

电针干预对早期 MCAO 大鼠步态的影响

李明哲^{1,2}, 须燕玲³, 张英杰², 郑飞¹, 汪文静¹, 徐鸣曙², 单春雷¹

(1. 上海中医药大学, 上海 201203; 2. 上海市针灸经络研究所, 上海 200030; 3. 上海市宝山区仁和医院, 上海 200431)

【摘要】 目的 建立大脑中动脉阻塞(MCAO)模型, 动态观察电针干预对早期脑缺血大鼠步态的影响。**方法** 24 只雄性SD大鼠随机分为假手术组(S)、模型组(M)和电针组(EA), 每组8只。制备MCAO大鼠模型后, EA组选取双侧曲池、足三里进行气麻下电针干预5 d。记录3组干预前后体质量、神经功能缺损评分(NDS)、脑血流、步态的变化。**结果** 与S组比较, M组在D1、D5、D7时体质量显著下降($P < 0.05$); 与M组比较, EA组D5、D7体质量显著上升($P < 0.05$)。与S组比较, M组各时间点NDS显著增加($P < 0.05$); 与M组比较, EA组NDS在D5时显著减少($P < 0.05$)。与S组比较, M组脑血流量在D1、D5、D7时显著下降($P < 0.05$); 与M组比较, EA组脑血流量在D1和D5时上升($P < 0.05$)。与S组比较, M组D1和D5时平均血流速度显著下降($P < 0.05$); 与M组比较, EA组与D5时平均血流速度显著上升($P < 0.05$)。M组在D1时右前最大接触面积、压印面积均值、压印宽度均值、支撑相均值较其他两组显著增加($P < 0.05$); M组在D1时平均速度、右前步长均值较其他两组显著降低($P < 0.05$)。**结论** 电针干预早期MCAO大鼠可促进步态的恢复。

【关键词】 电针; MCAO 模型; 步态分析; 运动障碍; 大鼠

【中图分类号】 R2-03 **【文献标志码】** A

DOI:10.13460/j.issn.1005-0957.2021.01.0095

Effect of Electroacupuncture Intervention on Gait of Early-stage MCAO Rats LI Ming-zhe^{1,2}, XU Yan-ling³, ZHANG Ying-jie², ZHENG Fei¹, WANG Wen-jing¹, XU Ming-shu², SHAN Chun-lei¹. 1.Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China; 2.Shanghai Research Institute of Acupuncture and Meridian, Shanghai 200030, China; 3.Renhe Hospital of Baoshan District, Shanghai 200431, China

[Abstract] Objective By establishing a middle cerebral artery occlusion (MCAO) model, to observe the effect of acupuncture intervention on the gait of early-stage cerebral ischemia rats in a dynamic manner. **Method** Twenty-four male Sprague-Dawley (SD) rats were randomized into a sham-operation (S) group, a model (M) group and an electroacupuncture (EA) group, with 8 rats in each group. When the MCAO rat model was successfully established, the EA group was treated with RA intervention at bilateral Quchi (LI11) and Zusanli (ST36) under gas anesthesia for 5 d. The body weight, Neurological Deficit Score (NDS), cerebral blood flow and gait were observed before and after intervention in the three groups. **Result** Compared with the S group, the body weight decreased significantly at D1, D5 and D7 in the M group ($P < 0.05$); compared with the M group, the body weight increased significantly at D5 and D7 in the EA group ($P < 0.05$). Compared with the S group, the NDS increased significantly in the M group at every time point ($P < 0.05$); compared with the M group, the NDS decreased significantly in the EA group at D5 ($P < 0.05$).

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(81874035); 上海市优秀学术带头人项目(19XD1403600); 上海市卫生健康委智慧医疗专项(2018ZHYL0216); 上海申康医院发展中心临床科技创新项目(SHDC12018126); 国家重点研发计划(2018YFC2001600/04)

作者简介: 李明哲(1985—), 女, 助理研究员, 博士, Email: xiaoming308@163.com

通信作者: 单春雷(1972—), 男, 教授, 博士生导师, Email: shanclhappy@163.com

Compared with the S group, the cerebral blood flow dropped significantly in the M group at D1, D5 and D7 ($P<0.05$); compared with the M group, the cerebral blood flow increased in the EA group at D1 and D5 ($P<0.05$). Compared with the S group, the mean blood flow velocity declined significantly in the M group at D1 and D5 ($P<0.05$); compared with the M group, the mean blood flow velocity increased significantly in the EA group at D5 ($P<0.05$). At D1, the right anterior maximum contact area, mean print area, mean print width and mean stance phase were significantly increased in the M group compared with the other two groups ($P<0.05$); the average speed and right anterior step length were significantly decreased in the M group at D1 compared with the other two groups ($P<0.05$). **Conclusion** EA intervention can boost the recovery of gait in early-stage MCAO rats.

[Key words] Electroacupuncture; MCAO model; Gait analysis; Dyskinesia; Rats

缺血性卒中, 中医学称之为卒中, 系由各种原因所致的局部脑组织区域血液供应障碍, 导致脑组织缺血缺氧性病变坏死, 进而产生临床上对应的神经功能缺失。在中国, 卒中已超过恶性肿瘤居致死病因首位^[1], 卒中疾病负担比过去 30 年增加, 负担最大的地区是在北部和中部地区^[2]。缺血性卒中可引发多种复杂的病理变化, 其治疗一是抵抗脑细胞缺血损伤; 二是保护脑细胞, 促进修复再生, 如促进神经、血管的保护与再生^[3]。随着医疗的进步、治疗水平的提高, 卒中的致死率降低, 但其后遗症的患者群体显著增长, 急需寻求简、便、廉、效的治疗手段。

目前, 电针无法广泛应用于卒中患者的早期康复中, 本课题组多年来一直关注卒中康复, 采用动物实验研究针刺中晚期干预 MCAO 大鼠, 有一定的疗效^[4-5]。故本文用电针干预早期 MCAO 大鼠, 以观测其步态行为的变化, 以期今后的临床研究提供一定的依据和参考。

1 材料与方法

1.1 实验动物与分组

8 周龄健康清洁级 SD 大鼠 24 只, 雄性, 体质量 180~220 g, 由上海斯莱克实验动物有限责任公司提供, 饲养于上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院动物房, 许可证号为 SYXK(沪)2013-0109。饲养环境为昼夜 12 h 交替, 室内温度 25℃, 湿度 50%~60%, 自由摄取食物和水。实验过程对大鼠的各种干预手段均按照科技部 2006 年颁布的《关于善待实验动物的指导性意见》。适应性饲养 3 d 后, 将大鼠按体质量采用 SPSS24.0 的随机法进行随机分组, 分为假手术组、模型组和电针组, 每组 8 只。同时将大鼠进食量控制为

80%, 并开始大鼠步态训练。

1.2 模型制备

参照相关文献^[6]制备 MCAO 模型大鼠。采用 R540 增强型小动物麻醉机(深圳市瑞沃德生命科技有限公司)在气麻下采用颈内动脉线栓法制备大鼠右侧局灶性脑缺血模型, 将大鼠取仰卧位固定于手术台上, 充分暴露右侧颈区, 在右侧 CCA 活结与死结之间(“Y”形交叉处下约 3 mm 处)作切口; 将前端浸蜡的栓线(北京西依科技有限公司, 型号为 2636-A4)插入此切口, 将线栓插至大脑前动脉近段, 堵塞大脑中动脉起始端口。2 h 后缓慢回抽鱼线, 剪去多余栓线, 逐层缝合皮肤。

1.3 干预方法

1.3.1 假手术组(S)和模型组(M)

采用 4%异氟烷、氧气 4 L/min 诱导下麻醉 1 min, 并在 2.5%异氟烷、氧气 0.5 L/min 维持气麻 20 min, 每次气麻 20 min, 连续干预 5 d。

1.3.2 电针组(EA)

造模后 1 d, 采用气麻下电针干预, 根据《实验针灸学》^[7]取足三里(双侧)、曲池(双侧), 采用 0.30 mm × 25 mm 一次性使用无菌针灸针(吴江市云龙医疗器械有限公司, 执行标准 GB2024-94 针灸针)进行针刺。接通 G6805-II 低频电子脉冲治疗仪(上海医用电子仪器厂生产), 连续脉冲波, 刺激频率 2 Hz, 电流范围为 1.5~2 mA, 每次干预 20 min, 连续干预 5 d。

1.4 观察指标

1.4.1 大鼠体质量

分别在大鼠步态训练造模前(B)、造模后 1 d(D1)、造模后 5 d(D5)、造模后 7 d(D7)记录各组大鼠体质量变化。

1.4.2 大鼠神经功能缺损评分 (Neurological Deficit Scores, NDS)

造模完成后 2 h, 待大鼠清醒后采用 Bederson 评分进行 NDS, 0 分为未见行为缺陷; 1 分为肢屈曲, 即提尾悬空试验阳性; 2 分为侧推抵抗力下降, 即侧向推力试验阳性, 伴前肢屈曲, 无转圈行为; 3 分同 2 级行为, 伴自发性旋转。评分为 2 分及以上表明模型大鼠大脑中动脉阻塞成功, 即清醒后出现左前肢屈曲, 站立不稳, 前进时向左侧倾斜。记录 B、造模后 2 h(2 h)、D1、D5、D7 的 NDS。

1.4.3 脑血流

测定右侧大脑中动脉供血区域血流值, 当所示数值平稳时开始记录, 每次记录时间 > 3 min, 并记录 B、2 h、D1、D5、D7 时的血流变化值及平均血流速度, 血流灌注单位为 PU。

1.4.4 步态分析

采用荷兰 Noldus 公司 Catwalk 步态分析系统进行大鼠步态训练。将大鼠饲养在行为学实验环境中进行适应性生活 3 d, 然后每日 16:00—20:00 对大鼠进行步态训练, 以大鼠顺利通过整个玻璃板为 1 次, 每日训练 5 次, 每次不少于 10 步, 共连续训练 10 d。分别记录 B、D1、D5、D7 时大鼠的四足步态数据。

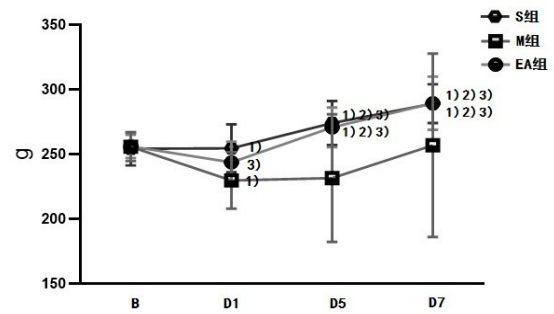
1.5 统计学方法

应用 SPSS24.0 软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以均数 ± 标准差表示, 采用重复测量方差分析, LSD 检验比较组间差异, 对学生化残差的分析, 以 Mauchly's 检验是否满足球形假设, 有交互作用, 分析各因素的单独效应; 无交互作用时, 分析各因素的主效应, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3 组不同时间体质量比较

体质量组别和时间无交互作用 ($P < 0.05$)。不同时间比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); M 组、EA 组 D1 时体质量较 B 显著下降 ($P < 0.05$); S 组、EA 组的体质量 D5、D7 与 B 及 D1 比较显著上升 ($P < 0.05$)。组间比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 与 S 组比较, M 组在 D1、D5、D7 时体质量显著下降 ($P < 0.05$); 与 M 组比较, EA 组 D5、D7 体质量显著上升 ($P < 0.05$)。详见图 1。

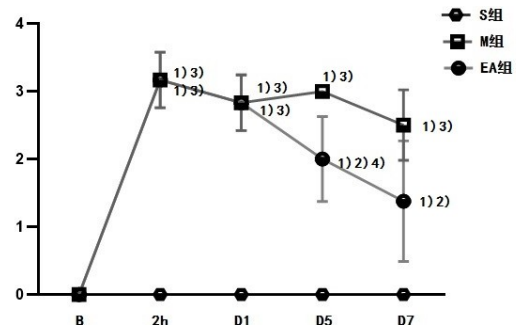


注: 与同组 B 比较 ¹⁾ $P < 0.05$; 与同组 D1 比较 ²⁾ $P < 0.05$; 与 M 组比较 ³⁾ $P < 0.05$

图 1 3 组不同时间体质量比较 ($\bar{x} \pm s, g$)

2.2 3 组不同时间 NDS 比较

NDS 组别和时间无交互作用 ($P < 0.05$)。不同时间比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); M 组 2 h、D1、D5 的 NDS 较 B 显著上升 ($P < 0.05$); EA 组各时间点 NDS 比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), EA 组 D5、D7 较 2 h 显著下降 ($P < 0.05$)。组间比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 与 S 组比较, M 组各时间点 NDS 显著增加 ($P < 0.05$); 与 M 组比较, EA 组 NDS 在 D5 时显著减少 ($P < 0.05$)。详见图 2。

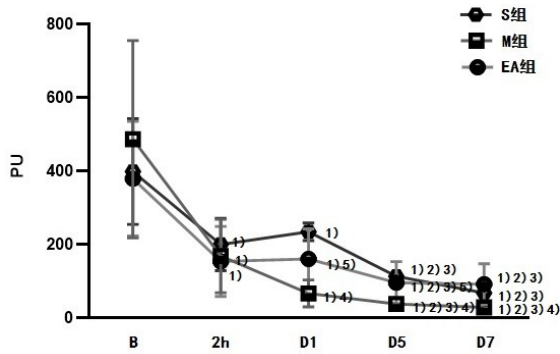


注: 与同组 B 比较 ¹⁾ $P < 0.05$; 与同组 2 h 比较 ²⁾ $P < 0.05$; 与 S 组比较 ³⁾ $P < 0.05$; 与 M 组比较 ⁴⁾ $P < 0.05$

图 2 3 组不同时间 NDS 比较 ($\bar{x} \pm s, 分$)

2.3 3 组不同时间脑血流量比较

脑血流量组别和时间无交互作用 ($P > 0.05$)。组间比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 与 S 组比较, M 组脑血流量在 D1、D5、D7 时显著下降 ($P < 0.05$); 与 M 组比较, EA 组脑血流量在 D1 和 D5 时上升 ($P < 0.05$)。不同时间脑血流量比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 与 B 时比较, 各组其他时间点脑血流量显著下降 ($P < 0.05$); 与 2 h 和 D1 时比较, 各组 D5 和 D7 时间点脑血流量显著下降 ($P < 0.05$)。详见图 3。



注:与同组 B 比较¹⁾ $P < 0.05$;与同组 2 h 比较²⁾ $P < 0.05$;与同组 D1 比较³⁾ $P < 0.05$;与 S 组比较⁴⁾ $P < 0.05$;与 M 组比较⁵⁾ $P < 0.05$

图 3 3 组不同时间脑血流量比较 ($\bar{x} \pm s$, PU)

表 1 3 组平均血流速度比较

($\bar{x} \pm s$, PU)

组别	n	B	2 h	D1	D5	D7
S 组	8	102.80 ± 41.98	99.75 ± 59.76	89.42 ± 16.95	55.08 ± 12.94 ¹⁾²⁾	48.73 ± 24.02 ¹⁾²⁾
M 组	8	129.28 ± 45.93	65.55 ± 37.44 ¹⁾	29.68 ± 20.20 ¹⁾³⁾	43.47 ± 6.56 ¹⁾³⁾	34.67 ± 14.26 ¹⁾
EA 组	8	100.82 ± 32.51	64.35 ± 28.32	30.07 ± 18.74 ¹⁾³⁾	67.32 ± 25.50 ²⁾⁴⁾	60.12 ± 29.35 ¹⁾

注:与同组 B 比较¹⁾ $P < 0.05$;与同组 D1 比较²⁾ $P < 0.05$;与 S 组比较³⁾ $P < 0.05$;与 M 组比较⁴⁾ $P < 0.05$

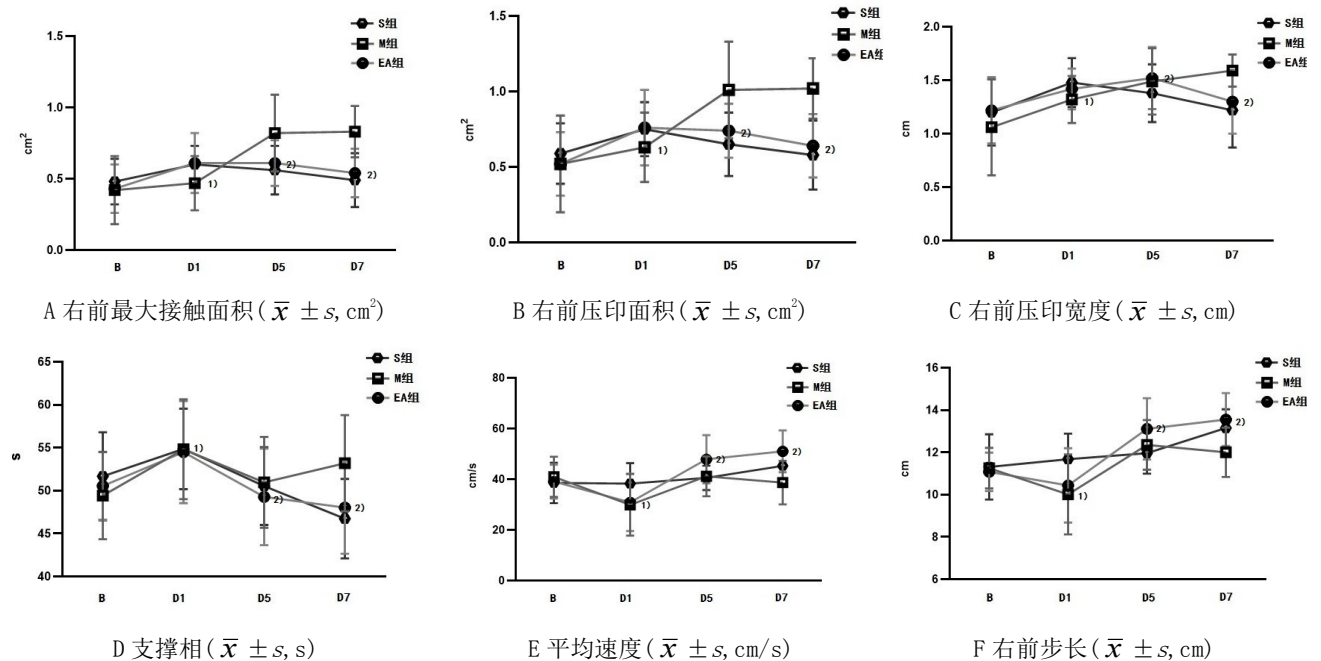
2.5 3 组干预前后步态分析结果比较

时间参数(平均速度)、空间参数(最大接触面积、压印面积、压印宽度、支撑相、步长)组别和时间有交互作用($P < 0.05$),组别和不同时间比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。与 S 组比较, M 组在 D1 时右前最大接触面积、压印面积均值、压印宽度均值、支撑相均值

2.4 3 组平均血流速度比较

平均血流速度组别与时间有交互作用($P < 0.05$)。组间比较,差异有统计学意义($P < 0.05$);与 S 组比较, M 组 D1 和 D5 时平均血流速度显著下降($P < 0.05$);与 M 组比较, EA 组与 D5 时平均血流速度显著上升($P < 0.05$)。不同时间比较,差异有统计学意义($P < 0.05$);与 B 时比较, S 组 D5、D7 时平均血流速度显著下降($P < 0.05$), M 组其他时间点显著下降($P < 0.05$), EA 组 D1、D7 显著下降($P < 0.05$);与 D1 时比较, S 组 D5、D7 平均血流速度显著下降($P < 0.05$), EA 组 D5 显著上升($P < 0.05$)。详见表 1。

显著增加($P < 0.05$),平均速度、右前步长均值显著降低($P < 0.05$);与 M 组比较, EA 组在 D5、D7 时右前最大接触面积、压印面积均值、压印宽度均值、支撑相均值显著降低($P < 0.05$),平均速度、右前步长均值显著增加($P < 0.05$)。详见图 4。



注:与 S 组比较¹⁾ $P < 0.05$;与 M 组比较²⁾ $P < 0.05$

图 4 步态分析结果

3 讨论

近年来, 卒中的康复干预主要集中在慢性康复期, 研究显示, DAPT 能够促进移植的 NSCs 向神经元分化, 对脑缺血大鼠神经干细胞移植后有神经保护作用^[8], 血府逐瘀丸对慢性脑缺血大鼠脑部 NOX 表达起保护脑缺血的作用^[9], 栀子苷可以透过血脑屏障, 推测黄芩苷、栀子苷(7:3) 配伍可能通过抑制兴奋性氨基酸的释放而发挥脑保护作用^[10]。事实上康复的早期介入尤为重要, 已有研究显示早期的主动性的康复治疗方式能使卒中患者的运动功能得到改善^[11-13]。

以往研究中, 多采用激光多普勒血流仪(laser doppler flowmetry, LDF)测定缺血再灌注大鼠局部脑血流量以判断 MCAO 模型大鼠是否制作成功, 而连续的血流监测也开始用于 MCAO 模型大鼠的研究中, 如丹灯通脑胶囊、眼针、EA 均可提高缺血早期梗死侧局部脑血流量或脑血流速度、增加健侧对梗死侧的血流代偿^[14-16]。本研究发现 M 组的血流量在 D1、D5、D7 时显著下降($P < 0.05$); 说明脑缺血后会造成脑血流量减少, 而与 M 组比较, EA 组脑血流量在 D1 和 D5 时上升($P < 0.05$), 说明早期的电针干预可以增加脑部的血流量, 改善脑部因缺血缺氧造成的损伤。平均血流速度中, S 组 D5、D7 时较 B 及 D1 时显著下降($P < 0.05$), 说明连续的气麻下监测对正常大鼠的脑血流也会产生一定的影响; 与 S 组比较, M 组 D1 和 D5 时平均血流速度显著下降($P < 0.05$), 说明模型组的血流速度是持续下降的, 脑损伤不可逆, 而因为早期的电针干预, EA 组的平均血流速度上升, 脑损伤可能得到了一定程度的修复, 说明干预电针起到脑保护作用, 从而可能减少运动功能损伤。

行为学变化是神经功能的直观体现, 步态是构成大鼠进行行为的基本要素, 步态指标多种多样, 主要分为时间特征参数、空间特征参数以及时空特征参数, 其中时间特征指标包括步态周期、支撑相、摆动相以及支撑系数等^[17]。运动学测量的本质是对动物进行行为的定量和详细描述, CatWalk 是一种评估运动行为的方法, 较其他行为学检测手段而言具有明显的优势, 它可实时捕捉及自动化分析大鼠的日常动作, 经过步态训练, 形成步态模式, 避免了人为观察导致的干扰因素, 更为客观评价大鼠的行为学变化, 如评估切口痛模型早期机械性痛觉超敏^[18], 且运动训练本身对运动功能康复也是有作用的^[19], 这样的动物行为学研究和临

床研究也更切合。

大鼠的步态行为是各个肢体共同协调运动行为的结果, 不同的动物模型, 步态行为异常表现往往不一样, 但主要关注各足的步宽、步行周期、支撑时长、摆动时长、足迹平均面积、平均强度等^[20]。本研究结果发现, M 组大鼠 D1 时右前最大接触面积、压印面积、压印宽度增加, EA 组明显下降, 这 3 个参数有可能作为评价 EA 或其他干预手段是否起效的指标, 表明了存在步态代偿的情况, 即两侧肢体的支撑系数均增大(如拖行步态), 以减小患肢承受的压力。步速是步态时空特征指标, 它影响着步态周期, 是步态分析中的时间参数, 本研究发现, M 组大鼠 D1、D5 和 D7 时平均速度均值降低, EA 组 D5、D7 时升高。M 组大鼠 D1、D5 和 D7 时步长均值降低, EA 组 D5、D7 时升高。M 组大鼠支撑相 D1、D5 和 D7 升高, EA 组 D5、D7 时下降。

针刺治疗卒中后运动功能障碍历史悠久, 电针能够改善局灶性脑缺血后大脑神经元的损伤, 对神经功能的恢复具有一定的促进作用^[21]; 促进局灶性脑缺血大鼠神经功能恢复, 可能与血管新生抑制因子 ES、TSP-1 的表达下调有关^[22]。本研究选择双侧曲池、足三里 1.5~2 mA 的刺激强度、进行电针干预, 以起到自下而上的脑功能调节作用。研究显示电针曲池、足三里可促进脑缺血大鼠皮质 BDNF 的合成和分泌, 上调 SYN 的表达, 可能在调控脑可塑性方面发挥重要作用^[23]; 可改善脑缺血大鼠的神经缺损症状, 作用机制可能与 PI3K/AKT 信号通路有关^[24]。足三里穴属于足阳明经, 曲池穴属于手阳明大肠经, 两穴均是本经的“合穴”, 经气由此汇聚, 阳明经多气多血, 对卒中后肢体活动不利尤为适宜, 两穴合用具有调和阴阳、益气养血之效。

本研究的创新之处在于对步态行为的无干扰的标准化步态训练方式, 使其形成一种行为模式, 故在 MCAO 模型的早期-D1 就可进行步态测试, 得到最真实有效数据, 而这在临床中是很难实现的。本研究发现了在步态功能检测中有意义的参数, 从而可以更好地了解脑神经功能, 将脑神经功能划分得更细微, 为临床提供更好的向导。

综上所述, 大鼠脑缺血发生后步态行为中最大接触面积、压印面积、压印宽度、压印长度等参数持续上升, 可能与脑缺血后运动功能障碍有直接关系, 脑缺血不仅损伤动物的运动功能, 而且会造成认知障碍, 电针干预不仅对运动功能有促进作用, 对认知功能也有

作用,但本研究没有涉及,所以在今后的研究中都应该继续深入研究,以进一步阐明其意义,为临床研究提供更多的依据。

参考文献

[1] 付雨鑫,丰宏林.人血白蛋白在缺血性脑卒中临床应用中的进展[J].中国老年学杂志,2017,37(22):5732-5735.

[2] Wang W, Jiang B, Sun H, et al. Prevalence, Incidence, and Mortality of Stroke in China: Results from a Nationwide Population-Based Survey of 480 687 Adults[J]. *Circulation*, 2017, 135(8):759-771.

[3] 张杏林,徐鸣曙,张英杰,等.针刺治疗脑缺血再灌注损伤机制研究进展[J].江苏中医药,2017,49(12):85-88.

[4] 徐鸣曙,陈春艳,李昌植,等.电针对脑缺血再灌注大鼠纹状体D1R和DAT表达的影响[J].上海针灸杂志,2015,34(8):791-793.

[5] 徐鸣曙,韩清,张英杰,等.电针和肾上腺髓质素抗脑缺血再灌注损伤中神经血管效应的初步研究[J].上海针灸杂志,2017,36(7):846-851.

[6] 刘勇,王洪,赵军,等.针刺介入时机对缺血性中风大鼠神经功能评分和Bcl-2、Bax表达的影响[J].环球中医药,2014,7(8):581-586.

[7] 林文注.实验针灸学[M].上海:上海科学技术出版社,1994:288-289.

[8] 刘宗秀,张紫微,周晓红,等. γ -分泌酶抑制剂对脑缺血大鼠神经干细胞移植后神经保护作用[J].解剖学报,2019,50(2):145-151.

[9] 张琳,高勇.血府逐瘀丸对双侧颈总动脉永久结扎致慢性脑缺血大鼠的保护作用及对脑部NOX表达的影响[J].现代中西医结合杂志,2019,28(4):383-388.

[10] 李豪,何林,高原雪,等.微透析法测定脑缺血损伤后黄芩苷、栀子苷及兴奋性氨基酸含量变化[J].中药药理与临床,2019,35(1):107-112.

[11] Boonzaier J, van Tilborg GAF, Neggers SFW, et al. Noninvasive Brain Stimulation to Enhance Functional Recovery After Stroke: Studies in Animal Models[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2018, 32(11):927-940.

[12] 王玉龙.早期康复治疗对急性脑卒中患者预后的影响[J].中西医结合心血管病电子杂志,2018,6(26):41

-42.

[13] 姚建宁,上官豪,王鲜,等.电针对缺血性脑卒中大鼠运动功能CatWalk行为学的影响[J].中国康复医学杂志,2016,31(5):499-504.

[14] 李丹,吴思鹏,侯金才,等.丹灯通脑胶囊对脑缺血/再灌注损伤大鼠的保护作用研究[J].中国药理学杂志,2019,54(20):1670-1676.

[15] 王丽芬,姚艳玲,崔景军.电针人中穴对大鼠中动脉梗死大鼠脑皮质局部血流量的影响[J].吉林中医药,2019,39(10):1339-1341,1346.

[16] 徐畅,邵东梅,马贤德,等.眼针和体针对24h脑缺血再灌注损伤M大鼠脑血流和脑源性神经营养因子表达的影响[J].中华中医药学刊,2019,37(9):2178-2181.

[17] 季苇,刘晓莉,乔德才.大鼠进行行为的评价及其应用研究现状[J].中国比较医学杂志,2016,26(7):67-73.

[18] 吴廷丽,雷洪伊,王玲玲,等.CatWalk步态分析用于大鼠切口痛模型的评估[J].中国疼痛医学杂志,2012,18(8):483-488.

[19] 安普天,朱文文,李脉超,等.运动训练对背根神经节切除模型大鼠运动功能的影响[J].中国组织工程研究,2018,22(16):2537-2541.

[20] 关亚兰,董世芬,张胜威,等.实验性血管性痴呆大鼠模型的实时步态行为分析[J].中国比较医学杂志,2015,25(1):59-65.

[21] 刘荣,许能贵,杨忠华,等.电针百会、大椎对局灶性脑缺血大鼠神经细胞形态学的影响[J].中华中医药杂志,2018,33(8):3276-3279.

[22] 李斯亮,唐巍,龚丽,等.电针对局灶性脑缺血大鼠缺血皮质区内皮抑素、血小板反应蛋白-1表达的影响[J].安徽中医药大学学报,2019,38(1):39-43.

[23] 赵嘉培,黄丹霞,黄赛娥,等.电针“曲池”和“足三里”对脑缺血大鼠皮质突触素、脑源性神经营养因子表达的影响[J].中国动脉硬化杂志,2017,25(11):1099-1106.

[24] 唐冕,章琪,陈红霞.针刺足三里、曲池对MCAO模型大鼠梗死周围组织PI3K/AKT信号通路表达的影响[J].世界中医药,2018,13(3):707-710.

收稿日期 2020-06-18