

• 综述 •

前庭康复的研究进展*

李远军¹ 徐先荣^{1△}

[关键词] 前庭功能;康复;眩晕
doi:10.13201/j.issn.1001-1781.2017.20.018
[中图分类号] R764.3 [文献标志码] A

Research progresses in vestibular rehabilitation

Summary Vestibular rehabilitation is one of the treatments of vertigo, which major based on vestibular exercise. Unlike general exercise, it is a highly specialized designed method without medication or traumatic. Vestibular rehabilitation includes peripheral rehabilitation, central rehabilitation, alternative rehabilitation, visual conflict rehabilitation and fall prevention rehabilitation. The cross-coupling mechanism of vestibular reflex is the basis of vestibular compensation. The characteristics of visual reflex and the proprioception mediated cervical reflex are the foundation of alternative rehabilitation, and cognitive mechanism is the basis of all kinds of vestibular rehabilitation. Data about the safety and efficacy of vestibular rehabilitation are provided during the past several decades. Various tests and measures are used for examination and determine their ability to participate in their environment, as well as various treatments are described. Factors that affect recovery are noticed to prognosticate recovery. This review focuses on the rehabilitation mechanism, clinical application, related inspection and evaluation, and influence factor of vestibular rehabilitation.

Key words vestibular function;rehabilitation;vertigo

20 世纪 40 年代,Cawthorne 和 Cooksey 针对眩晕疾病的治疗提出了以锻炼为基础的疗法,称之为前庭物理疗法(vestibular physical therapy),也称为前庭康复疗法或前庭康复(vestibular rehabilitation, VR)。VR 是针对前庭受损的患者所采用的非药物、非创伤性、不同于一般通用运动、具有高度专业化设计的训练方法,属于眩晕的特殊治疗,可有效缓解前庭疾病患者的眩晕/头晕等不适症状,改善前庭功能^[1-2],这种专门的 VR 方案较一般的治疗措施更为安全有效。VR 包含不同的类型,主要有外周性康复、中枢性康复、替代性康复、视觉冲突性康复以及防跌倒康复。前庭反射的交叉偶联机制是前庭代偿的基础,视反射和颈反射是替代性康复的基础,而认知机制是各类前庭康复的前提。

根据报道,美国大约有 35% 的前庭功能障碍成年患者^[3];单侧外周性前庭功能受损,如前庭神经炎(vestibular neuritis, VN)的患病率可达(3.5~15.5)/100000^[4];70 岁以上老年人发生平衡障碍的概率达 75%,跌倒的风险大大增加^[5]。由此,大量的对照研究和回顾性分析研究了 VR 在

前庭功能障碍治疗中的效果^[4-5]。VR 在伴有顽固性头晕/眩晕的前庭功能障碍患者中的应用呈指数型增长。循证医学研究指出:对于外周性前庭功能异常患者,VR 治疗安全且有效^[6]。VR 致力于缓解眩晕程度,改善凝视功能、姿势控制、肢体协调能力等能力,并最终提高眩晕患者生活质量^[7]。本文就 VR 的机制原理、临床应用、相关检查及评估手段、影响因素和医学鉴定等方面的研究进展进行综述。

1 前庭康复的原理

前庭适应、前庭习服、前庭代偿是使受损的前庭功能得以恢复的重要的 3 个机制。前庭适应需要前庭-眼反射(vestibular ocular reflex, VOR)练习来修正;前庭习服是中枢学习过程,主要应用于有运动感觉障碍的患者^[1];前庭代偿是一种使受损的前庭功能得以替代的备选机制^[8]。“完全代偿”用于描述前庭功能恢复正常,“不完全代偿”用于描述仅有部分前庭功能恢复。以前用“代偿不全”来描述患者前庭功能已完全恢复,但会在改变生活习惯等特定情形下症状再发,现已废弃这一说法。持续性运动诱发眩晕是不完全代偿的一种情况,该类患者可从多种前庭习服训练中获得收益,如虚拟现实或利用闪光灯球屏蔽视觉。通过以锻炼为主的手段达到中枢神经系统代偿是 VR 的主要目的^[2]。

1.1 前庭适应

前庭适应锻炼,又称为视觉-前庭交互锻炼,是

* 基金项目:全军后勤标准项目(No:BKJ15B013);全军后勤面上项目(No:CKJ14J013);空军后勤部资助项目(No:BKJ10J054)
¹ 空军总医院 航空航天眩晕诊疗研究中心(北京,100142)
[△] 审校者
通信作者:徐先荣,E-mail:xuxianrongkz@sina.com

通过摇头等刺激促使存留的前庭功能得以重新适应。适应锻炼对于凝视欠佳等治疗有效,并可以提高平衡能力、缓解头晕程度。

前庭系统对于头动过程产生的传导信息减少,导致凝视障碍。视网膜病变也可导致凝视欠佳,因为头动过程中视网膜上的移动印象,可刺激眼球多接收来自前庭系统发放的信号。

有多种方法可在头动过程中提高前庭适应效果^[9]。水平或垂直头动的同时,眼睛盯着对面的目标物,可以在视网膜上放大目标及增加暴露时间;不同距离的目标物,不同方向上的头动练习,不同频率的头动练习,头动转换频率相对缓慢可加强锻炼效果;每天锻炼 4~5 次,锻炼总时间 20~40 min/d^[10];保证锻炼环境足够明亮,效果更佳。

1.2 前庭习服

前庭习服锻炼指反复暴露于诱发眩晕的状况,反复暴露可使人体对刺激做出的反应程度逐渐减轻。对于未明确诊断的位置性眩晕患者,主要治疗目的是改善眩晕症状,而前庭习服练习可达到这一目的。

习服锻炼与诱发眩晕的刺激类型、方式、程度及方向大致相同,通过不断练习,中枢代偿建立,眩晕症状最终会消失^[11]。前庭习服训练不适于双侧前庭功能障碍的患者,一些中枢习服训练不适用于老年人,如突然站立,可诱发直立性低血压^[10-12]。

1.3 感觉代偿

代偿锻炼依靠其他感觉刺激,如视觉或本体觉来维持姿势平衡并减少跌倒的发生^[10]。前庭功能丧失或受损的患者,急性期主要依靠本体觉代偿,后期依靠视觉代偿^[13]。大视野的视觉信号输入较小范围的视觉刺激,对视觉代偿的建立更为有效^[14]。前庭功能受损的患者,视觉信号可为其位置定位提供参考,此现象称为视觉依赖。对于视觉依赖的患者,移动的视觉目标可造成自身移动的错觉,导致姿势平衡不稳^[15]。因此,建议患者在进行视觉代偿训练时,要使视觉目标有规律地移动。

1.4 眼动训练

眼动训练的主要目的是再建感觉冲突,刺激前庭系统,提供持续的低频(<0.3 Hz)视觉信息。这个频段的眼动信息主要刺激耳石系统,还可以刺激视黄斑,促进 VOR 适应^[16]。单向的眼动训练提高同侧前庭反射,眼动或前庭-眼动训练可以促进单侧外周性前庭功能受损患者 VOR 建立^[17]。

2 前庭康复的应用

VR 的主要组成部分有:凝视功能锻炼、平衡功能再训练、习惯化练习、代偿训练等^[12,18]。对于不同程度的前庭功能损害,VR 锻炼有所侧重,通常由康复师或医师根据患者病情,制定个性化康复方案,比如 VOR 练习可以帮助一侧前庭损伤的患

者尽快达到两侧功能平衡,而针对良性阵发性位置性眩晕(benign paroxysmal positional vertigo, BPPV),有多种物理复位疗法应用于临床。VR 所包含的平衡训练及一系列的眼动、头动及身体协调练习可诱发患者头晕等不适症状,当患者的这些不适症状改善后,康复师或医师会适时更改锻炼方案,着重于强调锻炼有困难的部分^[19]。

有研究指出 VR 对于头晕或平衡障碍的患者有明确的治疗效果,且单侧外周前庭功能缺失而中枢尚未完全代偿的患者从中受益最多^[1-2,20]。对于双侧前庭功能缺失患者,VR 同样有效,但治疗策略与单侧前庭功能缺失患者有所差异^[21]。

VR 治疗目的在于促进代偿建立,缓解头晕/眩晕症状,恢复平衡功能,最终回归正常生活。大量的研究证据表明 VR 对于多种疾病有治疗效果,另有研究指出较单独用药,用药配合 VR 对于患者症状和功能改善更加有效。VR 治疗效果确切的一些典型疾病包括外周性和中枢性疾病,外周性: BPPV,前庭神经元炎,迷路炎,听神经瘤,梅尼埃病,双侧前庭功能丧失,运动或视觉诱发眩晕;中枢性:脑卒中,脑外伤,前庭性偏头痛,多发性硬化症,帕金森综合征,老年性平衡失调,小脑功能退化。

3 前庭功能评估

眩晕/头晕和平衡障碍疾病影响了个体的独立自理、工作以及正常活动和参与,需要进行 VR 治疗的患者应行康复前的评估。虽然,评估眩晕/头晕影响程度的方法很多,但对哪些方面应该进行测量还没有一致意见。因此,国际功能、残疾和健康分类眩晕核心系列(International Classification of Functioning, Disability and Health Core Set for vertigo)评估模块应运而生,其评估了导致眩晕的 4 个方面的因素,分别是身体功能(body functions),身体结构(body structures),活动和参与(activities and participation)以及环境因素(environmental factors)。眩晕医生/康复师可根据其提出的评估建议内容,对患者进行康复前功能评价和康复后效果评价(表 1)^[22]。

3.1 病史

详细的病史及系统回顾是前庭功能评价的前提。在病史中提取的信息对于组织检查项目、准确评估前庭功能状态至关重要。另外,患者对于头晕、眩晕或不平衡感的主诉、体验对于采取下一步检查、治疗措施具有重要的指导价值。在病史询问开始阶段,建议对患者的疾病状态进行开放提问,包含患者的住址、工作、生活环境以及其他可能影响患者健康的因素。

前庭功能障碍患者在描述其病情时会用到很多词汇,如头部运动感(漂浮、游动或旋转感)、转动感(方向水平或倾斜)、不平衡感(身体不稳,甚至跌

表 1 ICF Core Set 简明眩晕核心系列评估分类

分类	身体功能	身体结构	活动和参与	环境因素
包含项目	9 项	4 项	10 项	6 项
主要内容	情绪, 知觉, 视觉, 听觉, 前庭觉, 深感觉, 眼临近结构功能, 听力、前庭相关感觉, 步态	脑结构, 脊髓和相关结构, 内耳结构, 心血管系统结构	日常常规, 改变基本身体位置, 维持体位, 行走, 移动, 不同方位移动, 其他指定位置的行走和移动, 驾车, 做家务, 工作就业	供个人消费的产品或物质, 个人室内和室外移动和运输的产品和技术, 灯光, 直系亲属, 健康专业人员, 健康服务、系统和政策

倒)、视觉模糊(振动幻视)、耳鸣以及自主神经反应(乏力、恶心、呕吐)^[23]。在某些特定环境下可引起上述症状,如拥挤的人流、购物广场或电影院。而且,某些特定运动(活动)也可诱发上述症状,如向上或向下看、开车、用电脑、躺下或洗澡时^[24]。

3.2 相关检查

前庭功能障碍患者的检查比较复杂。检查需综合评估患者的前庭受损程度和行为限制程度,综合患者病史及社会环境,制定详尽的检查、治疗方案。

3.3 VOR 检查

当头部运动时,VOR 使眼睛朝头动反方向运动以维持清晰视觉。前庭功能评估需包含眼睛凝视功能、扫视跟踪以及静态/动态视敏度等。

3.3.1 凝视功能 要求患者在水平及垂直方向上以不同的速度移动头部,同时眼睛注视前方视靶,以此来评价患者的 VOR 功能及凝视功能。VOR 功能正常者可维持视觉固定,不伴有视觉模糊;VOR 功能异常者不能维持视觉固定,或该测试将诱发水平方向凝视眼震,提示外周或中枢性前庭功能损害^[23,25]。

3.3.2 静态/动态视敏度 首先进行静态视敏度测试,要求被测试者尽可能识别视敏度表的下面一行,直到无法准确辨认字母方向的那一行。之后测试者站在患者身后,双手将患者头部向前倾 20~30°,以 2 Hz 的频率震荡患者头部,幅度为水平向 20~30°,要求患者再次注视视敏度表,在头动过程中尽可能识别字母小的一行。如果与静态视敏度相差 3 行或以上,说明有中枢或外周病变影响到 VOR 功能。

3.3.3 平稳视跟踪 要求患者头部固定,视线跟踪前方 46 cm 缓慢移动的视靶,视靶将左、右、上、下各移动 30°。如果发现视跟踪异常,通常表明小脑功能异常^[23]。

3.3.4 眼扫视运动 将两个视靶放置在被测试者前方 46 cm 处,水平方向扫视则鼻左右各放置 15°,垂直方向扫视则视线上下各放置 15°,要求患者头部固定,视线快速扫视两个视靶。测试者需密切观察是否有欠冲或过冲的发生,并记录其发生的方

向,可提示小脑或脑干存在病变,需进一步行磁共振扫描或 CT 扫描来确定病变部位。

3.3.5 快速甩头试验 快速甩头试验可用于评估前庭外周功能障碍引起的 VOR 异常。要求患者坐定并放松,测试者位于患者前方,检查患者颈部活动度,要求患者盯着前方目标物(如测试者鼻子),测试者快速地转动患者头部,幅度不能太大(一般小于 30°)。测试者需观察患者能否保持视觉固定,或是否出现补偿性的扫视。如果出现补偿性扫视,则需引起注意。

3.4 前庭-脊髓反射检查

完整的前庭功能检查还应包括前庭-脊髓反射(vestibulospinal reflex)功能的评估,包括平衡功能、步态及运动能力。其中静态检查包括 Romberg 试验、Romberg 加强试验、双脚趾站立、单腿站立及海绵垫上站立等;动态检查包括脚尖抵脚跟行走、快速转身及听口令行进停止。此外,力量评估、活动范围评估、知觉以及姿势控制能力评估也应引起关注^[23]。

3.5 知觉整合能力检查

人体大脑需整合视觉、前庭觉、本体觉系统提供的信息,对人体形态、姿势、活动等做出相应的调整^[26]。在不同的环境下,三种知觉系统交互影响,共同维持正常的姿势及活动。有很多种方法可以测试这种交互作用能力,最常用的有临床知觉整合及平衡能力测试(clinical test of sensory interaction and balance)、知觉整合能力测试(sensory organization test)、平衡评估系统测试(balance evaluation systems test)。

4 前庭功能障碍的康复

个体前庭功能评估结果解释告知,获得患者的信任,提高患者锻炼的依从性是 VR 的第一步。不同个体前庭功能状态不尽相同,制定个性化 VR 训练项目就显得比较复杂。患者通常根据康复师或医师提出的锻炼处方在家中自行锻炼,每天锻炼 2~3 次,每次 10~15 min。患者一般疏于锻炼,医护及家属需积极沟通,强调锻炼的重要性。

目前,针对头晕/眩晕、平衡障碍的治疗,提出 5 种类型的锻炼方式,分别是:适应训练、习服训练、

代偿训练、姿势控制训练、眼动训练。但并不是所有的患者都需要这 5 类训练。对于单侧前庭功能障碍患者,适应训练是一种可选择项,适应训练的目的在于尽可能减小视觉误差,强化 VOR 增益^[27]。VOR 锻炼需要患者视线紧盯不同背景(简单的白色背景逐渐至复杂的背景)下的视靶(距离或远或近),头部在水平及垂直方向上晃动,速度由慢及快,但必须保持视线紧盯视靶。如果恶心、头晕等不适症状可耐受,每次锻炼时间需持续 15~20 min。开始阶段可静止坐立时进行锻炼,之后逐渐在站立时、行走时进行锻炼,最后可以在多元条件下进行锻炼(如走路、说话或智力游戏时)。

患者经常被要求重复做一些易引起不适症状的动作或体位,目的是使症状“习惯化”,得以习服,进而改善功能。习服最常用的锻炼形式是眼动训练。

代偿锻炼通常用于单侧前庭功能丧失的患者,也有报道指出双侧前庭功能障碍患者进行扫视训练,以代偿丧失的 VOR 功能,使其振动幻视症状明显减轻^[28]。

有跌倒风险或行动不稳的患者通常进行姿势控制锻炼,比如不同速度行走练习、行走中急转身、行走伴头部水平及垂直方向晃动、一边行走一边说话或其他事情。

眼动训练应用于对视觉运动敏感的患者,该类患者通常会主诉在商场、火车站或广场等场所无法行走,伴头晕、恶心等不适症状。移动背景、闪光灯或虚拟现实技术已成功应用于眼动训练,可矫正由运动视觉诱发的不适症状。

VR 训练频率及持续时间没有明确规定,目前倾向于持续 4~6 周的治疗,即可取得一定效果,但对于双侧前庭功能障碍患者,康复时间要久一点。一般来讲,患者每天的锻炼时间为 45 min~1 h。

前庭损伤后,应在专业人员的指导下,尽早尽快进行 VR,及时进行评估,调整康复方案。考虑到本体觉、视觉等整体代偿作用,应疏解患者紧张、焦虑情绪,综合评估患者生活环境及功能状态,做到具有前瞻性的、结果可预测的 VR 过程^[27]。

5 影响 VR 的因素

外周性和(或)中枢性前庭功能障碍临床表现各异,单个医生或单个疾病诊断很容易影响之后的诊断及治疗,而合并视觉或本体觉系统病变使康复治疗更为棘手。康复师/医生在制定 VR 计划时需准确诊断及考虑到共患疾病,制定个性化的康复方案。伴有偏头痛的患者,除物理锻炼处方外,通常还需药物治疗干预;焦虑患者需要心理疏导,甚至药物治疗。影响 VR 的不利因素:外周神经病变(末梢感觉减退或丧失);偏头痛;认知障碍;焦虑;合并其他疾病(脊柱狭窄,背部/颈部疼痛,糖尿病,

肾病等);行动受限(偏瘫,头部/颈部固定);眼视光疾病(斜视,黄斑衰退,青光眼,白内障);强迫观念/强迫行为/强迫症;完美主义人格;朦胧模糊感;视觉刺激易诱发眩晕;消极心态;惧怕活动及跌倒。

现阶段,双侧前庭功能完全受损的患者将终身存在振动幻视及步态不稳的症状,虽然技术进步已经可以准确评估其双侧前庭功能受损程度,但其功能恢复的程度却非常有限^[29]。很多患者主诉当他们头部晃动后,会出现视觉模糊,感觉周围一切事物都在振动、跳动,而对此 VR 收效甚微。

6 存在的问题和展望

越来越多的研究证据表明,VR 对于前庭功能障碍的康复安全有效。前庭功能障碍患者长期得不到有效的治疗,可能会出现心理障碍,行动不能,惧怕跌倒,因此早期干预显得尤为重要。WHO 在国际疾病分类 ICD11 中增加了前庭疾病国际分类 ICVD11,进一步明确眩晕疾病症状、综合征及各个疾病分类,致力于制定更加完善的诊疗指南,规范眩晕疾病的诊治。眩晕和头晕相关疾病的解剖生理、发病机制的研究取得进展,前庭功能检测技术和仪器设备取得了突破性进展(不同频率、每个半规管和耳石器均可检测),眩晕疾病的精准诊断成为可能,这为精准治疗,包括精准康复奠定了基础。其他还有前庭康复基线评估、康复方案设计及选择策略、前庭代偿状况的精确评估等还需深入探讨,课题组正在开展此方面的研究,目的是使前庭损伤患者通过前庭康复实现 3 个终极目标:第一,老年人回归完全自理的生活状态;第二,中青年不仅能生活自理,还能回归到良好的学习和工作中;第三,飞行人员等特殊岗位人员不仅能地面生活自理、学习和工作自如,还能够重返蓝天或其他特殊岗位^[30-33]。

参考文献

- [1] HALL C D, COX L C. The role of vestibular rehabilitation in the balance disorder patient[J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2009, 42: 161-169.
- [2] HILLIER S L, MCDONNELL M. Vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular dysfunction[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2011, 93: 5397-5397.
- [3] AGRAWAL Y, CAREY J P, DELLA SANTINA C C, et al. Disorders of balance and vestibular function in US adults: data from the National Health and Nutrition Examination Survey, 2001-2004[J]. *Arch Intern Med*, 2009, 169: 938-938.
- [4] 李远军,徐先荣.前庭神经炎的研究进展[J]. *中华耳科学杂志*, 2016, 14(4): 515-520.
- [5] COHEN H S, KIMBALL K T. Increased independence and decreased vertigo after vestibular rehabilitation[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2003, 128: 60-

- 70.
- [6] MCDONNELL M N, HILLIER S L. Vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular dysfunction [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, 1; CD005397.
- [7] 王朝霞,徐先荣.前庭神经元炎的诊治与航空医学鉴定[J].*临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*,2017,31(8):650-654.
- [8] MANZARI L, BURGESS A M, MACDOUGALL H G, et al. Vestibular function after vestibular neuritis [J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2010, 28; 37-46.
- [9] SCHUBERT M C, ZEE D S. Saccade and vestibular ocular motor adaptation [J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2010, 28; 9-18.
- [10] HERDMAN S. Vestibular rehabilitation [M]. Philadelphia; F. A. Davis Company, 2000; 96-101.
- [11] PAVLOU M, LINGESWARAN A, DAVIES R A, et al. Simulator based rehabilitation in refractory dizziness [J]. *J Neurol*, 2004, 251; 983-995.
- [12] HERDMAN S J, SCHUBERT M C, DAS V E, et al. Recovery of dynamic visual acuity in unilateral vestibular hypofunction [J]. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 2003, 129; 819-824.
- [13] LACOUR M, HELMCHEN C, VIDAL P P. Vestibular compensation; the neuro-otologist's best friend [J]. *J Neurol*, 2016, 263; 54-64.
- [14] HORAK F B. Postural compensation for vestibular loss [J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2009, 1164; 76-81.
- [15] WHITNEY S L, ALGHWIRI A A, ALGHADIR A. An overview of vestibular rehabilitation [J]. *Handb Clin Neurol*, 2016, 137; 187-205.
- [16] RESSIOT E, DOLZ M, BONNE L, et al. Prospective study on the efficacy of optokinetic training in the treatment of seasickness [J]. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*, 2013, 130; 263-268.
- [17] MANTOKOUDIS G, SABER TEHRANI A S, WOZNAK A, et al. VOR gain by head impulse video-oculography differentiates acute vestibular neuritis from stroke [J]. *Otol Neurotol*, 2015, 36; 457-465.
- [18] COHEN H S, KIMBALL K T. Decreased ataxia and improved balance after vestibular rehabilitation [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2004, 130; 418-425.
- [19] ALSALAHEEN B A, WHITNEY S L, MUCHA A, et al. Exercise prescription patterns in patients treated with vestibular rehabilitation after concussion [J]. *Physiother Res Int*, 2013, 18; 100-108.
- [20] COWAND J L, WRISLEY D M, WALKER M, et al. Efficacy of vestibular rehabilitation [J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2000, 33; 659-672.
- [21] TEE L H, CHEE N W. Vestibular rehabilitation therapy for the dizzy patient [J]. *Ann Acad Med Singapore*, 2005, 34; 289-294.
- [22] GRILL E, BRONSTEIN A, FURMAN J, et al. International Classification of functioning, disability and health (ICF) core set for patients with vertigo, dizziness and balance disorders [J]. *J Vestib Res*, 2012, 22; 261-271.
- [23] FETTER M. Assessing vestibular function: which tests, when [J]? *J Neurol*, 2000, 247; 335-342.
- [24] COHEN H S. Disability and rehabilitation in the dizzy patient [J]. *Curr Opin Neurol*, 2006, 19; 49-54.
- [25] FURMAN J M, CASS S P, WHITNEY S L. Vestibular disorders: a case-study approach to diagnosis and treatment [M]. New York; Oxford University Press, 2010; 179-179.
- [26] SHUMWAY-COOK A, WOOLLACOTT M H. Motor control: translating research into clinical practice [M]. 4th ed. Philadelphia; Lippincott Williams & Wilkins, 2012; 595-629.
- [27] LACOUR M, BERNARD-DEMANZE L. Interaction between vestibular compensation mechanisms and vestibular rehabilitation therapy; 10 Recommendations for Optimal Functional Recovery [J]. *Front Neurol*, 2015, 5; 285-285.
- [28] SCHUBERT M C, HALL C D, DAS V, et al. Oculomotor strategies and their effect on reducing gaze position error [J]. *Otol Neurotol*, 2010, 31; 228-231.
- [29] LEWIS R F. Vestibular Prostheses Investigated in Animal Models [J]. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*, 2015, 77; 219-226.
- [30] 徐先荣,张扬,金占国.前庭功能与航空航天飞行[J].*中华航空航天医学杂志*,2007,16(3):29-31.
- [31] 徐先荣,熊巍.飞行人员眩晕的航空医学鉴定[J].*解放军医学院学报*,2011,32(9):879-882.
- [32] 熊巍,徐先荣,张扬,等.飞行人员前庭神经元炎的特点及医学鉴定[J].*军医进修学院学报*,2012,33(12):1209-1211.
- [33] 熊巍,徐先荣,郑军,等.飞行人员良性阵发性位置性眩晕的特点及航空医学鉴定[J].*解放军医学院学报*,2013,34(9):907-909.

(收稿日期:2017-07-07)