 增益值图;2d: 每个加速度的 CA%^[9]。

图 2 健康受试者的 HITD 测试结果



3a、3b:分别为 CW 和 CCW 旋转的头部和眼球运动,逆时针旋转时可看到扫视波;3c: VOR 增益值图, x 表示错误的读数;3d: 每个加速度的 CA%,患侧为 18%,健侧为 62%^[9]。

图 3 左侧前庭神经炎患者的 HITD 测试结果

GST 计算患者能够准确识别固定大小的视标方向的最大头动速度。峰值头速度 $\leq 95^\circ/s$ 时视为 GST 异常结果。检测方法^[12-14]: 水平位头动频率 >2 Hz,角度 $<20^\circ$,头部速度从最小速度 $30^\circ/s$ 开始逐渐增加到最大速度 $320^\circ/s$ 。患者始终注视计算机显示屏中间的空白圆圈。当患者的头部速度达到测试所需的最小头部速度时,显示屏开始显示高于患者 SVA $0.25 \log\text{MAR}$ 的“E”视标。患者无法正确读取显示屏“E”视标方向时的头部速度为 GST 的最大头部速度。数据采集期间视标的出现和呈现时间是不可预测的。

DVAT 计算当头速在 $85\sim 140^\circ/s$ 时受试者的最小视敏度。判读结果为运动状态下与静止状态下患者视敏度的变化($\Delta\log\text{MAR}$),当 DVAT 的值 $\geq 0.3\Delta\log\text{MAR}$ 时视为异常结果。检测方法^[13-15]: 受试者头动速度达到计算机规定的速度 $85\sim 140^\circ/s$ 之间,计算机显示屏才会出现“E”视标,受试者需读取计算机显示屏上的“E”视标的开口方向,在规定的头动速度范围内,记录最小视敏度。数据采集期间视标的出现和呈现时间是不可预测的。

结果判断^[14]: Voelker 等^[15]建议以 GST 的峰值头动速度 $\leq 95^\circ/s$ 时, DVAT 值 $\geq 0.3\Delta\log\text{MAR}$ 为异常结果。将 DVAT 值 $\geq 0.3\Delta\log\text{MAR}$ 界定为异常结果时,该检测的灵敏度为 65%,特异度为 88%;将 GST 的峰值头动速度 $\leq 95^\circ/s$ 界定为异常结果时,该检测的灵敏度为 71%,特异度为 100%。将两项检查结合:当 GST 结果正常时,加做 DVAT

可将总体灵敏度提高至 88%,特异度为 88%。数据表明 GST 比 DVAT 更具特异性,可以先检测 GST,如果结果异常,则无需进行 DVAT;当 GST 结果正常时,加做 DVAT 可能会提高 VOR 功能障碍的检出率。

上述 VOR 的功能性测试——fHIT、GST 和 DVAT 都是基于要求患者在头部旋转期间识别计算机屏幕上的视标,但它们在视觉刺激触发标准和结果测量方面有所不同。fHIT 是头部旋转运动在一定的头部角加速度范围内能够正确识别的视标的百分比;GST 是在不降低视敏度的情况下能达到的最大头动速度;而 DVAT 是头部旋转运动在一定的头部角加速度范围内的最佳视敏度的变化情况($\Delta\log\text{MAR}$)^[11]。

5 总结

本文综述了以往文献中有关 VOR 的功能性测试,包括 fHIT、DVAT 和 GST。它们与 vHIT 最大的不同点在于通过检测 VOR 对视敏度的作用,可以从稳定视觉功能的层面评估 VOR 损伤时代偿性扫视能否对提高视敏度发挥作用,即补偿 VOR 的功能。目前,国际上对 VOR 的功能性测试关注度还不高,这可能与缺乏统一的检查设备以及缺乏标准对照数据有关。目前 DVAT 在临床上多作为床旁检查,很容易被临床医生忽略。但在前庭康复状态评估方面 DVAT/GST 可能在一定程度上优于 vHIT。fHIT 则是最新提出来的新兴前庭功能

- 规管功能分析[J].中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2012,47(10):793-798.
- [7] 李姗姗,陈太生,董红,等. Hunt综合征伴眩晕患者的半规管损伤频率特征[J].中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2012,47(1):6-10.
- [8] STRUPP M, BRANDT T. Vestibular neuritis[J]. Adv Otorhinolaryngol, 1999, 29: 111-136.
- [9] 黄选兆,汪吉宝,孔维佳.实用耳鼻咽喉头颈外科学[M].北京:人民卫生出版社,2008:1050-1051.
- [10] BARNES G R, BENSON A J, PRIOR A R. Visual-vestibular interaction in the control of eye movement[J]. Aviat Space Environ Med, 1978, 49: 557-564.
- [11] GROSSMAN G E, LEIGH R J. Instability of gaze during locomotion in patients with deficient vestibular function[J]. Ann Neurol, 1990, 27: 528-532.
- [12] PETERS R A. Dynamics of the vestibular system and their relation to motion perception, spatial disorientation, and illusions. NASA CR-1309[J]. Nasa Contract Rep Nasa Cr, 1969, 1309: 1-223.
- [13] DELLA SANTINA C C, CREMER P D, CAREY J P, et al. Comparison of head thrust test with head autorotation test reveals that the vestibulo-ocular reflex is enhanced during voluntary head movements[J]. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 2002, 128: 1044-1054.
- [14] PÉREZ P, LLORENTE J L, GÓMEZ J R, et al. Functional significance of peripheral head-shaking nystagmus[J]. Laryngoscope, 2010, 114: 1078-1084.
- [15] WEBER K P, AW S T, TODD M J, et al. Head impulse test in unilateral vestibular loss: vestibulo-ocular reflex and catch-up saccades[J]. Neurology, 2008, 70: 454-463.
- [16] SILVONIEMI P. Vestibular neuronitis. An otoneurological evaluation[J]. Acta Otolaryngol Suppl, 1988, 453: 1-72.
- [17] WALTHER L E, BLÖDOW A. Ocular vestibular evoked myogenic potential to air conducted soundstimulation and video head impulse test in acute vestibular neuritis[J]. Otol Neurotol, 2013, 34: 1084-1089.
- [18] 李静,刘兴健,刘宸箐,等. 突发性聋与前庭神经炎的前庭损伤差异性研究[J].中国耳鼻咽喉颅底外科杂志,2017,23(1):25-27.
- [19] LORIN P, DONNARD M, FOUBERT F. Vestibular neuritis: Evaluation and effect of vestibular rehabilitation[J]. Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord), 2015, 136: 21-27.

(收稿日期:2018-11-21)

(上接第215页)

评估方法,其对患者的前庭功能状态的评估可能具有重要意义。

参考文献

- [1] BOEHLER A, MANDALA M, RAMAT S. A software program for the head impulse testing device (HITD) [J]. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2010, 2010: 6615-6618.
- [2] 李晓璐,卜行宽, KAMRAN B, 等. 实用眼震电图和眼震视图检查[M].北京:人民卫生出版社,2015:134-136.
- [3] 田军茹. 眩晕诊治问与答[M].北京:人民卫生出版社,2017:42-46.
- [4] 田军茹. 眩晕诊治[M].北京:人民卫生出版社,2015:77-95.
- [5] HALMAGYI G M, CURTHOYS I S. A clinical sign of canal paresis[J]. Arch Neurol, 1988, 45: 737-739.
- [6] MACDOUGALL H G, WEBER K P, MCGARVIE L A, et al. The video head impulse test: diagnostic accuracy in peripheral vestibulopathy [J]. Neurology, 2009, 73: 1134-1141.
- [7] WEBER K P, MACDOUGALL H G, HALMAGYI G M, et al. Impulsive testing of semicircular-canal function using video-oculography[J]. Ann N Y Acad Sci, 2009, 1164: 486-491.
- [8] WEBER K P, AW S T, TODD M J, et al. Head impulse test in unilateral vestibular loss: vestibulo-ocular reflex and catch-up saccades[J]. Neurology, 2008, 70: 454-463.
- [9] COLAGIORGIO P, RAMAT S, COLNAGHI S, et al. A new tool for investigating the functional testing of the VOR[J]. Front Neurol, 2013, 4: 165.
- [10] RAMAT S, COLNAGHI S, BOEHIER A, et al. A device for the functional evaluation of the VOR in clinical settings[J]. Front Neurol, 2012, 3: 39.
- [11] CORALLO G, VERSINO M, MANDALA M, et al. The functional head impulse test: preliminary data[J]. J Neurol, 2018, 265: 35-39.
- [12] GOEBEL J A, TUNGSIRIPAT N, SINKS B, et al. Gaze stabilization test: a new clinical test of unilateral vestibular dysfunction[J]. Otol Neurotol, 2007, 28: 68-73.
- [13] DOMENIC V, STEFAN C H, DOMINIK S, et al. A new dynamic visual acuity test to assess peripheral vestibular function[J]. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 2010, 136: 686-691.
- [14] WARD B K, MOHAMMAD M T, WHITNEY S L, et al. The reliability, stability, and concurrent validity of a test of gaze stabilization[J]. J Vestib Res, 2010, 20: 363-372.
- [15] VOELKER C C, LUCISANO A, KALLOGJERI D, et al. Comparison of the gaze stabilization test and the dynamic visual acuity test in unilateral vestibular loss patients and controls [J]. Otol Neurotol, 2015, 36: 746-753.

(收稿日期:2018-12-17)