

凝视稳定训练对脑卒中偏瘫患者平衡功能和下肢运动功能的影响

程攀¹, 王本国¹, 李威², 郑杰¹, 秦艳霞¹, 李创国¹, 孟庆天¹

【摘要】 目的:观察凝视稳定训练对脑卒中偏瘫患者平衡功能和下肢运动功能的疗效。方法:将 58 例脑卒中偏瘫患者随机分为观察组和对照组各 29 例。对照组给予常规康复训练,观察组在此基础上加用凝视稳定训练。治疗前和治疗 6 周后分别采用 Berg 平衡量表(BBS)评定静态和动态平衡功能,动态步态指数(DGI)评定动态平衡功能,Balance-B 平衡评定与训练系统评定静态平衡功能和跌倒风险,Fugl-Meyer 运动评分量表中下肢部分(FMA-LE)评定下肢运动功能,Holden 步行功能分级(FAC)评定步行功能,改良 Barthel 指数(MBI)评定日常生活活动(ADL)能力。结果:治疗 6 周后,2 组患者 BBS、DGI、FMA-LE、FAC 和 MBI 均较治疗前显著提高($P < 0.01$),且观察组均高于对照组($P < 0.01, 0.05$);2 组患者 X 轴和 Y 轴重心偏移、X 轴和 Y 轴重心移动平均速度、重心移动总轨迹长和跌倒风险系数均较治疗前显著下降($P < 0.01$),且观察组均低于对照组($P < 0.01, 0.05$)。结论:凝视稳定训练能有效改善脑卒中偏瘫患者静态和动态平衡功能,降低跌倒风险,提高下肢运动功能、步行功能和 ADL 能力。

【关键词】 凝视稳定训练;前庭训练;脑卒中;平衡功能;下肢运动功能

【中图分类号】 R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2024.05.002

Effect of gaze stabilization training on balance function and lower extremity motor function in hemiplegic patients with stroke Cheng Pan, Wang Benguo, Li Wei, et al. Department of Rehabilitation Medicine, the Second Affiliated Hospital, School of Medicine, the Chinese University of Hong Kong, Shenzhen & Longgang District People's Hospital of Shenzhen, Shenzhen 518172, China

【Abstract】 Objective: To observe the effect of gaze stabilization training on balance function and lower extremity motor function in hemiplegic patients with stroke. **Methods:** A total of 58 stroke patients were randomly divided into an observation group ($n = 29$) and a control group ($n = 29$). Two groups were given conventional rehabilitation training, and the observation group received gaze stabilization training additionally. Berg Balance Scale (BBS) for static and dynamic balance function, dynamic gait index (DGI) for dynamic balance function, balance-B balance assessment and training system for static balance function and fall risk, Fugl-Meyer motor assessment (FMA-LE) for the lower extremity, functional ambulation classification (FAC) for walking function and modified Barthel index (MBI) for activities of daily living (ADL) were evaluated at the beginning and at the end of the 6th week of treatment course respectively. **Results:** After treatment of 6 weeks, BBS, DGI, FMA-LE, FAC and MBI were significantly improved as compared with those pre-treatment in both groups after treatment ($P < 0.01$), and those in the observation group were higher than in the control group ($P < 0.01, 0.05$); X-axis and Y-axis center of gravity deviation, average velocity of X-axis and Y-axis center of gravity movement, total trajectory length of center of gravity movement and fall risk coefficient significantly decreased compared to those before treatment ($P < 0.01$), and those in the observation group were lower than in the control group ($P < 0.01, 0.05$). **Conclusion:** Gaze stabilization training in the treatment for stroke patients can improve the static and dynamic balance function, reduce the fall risk, improve the motor function of lower extremity, walking function and activities of daily living.

【Key words】 gaze stabilization training; vestibular training; stroke; balance function; lower extremity motor function

脑卒中偏瘫患者最常见的功能障碍是平衡功能和

下肢运动功能障碍,这导致患者发病 6 个月内跌倒发生率高达 73%^[1],严重影响患者的步行能力和生活质量,增加家庭和社会负担。凝视稳定训练是前庭训练的主要方法,目前国内外将前庭训练应用于外周前庭疾病和中枢神经系统疾病,其疗效越来越在研究中证实,但对脑卒中患者下肢运动功能的疗效尚有争议^[2]。研究表明^[3],凝视稳定训练能改善脑卒中患者的平衡

基金项目:深圳市龙岗区经济与科技发展专项资金医疗卫生科技计划项目(LGKCYCWS2020059)

收稿日期:2023-12-11

作者单位:1. 香港中文大学(深圳)附属第二医院 & 深圳市龙岗区人民医院康复医学科,深圳 518172;2. 自贡市第一人民医院康复医学科,四川自贡 643000

作者简介:程攀(1987-),男,主管技师,主要从事康复治疗方面的研究。

通讯作者:王本国,1803849138@qq.com

功能,但对下肢运动功能的研究较少。本研究旨在探讨凝视稳定训练对脑卒中偏瘫患者平衡功能和下肢运动功能的疗效,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2020年10月~2022年12月在我院康复科住院的脑卒中患者。诊断符合1995年全国脑血管病学术会议制定的诊断标准^[4],第一诊断为单侧肢体偏瘫的初发脑卒中患者,经CT或MRI检查证实,患者或家属已自愿签署知情同意书。纳入标准:年龄40~70岁,病程≤3个月;患侧下肢Brunnstrom分期II级及以上;患者生命体征稳定,无严重认知障碍,能理解简单的指令并执行;无严重心、肾、肝和肺等脏器疾病和前庭病史。排除标准:耳石症或眩晕症;pusher综合征;视觉或听觉障碍;并发严重器官疾病或全身性疾病,影响康复训练;训练不配合。剔除和脱落标准:未按研究方案治疗或中途放弃;发生严重情况并导致不能完成研究。将符合入选条件的58例患者,预实验中,分别使用常规康复训练和在此基础上加用凝视稳定训练各治疗6例脑卒中偏瘫患者,按Berg平衡量表评分对治疗前和治疗6周后进行评定,2组分差均值 $\bar{X}_1=7.167, \bar{X}_2=6.167$,样本总标准差 $S=1.080$,因总体标准差未知,则用 $\sigma=S$ 代替。应用样本量估计公式 $n=2[(Z_{\alpha/2}+Z_{\beta})\alpha/\delta]^2$ 计算^[5], n 代表每组样本量, α, β 取常用值, $\alpha=0.05, \beta=0.1$,则 $Z_{\alpha/2}=1.960, Z_{\beta}=1.282$ 。2组样本均数的差值 $\delta=\bar{X}_1-\bar{X}_2=1.000$,将以上数据代入公式,得 $n=24.533$,预计脱落率15%,故2组各预计收集患者29例,共58例。将患者按入院先后顺序编号,并采用随机数字表法分为观察组29例,对照组29例。研究过程中观察组有2例患者因中途未按研究方案治疗而退出,对照组有1例患者因非健康问题中途放弃而退出。2组患者性别、年龄、病程、病变侧及病变性质基本情况均无统计学差异,具有可比性,见表1。本研究经深圳市龙岗区人民医院伦理委员会批准(2020115)。

1.2 方法

1.2.1 常规康复训练 2组均接受常规康复训练,根据患者情况制定个体化训练方案,循序渐进。以神经发

育疗法为主,包括躯干核心稳定性训练、下肢肌张力控制、肌力及耐力训练、重心转移训练、平衡训练、步态训练和日常生活活动(activities daily living, ADL)能力训练等。对照组每天1次,每次80min,每周5d,共6周。观察组每天1次,每次40min,每周5d,共6周。

1.2.2 凝视稳定训练^[6,7] 观察组接受常规康复训练的同时再加上凝视稳定训练,方法如下:①前庭眼反射(vestibulo-ocular reflex, VOR)适应训练:将靶正对患者前方2m处,患者双眼凝视靶心,嘱患者头部分别做左右和上下运动,要求患者先坐后站,运动先慢后快,运动幅度先小后大,共训练10min;②头眼训练:将靶正对患者前方2m处,患者双眼凝视靶心,嘱患者闭眼后头部分别做左右和上下运动,并想象自己依旧凝视靶心,睁眼查看是否依旧凝视靶心,如不能则调整目光重复训练,要求患者先坐后站,运动先慢后快,运动幅度先小后大,共训练10min;③扫视训练:将靶正对患者前方2m处,嘱患者凝视靶标中某位置,头部静止不动,眼睛以最快速度向与靶心对称的位置快速扫视,要求患者先坐后站,目光扫视方向顺时针沿靶心四周,目光扫视幅度先小后大,共训练9min;④平滑追踪训练:将靶正对患者前方2m处,患者头部静止不动,嘱其双眼持续凝视并追踪靶标上匀速运动的光点,要求患者先坐后站,光点沿靶心四周运动,光点运动幅度先小后大,共训练8min。在保护患者安全下,上述训练依据患者情况可以提供一定辅助至单独训练,慢慢增加难度,每种训练完成后休息1min,如出现眩晕、恶心等其他严重情况则需立即处理,每天1次,每次40min,每周5d,共6周。

1.3 评定标准

1.3.1 平衡功能和跌倒风险 ①采用Berg平衡量表(Berg balance scale, BBS)评定平衡功能,得分越高,表示平衡功能越好。②采用动态步态指数(dynamic gait index, DGI)评定动态平衡功能^[8],得分越高,表示平衡功能越好。③采用Balance-B平衡评定与训练系统评定静态平衡功能和跌倒风险,其中静态平衡功能包括重心偏移(X轴重心偏移和Y轴重心偏移)、重心移动平均速度(X轴重心移动平均速度和Y轴重心移动平均速度)和重心移动总轨迹长。测试参数:X轴

表1 2组一般资料比较

组别	n	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	病程 (d, $\bar{x} \pm s$)	病变侧(例)		病变性质(例)	
		男	女			右侧	左侧	脑梗死	脑出血
对照组	28	15	13	56.64±7.78	46.75±13.74	12	16	11	17
观察组	27	11	16	53.55±6.83	49.89±15.63	13	14	9	18
χ^2/t		0.908		-1.562	0.792	0.155		0.210	
P		0.341		0.124	0.432	0.694		0.646	

和 Y 轴重心偏移(以原点为 0,数值取 X 或 Y 轴上最大值的绝对值,越靠近原点,数值越小,平衡功能越好),X 轴和 Y 轴重心移动平均速度(平均速度越小,平衡功能越好),重心移动总轨迹长(长度越小,平衡功能越好),跌倒风险系数(系数范围 0~1,越接近 0 风险越小,平衡功能越好)。

1.3.2 下肢运动功能 采用 Fugl-Meyer 运动功能评定量表中的下肢部分(Fugl-Meyer motor assessment scale, FMA-LE)评定,共 17 项,每项 0~2 分,最高 34 分,得分越高,表示下肢运动功能越好。

1.3.3 步行功能 采用 Holden 步行功能分级(functional ambulation classification, FAC)评定,分 0~5 级,将其分别对应 0~5 分,得分越高,表示步行功能越好。

1.3.4 ADL 能力 采用改良 Barthel 指数(modified Barthel index, MBI)评定^[9],共 10 项,最高 100 分,得分越高,表示 ADL 能力越好。

1.4 统计学方法 统计学分析采用 IBM SPSS Statistics 26.0 进行分析,数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示。计数资料采用 χ^2 检验,组内计量资料比较采用配对 t 检验,组间计量资料比较采用独立样本 t 检验,非参数比较采用秩和检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

治疗 6 周后,2 组患者 BBS、DGI、FMA-LE、FAC 和 MBI 均较治疗前显著提高($P < 0.01$),且观察组均高于对照组($P < 0.01, 0.05$);2 组患者 X 轴和 Y 轴重

心偏移、X 轴和 Y 轴重心移动平均速度、重心移动总轨迹长和跌倒风险系数均较治疗前显著下降($P < 0.01$),且观察组均更低于对照组($P < 0.01, 0.05$)。见表 2~6。

3 讨论

本研究结果显示,治疗 6 周后,观察组患者 BBS、DGI、X 轴和 Y 轴重心偏移、X 轴和 Y 轴重心移动平均速度、重心移动总轨迹长、跌倒风险系数、FMA-LE、FAC 和 MBI 均优于对照组($P < 0.01, 0.05$)。该结果表明,凝视稳定训练能有效改善脑卒中偏瘫患者静态和动态平衡功能,降低跌倒风险,提高下肢运动功能、步行功能和 ADL 能力,且治疗效果优于常规康复训练。脑卒中偏瘫后,由于患侧躯干肌张力异常和两侧运动不协调,造成躯干核心不稳定,并且,由于患侧下肢肌张力异常,肌力下降,使患侧下肢关节稳定性下降,严重影响患者平衡功能和步行功能,增加跌倒风险^[10]。研究发现^[11],受试者站在牢固表面时,平衡能力依赖 70% 本体感觉、20% 前庭觉和 10% 视觉,但当周围环境改变时,感觉权重会有所变化。付奕等^[12]认为,通过感觉组织测试发现,脑卒中患者的本体觉、前庭觉和视觉较正常人均不同程度的降低,患者利用这些感觉信息调节平衡能力均下降。舒馨馨等^[13]发现,通过计算机动态姿势描记术评估脑卒中患者感觉整合发现,相比本体感觉和视觉,前庭觉进行姿势控制的能力受损最严重,患者身体空间位置调整能力障碍,平衡功能和下

表 2 2 组患者 BBS 和 DGI 评分治疗前后比较

分, $\bar{x} \pm s$

组别	n	BBS				DGI			
		治疗前	治疗后	t/Z	P	治疗前	治疗后	Z	P
对照组	28	41.25±4.73	46.39±4.49	-23.757	<0.01	9.32±0.98	14.93±1.61	-4.666	<0.01
观察组	27	40.78±5.71	48.89±3.23	-4.550	<0.01	9.22±1.12	19.19±1.82	-4.568	<0.01
t/Z		-0.334	-2.104			-0.532	-5.835		
P		0.739	0.035			0.595	<0.01		

表 3 2 组患者重心偏移结果治疗前后比较

mm, $\bar{x} \pm s$

组别	n	X 轴重心偏移				Y 轴重心偏移			
		治疗前	治疗后	t/Z	P	治疗前	治疗后	t/Z	P
对照组	28	25.35±5.61	8.69±2.10	21.401	<0.01	21.86±5.92	8.95±1.85	14.747	<0.01
观察组	27	25.81±6.35	7.17±2.25	-4.541	<0.01	22.36±7.08	5.82±1.80	-4.541	<0.01
t/Z		-0.320	-2.579			-0.311	-6.353		
P		0.749	0.013			0.755	<0.01		

表 4 2 组患者重心移动平均速度治疗前后比较

mm/s, $\bar{x} \pm s$

组别	n	X 轴重心移动平均速度				Y 轴重心移动平均速度			
		治疗前	治疗后	Z	P	治疗前	治疗后	Z	P
对照组	28	2.05±0.93	1.15±0.38	-4.650	<0.01	1.85±0.79	1.25±0.42	-4.631	<0.01
观察组	27	2.23±1.16	0.61±0.20	-4.545	<0.01	2.04±0.96	0.89±0.26	-4.548	<0.01
t/Z		-0.169	-6.647			-0.540	-3.901		
P		0.866	<0.01			0.589	<0.01		

表5 2组患者重心移动总轨迹长和跌倒风险系数治疗前后比较

$\bar{x} \pm s$

组别	n	重心移动总轨迹长(mm)				跌倒风险系数			
		治疗前	治疗后	t	P	治疗前	治疗后	t	P
对照组	28	86.03±12.87	38.84±5.01	24.684	<0.01	0.32±0.05	0.09±0.03	36.142	<0.01
观察组	27	87.46±13.70	29.05±5.25	29.138	<0.01	0.33±0.05	0.05±0.02	34.849	<0.01
t		0.397	-7.080			0.736	-6.422		
P		0.693	<0.01			0.465	<0.01		

表6 2组患者FMA-LE、FAC和MBI评分治疗前后比较

分, $\bar{x} \pm s$

组别	n	FMA-LE				FAC				MBI			
		治疗前	治疗后	Z	P	治疗前	治疗后	Z	P	治疗前	治疗后	t/Z	P
对照组	28	22.36±1.13	27.43±1.83	-4.651	<0.01	2.25±0.59	3.04±0.88	-4.119	<0.01	66.18±8.75	74.11±7.83	-4.607	<0.01
观察组	27	22.22±1.45	29.33±1.94	-4.574	<0.01	2.26±0.71	3.59±0.69	-4.730	<0.01	65.33±10.06	80.85±5.96	-15.996	<0.01
t/Z		-0.529	-3.273			-0.029	-2.606			-0.333	-3.246		
P		0.597	0.001			0.977	0.009			0.741	0.001		

肢运动功能下降,这与 Danilov 等^[14]的研究结果相似,因此,需要重视脑卒中患者前庭训练,以改善平衡功能和下肢运动功能。

前庭训练的方法包括凝视稳定训练、习服练习和姿势稳定训练^[7],本研究采用的坐和站立位下通过头、眼运动训练凝视稳定,以此刺激前庭系统。研究显示^[7],VOR是凝视稳定的一个重要机制,主要是一个三神经元反射弧,从半规管到前庭核,再到眼外肌,引起眼球运动,稳定眼睛在空间的位置,改善视动刺激^[15]。产生明显的VOR适应需要头部运动和视觉刺激,VOR增加或减少取决于视觉目标运动与头部运动的关系,在头部转动过程中,视觉目标追随移动的速度与头部转动速度不同时,VOR就会发生适应性改变。当患者坐或站时,双眼凝视靶心,头部左右和上下运动,此时,视觉目标与头部转动方向相反,这会增强VOR^[16],从而使头部在运动时,图像能更好的稳定在视网膜上,改善凝视稳定和视敏度^[17]。当患者闭目切断视觉输入时,想象自己依旧凝视靶心,转动头部,这会增加VOR适应难度,使VOR学习巩固成为可能^[18]。Das等^[19]发现,没有头部运动时,受试者眼球扫视和平滑追踪能启动VOR适应和增加VOR。并且,由于脑卒中后,患者前庭信息处理能力下降^[3],VOR功能缺陷,患者头部转动时凝视稳定和视敏度不足^[17],此时,大脑会主动控制眼球转动形成扫视替代和升级平滑追踪系统来补偿VOR不足。本研究中VOR适应训练、头眼训练、扫视训练和平滑追踪训练都会使VOR增强,产生更好的VOR适应,使凝视稳定^[20]。此外,头部运动速度的快慢和运动幅度的大小变化会刺激半规管和耳石器的感觉输入,使头部在运动时视觉获得更稳定的图像和清晰的视野,改善凝视稳定性,稳定头部,从而改善身体稳定极限^[21],提高身体静态和动态平衡功能,降低重心在X和Y轴上偏移和移动平均速度,缩短重心移动总轨迹长,减少跌倒发生。

文献报道^[3],前庭训练对脑卒中患者下肢运动功能改善不明显。龙耀斌^[22]认为,前庭训练能提高偏瘫患者下肢运动功能。故需对前庭训练治疗脑卒中患者下肢运动功能进一步研究,本研究表明,治疗6周后,观察组患者较对照组下肢运动功能显著提高。由于偏瘫后患侧下肢关节本体感觉下降,来自踝部的本体觉变得不可靠,人体需更多依赖前庭信息,激活髌策略^[23]。Allum等^[24]发现,无论是睁眼还是闭眼,头部运动越活跃,前庭信息越强,髌策略越易激活,此时,比目鱼肌和胫前肌肌肉反应幅度变大,肌力提高,交互抑制变好,患者踝关节更灵活,使患者动态平衡功能改善^[25],此外,输入的前庭信息能使患者身体肌肉维持抗重力张力,增强双下肢伸肌活动,提高下肢支撑力^[24]。Shumway-Cook等^[26]认为,相对于本体觉和视觉,前庭信息对身体运动位置能给出更准确的估计,中枢神经系统应更多地依赖前庭信息。赵若欣等^[15]发现,凝视稳定训练能改善脑卒中患者患腿支撑和重心转移能力,提高步态稳定性。郭启程等^[27]表示,脑卒中患者躯干平衡能给四肢主动运动提供力的稳定支撑点,使双下肢能在神经支配下完成正常运动模式而非低效的异常运动模式,从而提高下肢运动功能。Haruyama等^[28]认为,更好的平衡功能可提高脑卒中患者的下肢运动功能和步行能力。本研究中的凝视稳定训练是将患者的前庭觉与本体觉、视觉相结合实施,并使之整合,以帮助中枢神经系统更好地评估身体运动位置和重力信息^[7],使头部、躯干和四肢适应相互对应位置^[21],矫正身体生物力线,改善体位策略^[24],改善躯干核心稳定和姿势控制^[29],提高平衡功能,并且,平衡功能的改善能将运动更好地传导至下肢,加快力量传递和控制,使肌肉完成最佳做功,为下肢运动提供支点,提高下肢运动效率和功能^[30],改善步行功能^[31-32],降低跌倒风险,改善ADL能力^[33-34],此时也表明前庭训练对脑卒中患者下肢运动功能有效。需注意的是,文献显示^[7],为更好地诱发脑卒中患者平衡功

能和下肢运动功能,以期将前庭觉整合本体觉和视觉,除需应用凝视稳定训练外,还可根据患者情况添加习服练习和视觉与前庭信号相结合的动态姿势稳定练习来加强效果,完善前庭训练方案,这值得深入研究。

综上所述,凝视稳定训练能有效改善脑卒中偏瘫患者静态和动态平衡功能,降低跌倒风险,提高下肢运动功能、步行功能和 ADL 能力,这值得临床推荐。值得注意的是,在今后研究中,可以将头、眼运动与一种或多种姿势运动相结合应用于偏瘫患者,这可能会更优的诱发身体运动功能^[7]。此外,本研究尚未对患者进行长期追踪,故可对其远期疗效进一步研究。

【参考文献】

- [1] Oliveira CB, Medeiros iRT, Greters MG, et al. Abnormal sensory integration affects balance control in hemiparetic patients within the first year after stroke[J]. Clinics (Sao Paulo),2011,66(12):2043-2048.
- [2] 宋宁,祁晓媛,张赛,等.前庭康复的临床研究进展[J].中华医学杂志,2021,101(26):2091-2094.
- [3] 汪奕鸣,张伟明,仲颖.外周前庭训练对脑卒中恢复期患者平衡功能的影响[J].中国康复,2022,37(8):460-463.
- [4] 中华医学会神经病学分会.各类脑血管病诊断要点[J].中华神经科杂志,1996,29(6):379-381.
- [5] 罗磊.PNF牵伸术治疗运动员髌腱围炎的疗效观察[J].北京体育大学学报,2015,38(1):63-67.
- [6] Hall CD, Herdman SJ, Whitney SL, et al. Vestibular rehabilitation for peripheral vestibular hypofunction: an evidence-based clinical practice guideline: from the American Physical Therapy Association Neurology Section [J]. J Neurol Phys Ther,2016,40(2):124-155.
- [7] Herdman SJ, Clendaniel RA. 吴子明,译.前庭康复[M].第4版.郑州:河南科学技术出版社,2018:19-26,27-43,330-359.
- [8] Whitney SL, Hudak MT, Marchetti GF. The dynamic gait index relates to self-reported fall history in individuals with vestibular dysfunction [J]. J Vestib Res,2000,10(2):99-105.
- [9] 闵瑜,吴媛媛,燕铁斌,改良 Barthel 指数(简体中文版)量表评定脑卒中患者日常生活活动能力的效度和信度研究[J].中华物理医学与康复杂志,2008,30(3):185-188.
- [10] 何蕾,柴双双,陈亚平.平衡评估训练系统对脑卒中后平衡功能的康复效果[J].中国康复理论与实践,2021,27(7):760-764.
- [11] Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control [J]. J Neurophysiol,2002,88(3):1097-1118.
- [12] 付奕,谢丽君,丘卫红,等.感觉系统障碍对脑卒中平衡能力的影响[J].中国康复理论与实践,2011,17(10):983-985.
- [13] 舒馨馨,应羽洲,俞红,等.重复经颅磁刺激联合动态姿势控制训练改善脑卒中后姿势控制障碍的作用影响[J].中国康复,2022,37(12):751-754.
- [14] Danilov YP, Tyler ME, Skinner KL, et al. Efficacy of electrotactile vestibular substitution in patients with peripheral and central vestibular loss [J]. J Vestib Res,2007,17(2-3):119-130.
- [15] 赵若欣,鲁俊,刘欣荣,等.凝视稳定训练对脑卒中患者平衡功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2022,44(8):690-694.
- [16] Eggers SD, Pennington ND, Walker MF, et al. Short-term adaptation of the VOR: non-retinal-slip error signals and saccade substitution [J]. Ann N Y Acad Sci,2003,1004:94-110.
- [17] Schubert MC, Hall CD, Das V, et al. Oculomotor strategies and their effect on reducing gaze position error [J]. Otol Neurotol,2010,31(2):228-231.
- [18] Hirata Y, Lockard JM, Highstein SM. Capacity of vertical VOR adaptation in squirrel monkey [J]. J Neurophysiol,2002,88(6):3194-3207.
- [19] Das VE, DellOsso LF, Leigh RJ. Enhancement of the vestibulo-ocular reflex by prior eye movements [J]. J Neurophysiol,1999,81(6):2884-2892.
- [20] Pimenta C, Correia A, Alves M, et al. Effects of oculomotor and gaze stability exercises on balance after stroke: clinical trial protocol [J]. Porto Biomed J,2017,2(3):76-80.
- [21] Riach CL, Starkes JL. Stability limits of quiet standing postural control in children and adults [J]. Gait Posture,1993,1(2):105-111.
- [22] 龙耀斌.简易旋转椅在脑卒中患者平衡训练中的运用[J].广西医科大学学报,2008,25(1):128-129.
- [23] Nashner LM, Black FO, Wall C. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits [J]. J Neurosci,1982,2(5):536-544.
- [24] Allum JH, Honegger F, Schicks H. Vestibular and proprioceptive modulation of postural synergies in normal subjects [J]. J Vestib Res,1993,3(1):59-85.
- [25] 张洋浔,张潇洋,容永豪,等.前庭代偿机制与前庭康复治疗[J].中华医学杂志,2021,101(26):2095-2098.
- [26] Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction of balance: suggestions from the field [J]. Phys Ther,1986,66(10):1548-1550.
- [27] 郭启程,王亚娟,赵潇潇,等.脑卒中患者平衡及步行能力的康复训练研究进展[J].中国康复,2022,37(7):435-439.
- [28] Haruyama K, Kawakami M, Otsuka T. Effect of core stability training on trunk function, standing balance, and mobility in stroke patients: a randomized controlled trial [J]. Neurorehabil Neural Repair,2017,31(3):240-249.
- [29] 王璟,迟放鲁.《前庭康复专家共识》解读[J].中国耳鼻咽喉科杂志,2022,22(6):655-657.
- [30] 荣积峰,郑洁皎,邓梅葵,等.腰背肌抗阻训练对脑卒中后平衡功能和下肢运动功能的临床疗效观察[J].中国康复医学杂志,2021,36(9):1089-1093.
- [31] Tramontano M, Bergamini E, Losa M, et al. Vestibular rehabilitation training in patients with subacute stroke: a preliminary randomized controlled trial [J]. Neurorehabil,2018,43(2):247-254.
- [32] Tsubasa M, Takeshi I, Ryo T. The effects of vestibular rehabilitation on gait performance in patients with stroke: a systematic review of randomized controlled trials [J]. J Stroke Cerebrovasc Dis,2020,29(11):105-214.
- [33] 刘程,吴嫒,王梦奇,等.基于前庭-眼反射的凝视稳定训练提高老年人平衡功能的研究[J].中国康复,2023,38(9):548-551.
- [34] 赵若欣,鲁俊,刘欣荣,等.前庭康复治疗的研究现状与应用[J].中国康复,2022,37(4):240-243.