

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2023.16.036

上肢康复机器人联合等速肌力训练对脑卒中恢复期偏瘫患者的康复效果研究*

唐泽文¹ 许方军¹ 秦成义¹ 穆 勇¹ 陈冬冬¹ 左陈艺²

(1 合肥市第二人民医院康复医学科 安徽 合肥 230000; 2 安徽城市管理职业学院健康养老学院 安徽 合肥 230000)

摘要 目的:探讨等速肌力训练联合上肢康复机器人在脑卒中恢复期偏瘫患者中的应用效果。方法:根据随机数字表法,将 2020 年 1 月-2022 年 12 月期间合肥市第二人民医院收治的 136 例脑卒中恢复期偏瘫患者分为对照组($n=68$,等速肌力训练)与观察组($n=68$,等速肌力训练联合上肢康复机器人干预)。两组均干预 3 周,观察两组 Fugl-Meyer 上肢运动功能量表(FMA-UL)评分、改良 Barthel 指数(MBI)评分、偏瘫 Brunnstrom 分级、表面肌电图相关指标和生活质量评分变化情况。结果:观察组干预 3 周后 FMA-UL、MBI 评分高于对照组($P<0.05$)。观察组干预 3 周后 IV 级患者例数多于对照组($P<0.05$)。观察组干预 3 周后肱二头肌、肱三头肌、三角肌前束、三角肌中束的均方根值(RMS)和积分肌电值(iEMG)高于对照组($P<0.05$)。观察组干预 3 周后生理职能、躯体疼痛、生理功能、总体健康、精神健康、活力、情感职能、社会功能各维度评分高于对照组($P<0.05$)。结论:脑卒中恢复期偏瘫患者经等速肌力训练、上肢康复机器人联合干预,可促进偏瘫上肢肌肉激活和运动单位募集同步化,改善上肢肌力,提高患者的生活质量。

关键词: 等速肌力训练;上肢康复机器人;脑卒中;偏瘫;康复效果

中图分类号:R743 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2023)16-3183-04

Study on the Rehabilitation Effect of Upper Limb Rehabilitation Robot Combined with Isokinetic Muscle Strength Training on Hemiplegic Patients During Stroke Recovery*

TANG Ze-wen¹, XU Fang-jun¹, QIN Cheng-yi¹, MU Yong¹, CHEN Dong-dong¹, ZUO Chen-yi²

(1 Department of Rehabilitation Medicine, The Second People's Hospital of Hefei, Hefei, Anhui, 230000, China;

2 Anhui City Management College Health and Elderly Care College, Hefei, Anhui, 230000, China)

ABSTRACT Objective: To explore the application effect of isokinetic muscle strength training combined with upper limb rehabilitation robot on hemiplegic patients during stroke recovery. **Methods:** According to random number table method, 136 cases of hemiplegic patients during stroke recovery who were admitted to the Second People's Hospital of Hefei from January 2020 to December 2022 were divided into control group ($n=68$, isokinetic muscle strength training) and observation group ($n=68$, isokinetic muscle strength training combined with upper limb rehabilitation robot intervention). Intervention for 3 weeks in both groups, and the changes of Fugl-Meyer Upper Limb Motor Function Scale (FMA-UL) score, modified Barthel index (MBI) score, Brunnstrom grade of hemiplegia, surface electromyography related indexes and quality of life score were observed in both groups. **Results:** 3 weeks after intervention, FMA-UL and MBI scores in the observation group were higher than those in the control group($P<0.05$). 3 weeks after intervention, the number of grade IV patients in the observation group was more than that in the control group ($P<0.05$). 3 weeks after intervention, the root mean square (RMS) and integrated electromyography (iEMG) values of bicipital muscle of arm, triceps muscle of arm, anterior deltoid and middle deltoid fascicles in observation group were higher than those in control group ($P<0.05$). 3 weeks after intervention, the scores of physiological function, physical pain, physiological function, general health, mental health, vitality, emotional function and social function in the observation group were higher than those in the control group ($P<0.05$). **Conclusion:** The combined intervention of isokinetic muscle strength training and upper limb rehabilitation robot on hemiplegic patients during stroke recovery can promote muscle activation in the upper limb of hemiplegia and the synchronization of motor unit recruitment, improve upper limb muscle strength, and improve the quality of life of patients.

Key words: Isokinetic muscle strength training; Upper limb rehabilitation robot; Stroke; Hemiplegia; Rehabilitation effect

Chinese Library Classification(CLC): R743 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2023)16-3183-04

* 基金项目:安徽省高等学校自然科学研究项目(KJ2021A1503)

作者简介:唐泽文(1983),男,本科,主治医师,研究方向:康复医学,E-mail: tangzewen0401@163.com

(收稿日期:2023-01-30 接受日期:2023-02-25)

前言

脑卒中是一种因脑血管阻塞导致血液不能流入大脑或脑血管突然破裂导致脑组织损伤的疾病^[1]。随着医疗技术的不断进步,脑卒中的死亡率有所下降,但其致残率仍居高不下,部分脑卒中患者在恢复期仍存在不同程度的运动功能障碍,其中以偏瘫较为常见^[2]。偏瘫是指位于同一侧上、下肢体瘫痪,常伴有同侧中枢性面瘫和舌瘫,严重者无法站立,导致患者的生活质量下降^[3]。等速肌力训练是一种依赖机器的特殊运动方式,是指通过测定反映肌肉负荷的系列参数,由机器提供相匹配的阻力,从而进行运动的一种训练方法,既往用于脑卒中恢复期偏瘫干预,可在一定程度上改善患者的临床症状,但也存在训练过程乏味、康复效果欠佳等不足^[4]。随着智能化社会的不断发展,智能化设备辅助治疗已逐渐应用于临床康复中^[5]。上肢康复机器人是一类可以提供重复性、高强度以及特定任务的交互式智能化辅助治疗设备,常应用于脑卒中患者的上肢康复治疗^[6,7]。本研究通过探讨脑卒中恢复期偏瘫患者经等速肌力训练、上肢康复机器人联合干预后的康复效果,以期临床干预提供更多依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2020 年 1 月-2022 年 12 月期间合肥市第二人民医院收治的 136 例脑卒中恢复期偏瘫患者。纳入标准:(1)脑卒中的诊断参考《各类脑血管疾病诊断要点》制定的标准^[8],均经头颅计算机断层扫描(CT)或磁共振成像(MRI)确诊;(2)处于脑卒中恢复期,偏瘫病程<12 个月;(3)患者或家属知情本研究并签署同意书;(4)均为首次发病,单侧偏瘫;(5)患者上肢 Brunnstrom 分级 III 级和 IV 级。排除标准:(1)存在明显的认知功能障碍,不能配合完成体格检查;(2)既往患有脑器质性疾病;(3)合并偏瘫侧肢体骨折;(4)严重肝肾肾功能损伤;(5)合并严重感染者;(6)脑寄生虫病、脊髓损伤等疾病引起肢体功能障碍。本研究经合肥市第二人民医院伦理委员会批准进行。

根据随机数字表法将所有患者分为对照组($n=68$,等速肌力训练)与观察组($n=68$,等速肌力训练联合上肢康复机器人干预)。其中对照组年龄 39~79 岁,平均(54.62 ± 4.37)岁;男 46 例,女 22 例;脑卒中类型:脑出血 31 例,脑梗死 37 例;病程 1~10 月,平均(7.26 ± 0.69)月;偏瘫侧别:左侧 36 例,右侧 32 例。观察组年龄 41~77 岁,平均(54.31 ± 5.28)岁;男 40 例,女 28 例;脑卒中类型:脑出血 30 例,脑梗死 38 例;病程 2~11 月,平均(7.22 ± 0.57)月;偏瘫侧别:左侧 34 例,右侧 34 例。两组一般资料比较无差异($P>0.05$),具有可比性。

1.2 治疗方法

两组均给予降糖、稳定斑块、神经营养、稳定血压、改善循环、调脂等基础药物治疗,同时进行常规康复训练,包括常规物理治疗、良肢位摆放、关节主动和被动活动、辅具使用、坐位、站立及步行训练、言语及吞咽康复训练等。对照组在此基础上接受等速肌力训练,采用 IsoMed 2000 等速肌力测试训练系统(德国 D&R Ferstl 公司生产)进行康复训练。患者取端坐位,固定躯干、下肢,伸直肘关节,前臂旋前 80° ,动力仪动力轴轴心

对准肩峰部位,将腕关节固定于测试操纵杆把手上;预备体位肩关节屈伸 0° ,设置等速训练角速度 $60^\circ/\text{s}$,设定活动范围屈 160° 、伸 30° ,6 个屈伸动为 1 轮,每次进行 4~6 轮。每天共训练 40 min,一天 1 次,一周 6 次,持续训练 3 周。观察组在对照组的基础上联合上肢康复机器人辅助干预,本研究选择 A2 上肢智能反馈训练系统(广州一康医疗设备实业有限公司生产)。治疗时,患者坐于机器人的显示屏前面,将患者的患肢固定在末端执行器上,平视显示器。A2 上肢智能反馈训练系统上设置好合适的训练参数,同时规范患者的训练动作。显示器上显示的是模拟的场景,会出现一棵有很多红苹果的苹果树,要求患者将苹果逐一采摘并运送到制定的篮筐内,期间苹果的采摘及运送过程则需要患者对患肢的控制,患者通过控制自己上肢的运动,来将红苹果移动到目标物的位置处。观察组每次训练 30 min,每天 1 次,一周 6 次,持续干预 3 周。

1.3 观察指标

(1)干预前、干预 3 周后采用 Fugl-Meyer 上肢运动功能量表(FMA-UL)^[9]和改良 Barthel 指数(MBI)^[10]评估患者的上肢功能恢复情况和日常生活活动能力。FMA-UL 共 33 个项目,满分 66 分,得分越高表明患者上肢运动功能越理想。MBI 主要包括如厕、修饰、步行活动、大便控制、洗澡、穿衣、床椅转移、上下楼梯、进食、小便控制等 10 个评分项目。满分为 100 分,得分越高表示日常生活活动能力越好。(2)干预前、干预 3 周后采用偏瘫 Brunnstrom 分级评定法^[11]评估患者的上肢功能恢复情况。偏瘫 Brunnstrom 分级评定法包括 6 个阶段:I 级:完全性瘫痪;II 级:出现联带运动模式和痉挛;III 级:联带运动模式达到高峰,痉挛加重;IV 级:出现部分分离运动,痉挛开始减弱;V 级:分离运动为主;VI 级:几乎恢复正常。评估级别越高,代表运动功能越好。(3)干预前、干预 3 周后采用生物刺激反馈仪(南京伟思医疗科技股份有限公司提供,型号规格:MyoTrac-SA9800)测量两组患者患侧上肢三角肌前束、肱三头肌、三角肌中束、肱二头肌最大等长收缩时的表面肌电图,表面肌电图包括均方根值(RMS)和积分肌电值(iEMG)。(4)干预前、干预 3 周后采用健康调查量表(SF-36)评估患者的生活质量^[12]。SF-36 包括生理职能、躯体疼痛、生理功能、总体健康、精神健康、活力、情感职能、社会功能,每个维度各为 100 分,得分越高,患者生活质量越好。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 进行数据的处理,计数资料采用 $n(\%)$ 表示,实施 χ^2 检验。偏瘫 Brunnstrom 分级情况等等级资料采用秩和检验。计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示,实施 t 检验。 $\alpha=0.05$ 被设置为检验标准。

2 结果

2.1 两组 FMA-UL、MBI 评分对比

两组干预前 FMA-UL、MBI 评分组间对比无差异($P>0.05$)。两组干预 3 周后 FMA-UL、MBI 评分增加,且观察组高于对照组($P<0.05$),见表 1。

2.2 两组偏瘫 Brunnstrom 分级对比

两组干预前 III 级、IV 级、V 级、VI 级患者例数组间对比无统计学差异($P>0.05$)。两组干预 3 周后 IV 级患者例数明显增加,且观察组的改善效果优于对照组($P<0.05$),见表 2。

表 1 两组 FMA-UL、MBI 评分对比(分, $\bar{x} \pm s$)Table 1 Comparison of FMA-UL, MBI scores between the two groups(scores, $\bar{x} \pm s$)

Groups	FMA-UL		MBI	
	Before intervention	3 weeks after intervention	Before intervention	3 weeks after intervention
Control group(n=68)	32.39 $\pm$ 4.32	41.27 $\pm$ 5.84 ^a	54.27 $\pm$ 7.66	60.23 $\pm$ 5.81 ^a
Observation group(n=68)	32.14 $\pm$ 5.43	52.38 $\pm$ 6.73 ^a	53.81 $\pm$ 6.45	71.94 $\pm$ 6.45 ^a
t	0.297	-10.282	0.379	-11.124
P	0.767	0.000	0.705	0.000

Note: Compared with the same group before intervention, ^a $P<0.05$.

表 2 两组偏瘫 Brunnstrom 分级对比 [例(%)]

Table 2 Comparison of Brunstrom grading of hemiplegia between the two groups [n(%)]

Groups	Before intervention				3 weeks after intervention			
	Grade III	Grade IV	Grade V	Grade VI	Grade III	Grade IV	Grade V	Grade VI
Control group (n=68)	56(82.35)	12(17.65)	0(0.00)	0(0.00)	38(55.88) ^a	29(42.65) ^a	1(1.47)	0(0.00)
Observation group(n=68)	58(85.29)	10(14.71)	0(0.00)	0(0.00)	23(33.82) ^a	41(60.30) ^a	4(5.88)	0(0.00)
U		0.217				7.546		
P		0.641				0.023		

Note: Compared with the same group before intervention, ^a $P<0.05$.

2.3 两组表面肌电图相关指标对比

两组干预前三角肌前束、肱三头肌、三角肌中束、肱二头肌的 RMS、iEMG 组间对比无统计学差异 ($P>0.05$)。两组干预 3

周后三角肌前束、肱三头肌、三角肌中束、肱二头肌的 RMS、iEMG 增加,且观察组的改善效果优于对照组 ($P<0.05$),见表 3。

表 3 两组表面肌电图相关指标对比($\bar{x} \pm s$)Table 3 Comparison of related indicators of surface electromyography between the two groups($\bar{x} \pm s$)

Groups	Time points	RMS(μV)				iEMG(mV·s)			
		Bicipital muscle of arm	Triceps muscle of arm	Anterior deltoid	Middle deltoid fascicles	Bicipital muscle of arm	Triceps muscle of arm	Anterior deltoid	Middle deltoid fascicles
Control group (n=68)	Before intervention	64.58 $\pm$ 6.72	11.78 $\pm$ 2.56	25.06 $\pm$ 2.14	37.24 $\pm$ 5.86	192.76 $\pm$ 16.44	34.98 $\pm$ 5.31	66.79 $\pm$ 7.64	96.46 $\pm$ 10.15
	3 weeks after intervention	69.45 $\pm$ 5.48 ^a	15.31 $\pm$ 2.42 ^a	33.05 $\pm$ 4.59 ^a	43.22 $\pm$ 5.33 ^a	217.19 $\pm$ 16.53 ^a	38.52 $\pm$ 7.57 ^a	75.92 $\pm$ 6.15 ^a	106.40 $\pm$ 12.17 ^a
Observation group (n=68)	Before intervention	63.83 $\pm$ 5.73	11.84 $\pm$ 3.14	24.69 $\pm$ 2.24	37.74 $\pm$ 6.15	194.92 $\pm$ 23.58	34.35 $\pm$ 4.18	65.67 $\pm$ 7.26	95.24 $\pm$ 10.11
	3 weeks after intervention	75.69 $\pm$ 7.61 ^{ab}	19.13 $\pm$ 2.78 ^{ab}	37.83 $\pm$ 4.64 ^{ab}	51.45 $\pm$ 7.19 ^{ab}	228.84 $\pm$ 22.19 ^{ab}	42.15 $\pm$ 6.37 ^{ab}	82.01 $\pm$ 13.03 ^{ab}	115.31 $\pm$ 13.06 ^{ab}

Note: Compared with the control group at 3 weeks after intervention, ^b $P<0.05$. Compared with the same group before intervention, ^a $P<0.05$.

2.4 两组 SF-36 各维度评分对比

两组干预前生理职能、躯体疼痛、生理功能、总体健康、精神健康、活力、情感职能、社会功能各维度评分组间对比无统计学差异 ($P>0.05$)。两组干预 3 周后生理职能、躯体疼痛、生理功能、总体健康、精神健康、活力、情感职能、社会功能各维度评分增加,且观察组的改善效果优于对照组 ($P<0.05$),见表 4。

3 讨论

目前研究认为,中枢神经系统具有一定的可塑性,及时进行康复训练能在一定程度上重塑脑卒中恢复期偏瘫患者的中枢神经系统的结构,改善其功能^[13]。脑卒中恢复期偏瘫患者因上肢肌肉适应性改变,出现肌力减退的情况,故而临床常采用肌力训练对此类患者进行康复^[14]。等速肌力训练强调以科学的方式保持肌肉对运动的记忆,使其功能在物理作用刺激下逐步恢复,增加肌肉力量^[15]。既往研究显示:等速肌力训练可有效缓解偏瘫患者的肌肉痉挛,促进上肢肌力恢复^[16]。但等速肌力训

练也存在一定的不足,如在训练过程中无论肌肉承受多大的张力,均无法改变运动的角速度,且长期训练易导致患者的依从性不高^[17]。因此,临床尝试在此基础上辅助其他干预措施,以提高治疗效果。上肢康复机器人作为高科技的产物,适用于中枢

神经损伤、外周神经损伤等引起的肢体功能障碍,可对瘫痪上肢提供高强度、任务导向性、重复性和互动性治疗,同时可虚拟现实场景,提高患者参与康复治疗的兴趣和积极性^[18]。

表 4 两组 SF-36 各维度评分对比(分, $\bar{x} \pm s$)
Table 4 Comparison of SF-36 scores in each dimension between the two groups(scores, $\bar{x} \pm s$)

Groups	Time points	Physiological function	Physical pain	Physiological function	General health	Mental health	Vitality	Emotional function	Social function
Control group (n=68)	Before intervention	55.71± 4.68	53.69± 5.49	60.79± 7.38	56.20± 7.23	58.79± 6.31	61.35± 7.26	62.76± 6.39	58.54± 8.31
	3 weeks after intervention	65.62± 5.54 ^a	62.08± 7.37 ^a	73.02± 8.24 ^a	70.49± 5.19 ^a	69.22± 5.26 ^a	72.73± 5.33 ^a	74.21± 5.26 ^a	69.93± 6.27 ^a
Observation group (n=68)	Before intervention	55.53± 5.48	53.28± 6.20	60.12± 5.95	55.83± 6.87	58.31± 6.43	61.83± 6.57	61.66± 7.41	57.91± 6.08
	3 weeks after intervention	77.90± 4.56 ^{ab}	74.39± 5.25 ^{ab}	81.28± 6.09 ^{ab}	83.25± 5.74 ^{ab}	79.35± 7.42 ^{ab}	79.22± 5.64 ^{ab}	81.29± 5.89 ^{ab}	78.28± 5.27 ^{ab}

Note: Compared with the control group at 3 weeks after intervention, ^a $P < 0.05$. Compared with the same group before intervention, ^a $P < 0.05$.

本次研究结果显示,观察组的上肢功能恢复情况、日常生活活动能力改善情况和偏瘫Brunnstrom分级改善情况均优于对照组,考虑可能与以下原因有关:本次研究使用的上肢康复机器人通过力反馈技术感知患者用力程度进而调整助力大小,牵引偏瘫肢体进行主被动运动,有助于患者建立正常的运动模式神经反馈^[19]。同时,上肢康复机器人可通过高强度、重复性、特定的任务训练,促进中枢神经的代偿和重组,帮助患者的运动功能恢复^[20]。此外,上肢康复机器人的不同训练模式均配备不同的游戏,带有一定程度的娱乐性,因此患者的治疗依从性较好,可弥补常规康复训练内容乏味的不足^[21]。而等速肌力训练、上肢康复机器人联合干预通过不断的重复性训练动作,可对大脑产生重复性刺激,部分未受损的脑组织可补偿部分原有的功能,有助于运动神经支配功能的重新建立,有效改善偏瘫症状^[21,22]。此外,脑卒中恢复期偏瘫患者恢复情况的评估,除了集中在肌肉力量、运动能力、关节活动度方面,还需关注肌张力、运动神经传导速度的改善情况^[23]。而表面肌电图具有定量评估肌张力、运动神经传导速度、肌肉收缩等功能,可以反映肌肉兴奋性和运动单位募集同步化,是检测肌肉功能和状况的手段之一^[24]。本文的研究结果显示,观察组的患侧上肢肱二头肌、肱三头肌、三角肌前束和三角肌中束最大的RMS、iEMG的改善情况均优于对照组。分析原因,在训练过程中,上肢康复机器人训练可激发患者主动性,使目标肌肉进行更多的重复运动,通过高强度、重复性的运动技能学习来促进患者参与运动的肌纤维增加,改善表面肌电图相关指标^[25]。本研究结果还显示,等速肌力训练、上肢康复机器人联合干预可有效改善脑卒中恢复期偏瘫患者的生活质量。主要是因为是在等速肌力训练的基础上增加了机器人辅助干预后,患者治疗依从性提高,使患者的临床症状改善效果更为明显,促使其生活活动能力提升,有助于生活质量的改善^[26]。

综上所述,脑卒中恢复期偏瘫患者经等速肌力训练、上肢康复机器人联合干预,可促进偏瘫上肢肌肉激活和运动单位募集同步化,帮助改善患者上肢肌力,提高患者的生活质量。

参考文献(References)

- [1] Boursin P, Paternotte S, Dercy B, et al. Sémantique, épidémiologie et sémiologie des accidents vasculaires cérébraux [Semantics, epidemiology and semiology of stroke] [J]. Soins, 2018, 63 (828): 24-27
- [2] Marque P, Gasq D, Castel-Lacanal E, et al. Post-stroke hemiplegia rehabilitation: evolution of the concepts [J]. Ann Phys Rehabil Med, 2014, 57(8): 520-529
- [3] 卫恒,姚晓东. 脑卒中偏瘫病人生活质量影响因素的研究进展[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2020, 18(14): 2268-2273
- [4] 卓金,王莎莎,陈其强,等. 等速肌力训练联合有氧运动对脑卒中患者肺功能、下肢运动功能及生活质量的影响[J]. 现代生物医学进展, 2020, 20(17): 3333-3336
- [5] 苏丽丽,方小养,林玲,等. 上肢康复机器人训练对亚急性脑卒中患者认知和上肢运动功能的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2022, 28 (5): 508-514
- [6] Bertani R, Melegari C, De Cola MC, et al. Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review with meta-analysis[J]. Neurol Sci, 2017, 38(9): 1561-1569
- [7] 杜滨红,马丽虹,翟霞,等. 任务导向的上肢康复机器人训练对脑卒中后上肢功能的疗效观察 [J]. 中国康复医学杂志, 2022, 37(11): 1551-1554
- [8] 中华神经科学会,中华神经外科学会. 各类脑血管疾病诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 29(6): 379
- [9] Fugl-Meyer AR, Jääsk L, Leyman I, et al. The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance[J]. Scand J Rehabil Med, 1975, 7(1): 13-31
- [10] Shah S, Vanclay F, Cooper B. Improving the sensitivity of the Barthel Index for stroke rehabilitation [J]. J Clin Epidemiol, 1989, 42 (8): 703-709
- [11] Brunnstrom S. Motor testing procedures in hemiplegia: based on sequential recovery stages[J]. Phys Ther, 1966, 46(4): 357-375
- [12] 李鲁,王红妹,沈毅. SF-36 健康调查量表中文版的研制及其性能测试[J]. 中华预防医学杂志, 2002, 36(2): 109-113 (下转第 3200 页)

- [11] Campisi J, d'Adda di Fagagna F. Cellular senescence: when bad things happen to good cells [J]. *Nat Rev Mol Cell Biol*, 2007, 8: 729-740
- [12] 朱洪燕,蔡小军,李青春. 老年核性及皮质性白内障晶状体上皮细胞中bFGF及 α -SMA的表达[J]. *眼科新进展*, 2008, 28(1): 33-36
- [13] 张静慧,谷华丽,冯彩霞. 外伤性晶状体脱位手术治疗的疗效观察[J]. *中国实用医药*, 2014, (27): 71-72
- [14] 张霞. 毒胡萝卜素对人晶状体上皮细胞的影响及机制[D]. 扬州大学, 2022
- [15] 齐向前,徐志忠,王湘怡,等. 老年性白内障患者circKMT2E表达变化及其对晶状体上皮细胞凋亡的影响[J]. *眼科新进展*, 2022, 42(2): 118-121, 127
- [16] 鲁诚,张凤妍,张宇航,等. siRNA-KCNQ1OT1对人LECs凋亡的抑制作用及其靶向miR-199a-5p机制[J]. *中华实验眼科杂志*, 2022, 40(6): 514-523
- [17] 刘珍珍,李平华,陶树新,等. 过氧化氢诱导体外损伤性白内障模型的构建及晶状体上皮细胞的凋亡[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2011, 15(28): 5197-5200
- [18] 彭秧生,张娟,赵文军,等. 普罗宁对过氧化氢诱发的兔眼白内障的抑制作用[J]. *眼科新进展*, 2009, 29(2): 114-117
- [19] 邱亚男,朱丽英,钱雯,等. 斑马鱼作为模式动物在人类眼睛疾病研究中的应用[J]. *实验动物与比较医学*, 2020, 40(5): 440-448
- [20] Feng D, Zhou J, Liu H, et al. Astrocytic NDRG2-PPM1A interaction exacerbates blood-brain barrier disruption after subarachnoid hemorrhage[J]. *Sci Adv*, 2022, 8(39): eabq2423
- [21] Wang Y, Zhai WL, Yang YW. Association between NDRG2/IL-6/STAT3 signaling pathway and diabetic retinopathy in rats[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2020, 24(7): 3476-3484
- [22] Lee KW, Lim S, Kim KD. The Function of N-Myc Downstream-Regulated Gene 2 (NDRG2) as a Negative Regulator in Tumor Cell Metastasis[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(16): 9365
- [23] 杨琼. 基于倾斜适应后效的眼动神经机制研究[D]. 电子科技大学, 2013
- [24] EAKIN RM, STEBBINS RC. Parietal eye nerve in the fence lizard[J]. *Science*, 1959, 130(3388): 1573-1574
- [25] Amini S, Zargar M, Moghimbeigi A. Comparative study of laminin332- γ 2 chain expression in oral lichen planus and squamous cell carcinoma by immunohistochemistry [J]. *Minerva Dent Oral Sci*, 2022, 71(2): 53-58
- [26] Zhang J, Li Y, Li J, et al. Surface Functionalized via AdLAMA3 Multilayer Coating for Re-epithelization Around Titanium Implants [J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2020, 8: 624
- [27] Sugawara K, Tsuruta D, Ishii M, et al. Laminin-332 and -511 in skin [J]. *Exp Dermatol*, 2008, 17(6): 473-480
- [28] 张丽丽,李贤玉,穆荣,等. 皮肤中基底膜的结构与功能[J]. *中国美容医学*, 2016, 25(10): 113-117
- [29] Zhang Y, Reif G, Wallace DP. Extracellular matrix, integrins, and focal adhesion signaling in polycystic kidney disease [J]. *Cell Signal*, 2020, 72: 109646
- [30] 贾晓明,王翠娥,吴小红,等. 低温保存皮肤纤维连接蛋白和层粘连蛋白的表达[C]//中华医学会烧伤外科学分会,中华烧伤杂志编委会.全国烧伤创面处理、感染专题研讨会论文汇编.[出版者不详], 2004: 93

(上接第3186页)

- [13] Hara Y. Brain plasticity and rehabilitation in stroke patients [J]. *J Nippon Med Sch*, 2015, 82(1): 4-13
- [14] Wist S, Clivaz J, Sattelmayer M. Muscle strengthening for hemiparesis after stroke: A meta-analysis [J]. *Ann Phys Rehabil Med*, 2016, 59(2): 114-124
- [15] 范琳,吉文彬. 针灸联合等速肌力训练干预脑卒中偏瘫恢复期的临床研究 [J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2021, 19(16): 2826-2829
- [16] 丁晓晶,王勇军,姜云虎,等. 等速肌力训练对脑卒中偏瘫患者上肢身体成分的影响 [J]. *中国康复理论与实践*, 2022, 28(11): 1265-1269
- [17] 路来冰,马忆萌. 等速肌力训练对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能的影响[J]. *科学技术与工程*, 2019, 19(21): 99-103
- [18] Jakob I, Kollreider A, Germanotta M, et al. Robotic and Sensor Technology for Upper Limb Rehabilitation [J]. *PM R*, 2018, 10(9 Suppl 2): S189-S197
- [19] Daunoraviciene K, Adomaviciene A, Grigonyte A, et al. Effects of robot-assisted training on upper limb functional recovery during the rehabilitation of poststroke patients[J]. *Technol Health Care*, 2018, 26(S2): 533-542
- [20] Dehem S, Gilliaux M, Stoquart G, et al. Effectiveness of upper-limb robotic-assisted therapy in the early rehabilitation phase after stroke: A single-blind, randomised, controlled trial [J]. *Ann Phys Rehabil Med*, 2019, 62(5): 313-320
- [21] 李宇洪,黄国志,路鹏程,等. 上肢康复机器人联合上肢康复训练对脑卒中恢复期偏瘫患者的影响[J]. *康复学报*, 2022, 32(2): 111-116
- [22] 尹正录,朱小云,范章岭,等. 等速肌力训练对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能及日常生活活动能力的影响[J]. *中国康复理论与实践*, 2017, 23(9): 1086-1090
- [23] 阙玉梅,张玲,莫晔,等. 神经传导速度测定以及表面肌电图在老年脑卒中偏瘫病人中的应用价值 [J]. *实用老年医学*, 2017, 31(2): 143-145
- [24] 马玲,刘悦. 表面肌电图在脑卒中偏瘫患者功能评价中的应用[J]. *医药论坛杂志*, 2021, 42(14): 72-74
- [25] 杨等,刘文辉,王丛笑,等. 上肢康复机器人辅助治疗在脑卒中偏瘫患者上肢功能康复中的应用[J]. *神经损伤与功能重建*, 2019, 14(9): 447-449
- [26] 张杨. 上肢康复机器人对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能及日常生活活动能力的疗效观察[D]. 广东:南方医科大学, 2019