

下肢康复机器人联合 IPC 对脑损伤后肢体运动功能障碍患者下肢深静脉血栓预防效果*

潘化杰 刘爱贤 甄巧霞 杨杰 杨傲然

(首都医科大学附属北京康复医院, 北京 100144)

【摘要】 目的 探讨下肢康复机器人联合间歇充气加压装置(IPC)对脑损伤后肢体运动功能障碍患者下肢深静脉血栓形成(DVT)的预防效果。方法 通过便利抽样法选取本院 2020 年 12 月—2021 年 12 月住院的脑损伤后肢体运动功能障碍患者 90 例,根据治疗方法的不同将其分为对照组和观察组,每组 45 例。对照组给予常规康复训练及 IPC 治疗,观察组在对照组基础上给予下肢康复机器人治疗,两组均在治疗 3 月后进行效果评价,比较两组临床疗效、美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分、改良 Barthel 指数(MBI)评分、凝血-纤溶系统指标、下肢深静脉血流动力学参数、DVT 发生率。结果 观察组临床总有效率高于对照组($P < 0.05$)。观察组治疗后 NIHSS 评分低于对照组($P < 0.05$),观察组治疗后 MBI 评分高于对照组($P < 0.05$)。观察组治疗后 D-二聚体(D-D)、纤维蛋白降解产物(FDP)均低于对照组,观察组治疗后凝血活酶时间(APTT)、凝血酶原时间(PT)均高于对照组($P < 0.05$)。观察组治疗后下肢腓静脉、股静脉、髂外静脉平均血流速度(Vm)均高于对照组($P < 0.05$)。观察组 DVT 发生率低于对照组($P < 0.05$)。结论 下肢康复机器人联合 IPC 可有效改善脑损伤后肢体运动功能障碍患者神经功能及下肢血液流动速度,提高日常生活能力,纠正血液高凝状态,降低 DVT 发生率,值得借鉴。

【关键词】 下肢康复机器人;间歇充气加压装置;脑损伤;肢体运动功能障碍;下肢深静脉血栓

【中图分类号】 R743;R496 **【文献标志码】** A **DOI:**10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2024. 05. 019

Effect of lower limb rehabilitation robot combined with intermittent inflatable pressure device on prevention of lower limb deep vein thrombosis in patients with limb motor dysfunction after brain injury

PAN Huajie, LIU Aixian, ZHEN Qiaoxia, YANG Jie, YANG Aoran

(Beijing Rehabilitation Hospital, Capital Medical University, Beijing 100144, China)

【Abstract】 **Objective** To analyze the preventive effect of lower limb rehabilitation robot combined with intermittent pneumatic compression device (IPC) on lower limb deep vein thrombosis (DVT) in patients with limb motor dysfunction after brain injury. **Methods** A total of 90 patients with limb motor dysfunction after brain injury admitted to Beijing Rehabilitation Hospital Affiliated to Capital Medical University from December 2020 to December 2021 were studied by convenience sampling method. According to different treatment methods, they were divided into 2 groups with 45 cases in each group. The control group was given routine rehabilitation training and IPC treatment. The observation group was given lower limb rehabilitation robot treatment on the basis of the control group, and the two groups were evaluated 3 months after treatment. The clinical efficacy, National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) score, modified Barthel index (MBI) score, coagulation and fibrinolytic system index, lower limb deep venous blood flow mechanical parameters, and the incidence of DVT were compared between the two groups. **Results** The total effective rate of observation group (95.56%) was higher than that of control group (75.56%) ($P < 0.05$). After treatment, NIHSS score of observation group was lower than that of control group ($P < 0.05$), and MBI score of observation group was higher than that

基金项目:国家重点研发计划课题(2020YFC2004303)

通讯作者:刘爱贤,主任医师, Tel:18601012836

引用本文:潘化杰,刘爱贤,甄巧霞,等.下肢康复机器人联合 IPC 对脑损伤后肢体运动功能障碍患者下肢深静脉血栓预防效果[J].西部医学, 2024,36(5):728-733. DOI:10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2024. 05. 019

of control group ($P < 0.05$). The D-dimer (D-D) and fibrin degradation product (FDP) of observation group after treatment were lower than those of control group, and the thrombin time (APTT) and prothrombin time (PT) of observation group after treatment were higher than those of control group ($P < 0.05$). After treatment, the mean blood flow velocity (Vm) of popliteal vein, femoral vein and external iliac vein in the observation group was higher than that in the control group ($P < 0.05$). The incidence of DVT in observation group (2.22%) was lower than that in control group (15.56%) ($P < 0.05$). **Conclusion** Lower limb rehabilitation robot combined with IPC can effectively improve the nerve function and lower limb blood flow velocity of patients with limb motor dysfunction after brain injury, improve daily living ability, correct blood hypercoagulability, and reduce the incidence of DVT, which is worth learning.

【Key words】 Lower limb rehabilitation robot; Intermittent charging pressure device; Brain injury; Limb motor dysfunction; Deep vein thrombosis of lower extremity

近年来,我国脑损伤发生率明显增高,为各类全身创伤第二位^[1]。虽然在外科手术不断的进步、完善下,脑损伤的死亡率明显降低,但大部分存活的患者均存在不同程度肢体运动功能障碍,致残率较高,降低了患者自理能力^[2]。下肢深静脉血栓形成(Deep vein thrombosis, DVT)是脑损伤后肢体运动功能障碍患者较为常见的一种并发症,部分患者还会由于 DVT 引发致命性肺栓塞,成为导致脑损伤患者猝死的重要原因之一^[3]。因此,如何积极、有效地改善脑损伤后肢体运动功能障碍患者下肢深静脉血流动力学,预防 DVT 发生成为目前临床高度关注的问题。间歇充气加压装置(Intermittent pneumatic compression, IPC)是预防下肢深静脉血栓的常用方法,通过自远心端向近心端依次放气,起到预防血液滞留、序贯加压、提高下肢血液流动速度的作用,多被用于普外科术后 DVT 预防中^[4-5]。随着医疗器械的飞速发展,下肢康复机器人被应用于脑梗死等脑血管疾病康复治疗中,可模拟人体下肢关节主动、被动踏步训练,该运动模式将视觉反馈与运动模式相结合,有助于激发患者运动自信心、积极性^[6]。基于此,本研究探讨下肢康复机器人联合 IPC 对脑损伤后肢体运动功能障碍患者 DVT 的预防效果,现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 通过便利抽样法选取本院 2020 年 12 月—2021 年 12 月住院的脑损伤后肢体运动功能障碍患者 90 例,根据治疗方法的不同将其分为对照组和观察组,每组 45 例。所有入组患者均经头颅 MRI、CT 确诊为“颅脑损伤”。纳入标准:①均为首次患“脑损伤”,并且在发病 3 d 内入院。②年龄在 18~80 周岁,不限性别。③72 h 内病情及生命体征平稳,处于颅脑损伤恢复期。④下肢 Brunnstrom 分期 II~IV 期。⑤改良 Ashworth < 2 级。⑥ Fugl-Meyer 运动功能评估量表(Upper Fugl Meyer motor function assessment FMA)评分 < 84 分。⑦脑损伤程度在轻、中度。⑧家属均知情本研究目的,自愿参与并签署同意

书。排除标准:①合并脑血管畸形、脑梗塞、脑出血等病变者。②哺乳期、妊娠期女性。③电刺激部位皮肤破溃、感染者。④残疾、瘫痪者。⑤中途由于病情变化中断治疗方案者。⑥活动性癫痫发作者或合并狂躁症等精神障碍疾病者。⑦有人工耳蜗植入物、心脏起搏器等植入装置者。⑧合并血液系统疾病或肝肾功能异常者,例如血红蛋白 < 9 g/dL,红细胞压积 < 30%;白细胞计数 < $3.0 \times 10^9/L$;嗜中性粒细胞计数 < $1.2 \times 10^9/L$;血小板计数 < $100 \times 10^9/L$;谷草转氨酶、谷丙转氨酶 ≥ 1.5 正常值上限,血清肌酐 ≥ 1.5 正常值上限。⑨入组前接受过康复训练者。⑩同期参与其他研究者。本研究经医院伦理委员会审批通过(伦理编号:20201107)。

1.2 方法 对照组给予常规康复训练及 IPC 治疗:①常规康复训练:患者在生命体征平稳 48 h 后即可展开康复运动,护士指导家属被动活动患者四肢,例如背屈膝关节 $30 \sim 40^\circ$,背伸踝关节 90° ,屈曲肘关节 90° 等,逐渐过渡到主动运动,例如床上坐起、床旁站立、床边转移以及平地行走等,运动强度以自身耐受为主,遵循从小关节到大关节,从健侧到患侧的运动原则,每日按摩四肢 3 次,每次 20 min。②IPC 治疗:采用由北京泽澳医疗科技有限公司生产的 IPC 治疗,协助患者采取中凹卧位,从脚踝开始围绕 IPC 套筒,遵循自上而下的原则,围绕松紧度是可以容纳医生 1 根手指,脚踝压力 35 mmHg、小腿压力 40 mmHg,大腿压力 45 mmHg,依次扣好腿套,共计训练 3 月。观察组在对照组基础上给予下肢康复机器人治疗:常规康复训练及 IPC 治疗方法与对照组一致,下肢康复机器人具体治疗如下:采用下肢康复机器人(型号:GR-AI;生产企业:漫步者康复设备有限公司)治疗,将患者姓名、住院号等信息例如到机器人中,训练之前测量患者小腿、大腿维度、长度,例如个性化训练数据,穿戴矫正鞋垫,将双足固定,将踝、膝、髌固定在对应的机器上,开始康复训练,训练期间根据患者下肢主动运动能力对步行速度、减重比例进行调节,每日训练

1 次,每次 40 min,共计训练 3 月。

1.3 观察指标及评价标准 ①临床疗效:肢体偏瘫等症状消失,日常生活能力与肢体运动功能与治疗前比较明显好转是显效。肢体偏瘫等症状减轻,日常生活能力与肢体运动功能与治疗前比较有所改善是有效。肢体偏瘫等症状、日常生活能力、肢体运动功能与治疗前比较无好转,甚至加重是无效。(显效+有效)/组例数(45)×100.00%=总有效率^[7]。②美国国立卫生研究院卒中量表(The National Institutes of Health Stroke Scale NIHSS)评分:总分是 42 分,神经功能缺损轻度<4 分、中度 4~15 分、重度>15 分,缺损程度越高,对应分值越高^[8-9]。治疗前及治疗 1、2、3 个月后由主治医师测评。③改良 Barthel 指数(Modified Barthel index MBI)评分:包括上下楼梯、地面行走、如厕、床-椅转移、大便控制、小便控制、洗澡、装饰、穿衣、进食 10 项内容,总分是 100 分,日常生活能力越强,对应分值越高^[10-11]。治疗前及治疗 1、2、3 个月后由主治医师测评。④凝血-纤溶系统指标:抽取治疗前及治疗 1、2、3 个月后空腹静脉血 5 mL,置于抗凝管中,离心 15 min,2500 r/min 离心速率,10 cm 离心半径,分离上层清液后放置在-80 °C 环境待检,以全自动血液分析仪(型号:BC-5180CRP;生产企业:武汉盛世达医疗设备有限公司)检测 D-二聚体(D-dimer D-D)、纤维蛋白降解产物(Fibrin degradation products FDP)、APTT、PT。⑤下肢深静脉血流动力学参数:采用彩色超声诊断仪(型号:Voluson 730 Pro;生产企业:GE Medical Systems Kretztechnik GmbH & Co. OHG)检测患者治疗前及治疗 1、2、3 月后下肢腓静脉、股静脉、髂外静脉平均血流速度(Mean blood flow velocity Vm),最终记录值是连续测量 3 次的均值。⑥DVT 发生率:治疗结束后通过双下肢静脉彩色超声检查判断患者有无 DVT,DVT 发生例数/组例数(45)×100.00%=DVT 发生率。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析,符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较用两独立样本 *t* 检验,组内比较用配对设计资料 *t* 检验,计数资料采用 χ^2 检验,若理论频数<1 时取精确概率值,两组等级资料的比较采用 *Z* 检验,以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较 两组患者性别、年龄、颅脑损伤程度、下肢 Brunnstrom 分期、损伤类型、损伤原因、受伤至入院时间、BMI 等一般资料比较差异无统计学意义(*P*>0.05),见表 1。

表 1 两组患者一般资料比较 [$n(\times 10^{-2})$, ($\bar{x} \pm s$)]

Table 1 Comparison of general data between the two groups

项目	观察组(<i>n</i> =45)	对照组(<i>n</i> =45)	$\chi^2/t/Z$	<i>P</i>
年龄(岁)	40.16±9.64	39.26±9.94	0.436	0.664
性别				
男	26(57.78)	24(53.33)	0.180	0.671
女	19(42.22)	21(46.67)		
颅脑损伤程度				
轻度	30(66.67)	33(73.33)	2.054	0.358
中度	15(33.33)	12(26.67)		
下肢 Brunnstrom 分期				
II	10(22.22)	13(28.89)	0.507	0.612
III	20(44.44)	18(40.00)		
IV	15(33.33)	14(31.11)		
损伤类型				
开放性脑损伤	16(35.56)	14(31.11)	0.200	0.655
闭合性脑损伤	29(64.44)	31(68.89)		
损伤原因				
交通事故	35(77.78)	40(88.89)	2.000	0.157
高处坠落	10(22.22)	5(11.11)		
受伤至入院时间(h)	3.26±0.34	3.22±0.52	0.432	0.667
BMI(kg/m ²)	23.62±1.55	23.82±1.45	0.632	0.529

2.2 两组患者临床疗效比较 观察组临床总有效率高于对照组(*P*<0.05),见表 2。

表 2 两组患者临床疗效比较 [$n, n(\times 10^{-2})$]

Table 2 Comparison of clinical efficacy between the two groups

组别	<i>n</i>	显效	有效	无效	总有效率
观察组	45	19(42.22)	24(53.33)	2(4.44)	43(95.56)
对照组	45	12(26.67)	22(48.89)	11(24.44)	34(75.56)
χ^2					7.283
<i>P</i>					0.007

2.3 两组患者 NIHSS 评分、MBI 评分、BBS 评分比较 观察组治疗前 NIHSS 评分、MBI 评分、BBS 评分与对照组比较差异无统计学意义(*P*>0.05);观察组治疗 1、2、3 月后 NIHSS 评分低于对照组,观察组治疗 1、2、3 月后 MBI 评分、BBS 评分高于对照组(均 *P*<0.05)。见表 3。

表 3 两组患者 NIHSS 评分、MBI 评分、BBS 评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

Table 3 Comparison of NIHSS score, MBI score and BBS score between the two groups

组别	<i>n</i>	NIHSS 评分			
		治疗前	治疗 1 月	治疗 2 月	治疗 3 月
观察组	45	28.62±3.66	23.16±2.45 ^①	19.62±2.45 ^①	16.34±1.34 ^①
对照组	45	28.59±3.52	27.88±5.16	24.16±3.62 ^①	21.45±4.16 ^①
<i>t</i>		0.040	5.543	6.967	7.843
<i>P</i>		0.969	<0.001	<0.001	<0.001
组别	<i>n</i>	MBI 评分			
		治疗前	治疗 1 月	治疗 2 月	治疗 3 月
对照组	45	48.01±6.34	58.66±8.64 ^①	64.26±8.26 ^①	72.62±9.13 ^①
观察组	45	48.26±7.62	50.45±8.16	55.33±7.16 ^①	61.55±8.04 ^①
<i>t</i>		0.169	4.634	5.480	6.104
<i>P</i>		0.866	<0.001	<0.001	<0.001
组别	<i>n</i>	BBS 评分			
		治疗前	治疗 1 月	治疗 2 月	治疗 3 月
对照组	45	23.34±2.44	29.64±3.62 ^①	35.45±4.15 ^①	43.05±5.14 ^①
观察组	45	23.42±2.39	25.66±3.16	28.64±3.13 ^①	34.05±4.17 ^①
<i>t</i>		0.157	5.556	8.789	9.122
<i>P</i>		0.876	<0.001	<0.001	<0.001

注: BBS. Berg 平衡量表;与本组治疗前比较, ①*P*<0.05。

2.4 两组患者凝血-纤溶系统指标比较 观察组治疗前 D-D、FDP、APTT、PT 与对照组比较差异无统计学意义($P > 0.05$);观察组治疗 1、2、3 月后 D-D、FDP 均

低于对照组,APTT、PT 高于对照组(均 $P < 0.05$)。见表 4。

表 4 两组凝血-纤溶系统指标比较($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Comparison of coagulation-fibrinolytic system indexes between the two groups

组别	n	D-D(mg/L)				FDP(μ g/L)			
		治疗前	治疗 1 月	治疗 2 月	治疗 3 月	治疗前	治疗 1 月	治疗 2 月	治疗 3 月
观察组	45	2.16 \pm 0.22	1.85 \pm 0.19 ^①	1.59 \pm 0.16 ^①	1.43 \pm 0.11 ^①	7.95 \pm 1.33	7.06 \pm 1.05 ^①	6.43 \pm 0.95 ^①	6.06 \pm 0.85 ^①
对照组	45	2.19 \pm 0.20	2.01 \pm 0.13 ^①	1.95 \pm 0.19 ^①	1.85 \pm 0.21 ^①	7.99 \pm 1.29	7.71 \pm 1.33	7.16 \pm 1.05 ^①	6.54 \pm 0.84 ^①
t		0.677	4.662	9.722	11.885	0.145	2.573	3.458	2.694
P		0.500	<0.001	<0.001	<0.001	0.885	0.012	0.001	0.008

组别	n	APTT(s)				PT(s)			
		治疗前	治疗 1 月	治疗 2 月	治疗 3 月	治疗前	治疗 1 月	治疗 2 月	治疗 3 月
观察组	45	35.62 \pm 4.66	39.62 \pm 3.16 ^①	41.66 \pm 4.62 ^①	42.06 \pm 3.52 ^①	13.16 \pm 1.55	14.06 \pm 0.85 ^①	14.86 \pm 1.46 ^①	15.92 \pm 1.62 ^①
对照组	45	36.06 \pm 4.82	37.26 \pm 3.05	38.05 \pm 3.55 ^①	39.95 \pm 3.16 ^①	13.19 \pm 1.41	13.55 \pm 0.63	14.12 \pm 1.05 ^①	14.88 \pm 1.33 ^①
t		0.440	3.605	4.156	2.992	0.096	3.234	2.760	3.328
P		0.661	<0.001	<0.001	<0.001	0.924	0.002	0.007	0.001

注:与本组治疗前比较,① $P < 0.05$ 。

2.5 两组患者下肢深静脉血流动力学参数比较 观察组治疗前下肢腘静脉、股静脉、髂外静脉 Vm 与对照组比较差异无统计学意义($P > 0.05$);观察组治疗 1、2、3 月后下肢腘静脉、股静脉、髂外静脉 Vm 均高于对照组($P < 0.05$)。见表 5、图 1。

表 5 两组下肢深静脉血流动力学参数比较($\bar{x} \pm s, \text{cm/s}$)

Table 5 Comparison of mechanical parameters of deep venous blood flow in lower limbs between the two groups

组别	n	腘静脉			
		治疗前	治疗 1 月	治疗 2 月	治疗 3 月
观察组	45	14.26 \pm 1.33	16.52 \pm 1.45 ^①	17.62 \pm 1.58 ^①	18.06 \pm 1.67 ^①
对照组	45	14.33 \pm 1.42	14.52 \pm 1.63	15.05 \pm 1.74 ^①	15.85 \pm 1.65 ^①
t		0.241	6.150	7.335	6.315
P		0.810	<0.001	<0.001	<0.001

组别	n	股静脉			
		治疗前	治疗 1 月	治疗 2 月	治疗 3 月
观察组	45	22.62 \pm 1.24	24.22 \pm 1.57 ^①	25.34 \pm 1.66 ^①	26.01 \pm 1.82 ^①
对照组	45	22.82 \pm 1.33	23.05 \pm 1.52	24.55 \pm 1.85 ^①	25.04 \pm 1.78 ^①
t		0.738	3.592	2.132	2.556
P		0.463	0.001	0.036	0.012

组别	n	髂外静脉			
		治疗前	治疗 1 月	治疗 2 月	治疗 3 月
观察组	45	24.62 \pm 1.31	26.24 \pm 1.52 ^①	27.05 \pm 1.57 ^①	28.29 \pm 1.85 ^①
对照组	45	24.55 \pm 1.26	25.04 \pm 1.76	25.85 \pm 1.66 ^①	26.94 \pm 1.75 ^①
t		0.258	3.462	3.523	3.556
P		0.797	0.001	0.001	0.001

注:与本组治疗前比较,① $P < 0.05$ 。

2.6 两组患者 DVT 发生率比较 观察组 DVT 发生率低于对照组($P < 0.05$),见表 6。

3 讨论

颅脑损伤主要是由于头部遭受到直接或间接暴力而引发的头皮破裂、头皮血肿、颅内出血、颅骨骨折

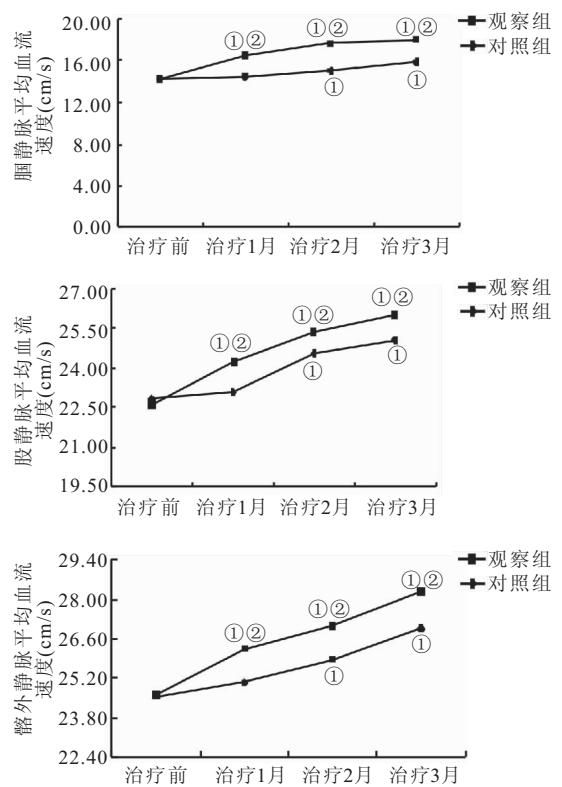


图 1 两组治疗前后下肢腘静脉、股静脉、髂外静脉平均血流速度变化分布图

Figure 1 Average blood flow velocity distribution of lower limbs popliteal vein, femoral vein and external iliac vein before and after treatment in the two groups

注:与本组治疗前比较,① $P < 0.05$;与对照组比较,② $P < 0.05$ 。

和脑震荡等症状,具有发病率高、致死率高、致残率高等特征^[12]。颅脑损伤是当前临床中占有医疗资源较多的一种疾病,不仅降低了患者生活能力、肢体功能,而且加重了社会、经济负担,现已成为世界各国高度

表 6 两组 DVT 发生率比较 [n, n(×10⁻²)]

Table 6 Comparison of the incidence of DVT between the two groups

组别	n	发生	未发生
观察组	45	1(2.22)	44(97.78)
对照组	45	7(15.56)	38(84.44)
χ^2		4.939	
P		0.026	

关注的公共卫生问题之一^[13]。颅脑损伤在遭受到创伤后,机体血脑屏障被打破,释放出大量的凝血因子Ⅲ,引发强烈的应激反应,促进单核细胞因子、内皮细胞因子表达,导致外源性凝血功能被激活、启动,在内、外源性凝血系统双重作用下,机体会生成大量的凝血酶,促进纤维蛋白原转变成纤维蛋白,形成血液高凝状态,一定程度上增加了 DVT 等并发症发生率,威胁到患者生命安全^[14-15]。因此,如何有效改善脑损伤后运动功能障碍患者运动能力及下肢血液流动情况成为目前临床高度关注的内容。

有研究表明,人体大脑具有较强的可塑性,脑损伤后及早进行有效刺激,可促进患者肢体功能、神经功能恢复^[16]。常规康复训练将被动、主动运动相结合,对患者展开循序渐进的运动锻炼,虽然具有改善、恢复运动功能的作用,但由于脑损伤发病机制复杂,单一常规康复训练见效慢,且不明显,达不到理想的治疗效果^[17]。本研究显示,观察组临床总有效率高于对照组,观察组治疗后 NIHSS 评分低于对照组,观察组治疗后 MBI 评分高于对照组,说明下肢康复机器人联合 IPC 在改善脑损伤后肢体运动功能障碍患者病情方面效果显著。原因可能为下肢康复机器人包括虚拟训练模式系统、减重系统、智能反馈系统等,通过刺激瘫痪侧的肢体,可促进本体感觉传入以及功能恢复,建立周围导向中枢传导通路,提高中枢系统与周围组织的联络性,重组大脑功能,将已经封闭的神经通路激活,从而改善上、下肢运动功能^[18]。另外,下肢康复机器人还可以提高神经对于肌肉的控制能力,不断扩大训练部位对应脑皮质区域,提高神经兴奋信号的传导效率,不断纠正异常的步态、运动模式,从而提高治疗效率^[19]。

D-D、FDP、APTT、PT 是临床评估凝血-纤溶系统的常用指标,可反映机体凝血状态、凝血功能。其中 D-D、FDP 用于评估纤溶系统功能,APTT、PT 用于评估外源性凝血系统功能^[20]。有研究表明,任何因素导致的凝血-纤溶系统激活,都会引起 D-D、FDP 升高,APTT、PT 降低^[21]。如何纠正凝血-纤溶系统异常,在预防 DVT 方面具有重要意义。本研究显示,观察组治疗后 D-D、FDP 均低于对照组,观察组治疗后

APTT、PT 均高于对照组。说明下肢康复机器人联合 IPC 可纠正脑损伤患者血液高凝状态。有研究发现,刺激肌肉收缩,可改善肌肉泵血功能及淋巴血液回流,减少局部液体瘀滞,加快静脉血液流动速度,从而纠正血液高凝状态^[22-23]。IPC 通过机械性、周期性的挤压下肢,模拟了下肢肌肉运动过程中的舒张与收缩,对于下肢静脉血流具有一定的调节作用,同时还可以激活组织型纤溶酶原,改善下肢血液循环。下肢康复机器人可帮助患者激活步行相关的肌群,模拟人体正常步态,提高受损区域皮质的兴奋性,通过改善拮抗肌、主动肌协同收缩,刺激足底触觉,促使下肢深静脉的血液流动至下腔静脉,加快局部血流速度,防止血液瘀滞,对静脉瓣功能具有一定的保护作用,极大的改善了血管内环境,纠正了血液高凝状态。下肢康复机器人联合 IPC,两种外治技术相结合,优势互补,协同作用,可增强抗血栓效果。

本研究显示,观察组治疗后下肢腓静脉、股静脉、髂外静脉 V_m 均高于对照组,说明下肢康复机器人联合 IPC 在改善下肢静脉血流动力学方面效果明显。IPC 通过挤压患者双下肢,可改善末梢肢体血液循环、下肢血管血流动力学,防止凝血因子聚集,增强纤维蛋白溶解作用,缩短血管内膜与血小板的接触时间,提高纤溶活性,从而达到改善下肢血流动力学、纠正血液高凝状态、预防血栓形成的目的。另外,肢体肌张力偏低,也容易形成血栓,主要是由于失去了肌肉泵功能,容易发生血液回流障碍,进而增加了血栓发生风险。下肢康复机器人康复治疗输入正确的感觉、运动模式,可促进中枢神经系统代偿、重组,形成正确的神经通路,激活肌力,提高突触的活跃性,帮助患者建立完善的运动单元功能,从而改善肢体肌张力以及血流动力学^[24-25]。本研究显示,观察组 DVT 发生率低于对照组,说明下肢康复机器人联合 IPC 可有效预防降低 DVT 发生率。下肢康复机器人联合 IPC 通过改善患者运动功能、加快下肢血液流动速度、纠正血液高凝状态、改善凝血功能,降低 DVT 发生风险。在常规康复训练的基础上联合下肢康复机器人治疗,可促进患者及早下床活动,增加活动频率与强度,从客观意义上讲有助于降低 DVT 发生风险。下肢康复机器人、IPC 均为外治技术,具有无侵入性、操作安全、方法简单、费用低廉、效果明显等优点,深受临床医师及患者认可与赞同。

本研究局限性在于样本病例数较小、以回顾性研究为主、病例选取及随访时限较短等,影响了结果的一般性、代表性及普遍性。因此,仍旧需要临床扩大样本量、展开多中心、大样本前瞻性研究、延长病例选

取及随访时限,为评估下肢康复机器人联合 IPC 在脑损伤后肢体运动功能障碍康复治疗中对 DVT 的预防效果提供更多参考依据。

4 结论

脑损伤后肢体运动功能障碍患者采纳下肢康复机器人联合 IPC 治疗,可有效提高患者生活能力、平衡能力,减轻神经功能受损症状,调节凝血-纤溶指标,改善下肢血液循环,降低 DVT 发生率,促进机体早日康复,值得临床参考及借鉴。

【参考文献】

- [1] TANAKA T, ITO T, SUMIZONO M, *et al.* Combinational Approach of Genetic SHP-1 Suppression and Voluntary Exercise Promotes Corticospinal Tract Sprouting and Motor Recovery Following Brain Injury[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2020, 34(6):558-570.
- [2] 曾劲松,罗刚,张占伟,等. 龙琥醒脑颗粒治疗重型颅脑损伤的疗效及对血清 TNF- α 、IL-6 的影响[J]. *中国中医急症*, 2020, 29(2):245-248.
- [3] 汤睿,高智,杜敏,等. 凝血功能动态变化对急性颅脑损伤患者孤立性下肢远端深静脉血栓发生和进展的预测价值[J]. *中华危重病急救医学*, 2021, 33(6):721-726.
- [4] 岳少娟,张爽,曹礼. 间歇性充气加压装置结合中凹卧位预防腹腔镜肝叶切除术后老年患者下肢深静脉血栓的效果及其对下肢血流速度与凝血功能的影响[J]. *山西医药杂志*, 2022, 51(9):982-985.
- [5] 朱玉,陈亚丽. 预见性护理联合间歇充气加压泵对 ICU 重症患者深静脉血栓发生率的作用[J]. *血栓与止血学*, 2021, 27(3):514-515.
- [6] 娄天伟,田梦,刘彦彬,等. 本体感觉神经肌肉促进疗法躯干训练结合神经肌肉电刺激对卒中患者平衡功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(8):986-989.
- [7] 李章哈,黎华茂,艾年年. 通督调神针刺法联合康复运动治疗卒中恢复期偏瘫肢体运动功能障碍的临床观察[J]. *广州中医药大学学报*, 2021, 38(7):1401-1406.
- [8] MAO X, TERPOLILLI N A, WEHN A, *et al.* Progressive Histopathological Damage Occurring Up to One Year after Experimental Traumatic Brain Injury Is Associated with Cognitive Decline and Depression-Like Behavior [J]. *J Neurotrauma*, 2020, 37(11):1331-1341.
- [9] 王微,方传勤,曹磊,等. 中性粒细胞/淋巴细胞比值、NIHSS 评分和侧支循环 Tan 评分联合预测前循环大血管闭塞性卒中患者静脉溶栓转归[J]. *国际脑血管病杂志*, 2022, 30(2):88-93.
- [10] 王赛华,施加加,孙莹,等. 简体版改良 Barthel 指数在卒中恢复期中的信度与效度研究[J]. *中国康复*, 2020, 35(4):179-182.
- [11] 周青青,施加加,倪波业. 扩展 Barthel 指数与功能独立性量表在评定卒中患者日常生活活动功能等级中的对比分析[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2021, 43(7):602-606.
- [12] 高文进,杨学,周赤忠. 醒脑静注射液联合依达拉奉治疗重型颅脑损伤的疗效观察以及对血清脑血红蛋白的影响[J]. *现代药物与临床*, 2021, 36(2):311-315.
- [13] COUCH J R, STEWART K E. Persistence of headache and its relation to other major sequelae following traumatic brain injury at 2-8 years after deployment-related traumatic brain injury in veterans of Afghanistan and Iraq wars[J]. *Headache*, 2022, 62(6):700-717.
- [14] 薛婷,贾娜. 重型颅脑损伤患者并发下肢深静脉血栓形成的预防及护理[J]. *血栓与止血学*, 2022, 28(3):713,715.
- [15] 孙晓敏,孙晓红. 间歇性充气加压预防重度颅脑损伤患者下肢深静脉血栓形成的效果[J]. *血栓与止血学*, 2022, 28(1):173-174.
- [16] 武丹,付莹颖,刘彦莉,等. 核心稳定性训练联合高压氧对脑梗死恢复期患者血液流变学、脑能量代谢和血清 NGF、NSE、MBP 的影响[J]. *现代生物医学进展*, 2022, 22(11):2118-2122.
- [17] 崔振华,宋振华. 核心稳定性训练联合早期肌内效贴对卒中后本体感觉和平衡功能障碍的影响[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2021, 19(6):1015-1019.
- [18] 曲斯伟,朱琳,钱龙,等. 镜像视觉反馈训练联合下肢康复机器人对卒中患者下肢运动功能的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2022, 44(1):30-34.
- [19] 王晓铃,马颖,华永萍,等. 骨盆带控制联合下肢康复机器人辅助对老年卒中偏瘫病人平衡功能和步行效率的影响[J]. *实用老年医学*, 2022, 36(7):706-709,714.
- [20] 范利斌,刘彩霞,曹晓凯,等. 急性颅脑损伤患者心肺复苏后凝血功能变化及其脑损伤相关性研究[J]. *中华保健医学杂志*, 2021, 23(2):186-189.
- [21] 李晓丹,张宝翠,李丽晶,等. 呋达帕胺联合厄贝沙坦对高血压并发充血性心力衰竭患者的疗效及凝血-纤溶系统的影响[J]. *西部医学*, 2021, 33(7):1060-1064.
- [22] 叶思思,王哲伟,卓飞男. 下肢被动运动康复机联合神经肌肉电刺激对脑出血急性期患者凝血功能和下肢深静脉的影响[J]. *江苏医药*, 2022, 48(10):1037-1040.
- [23] 王小曼,文婷,饶珈琦. 间歇性充气加压装置的使用及护理对胸腔镜肺癌术后患者凝血功能的影响[J]. *血栓与止血学*, 2021, 27(4):675-676.
- [24] 夏晓咪,蒋孝翠,赵秦,等. 序贯应用全身振动训练和下肢康复机器人训练对不完全性脊髓损伤患者下肢功能的影响[J]. *江苏医药*, 2022, 48(8):801-804.
- [25] 冯昱宁,李开南,贾子善. 平衡障碍康复机器人在老年下肢骨折患者术后康复中的应用效果研究[J]. *中国全科医学*, 2021, 24(25):3233-3237.

(收稿日期:2023-03-06;修回日期:2023-09-23;编辑:王小菊)