

电针对正常小鼠血清单胺类神经递质的影响

裴丽娟^{1,2}, 冯晨晨^{1,2}, 姚超², 叶子^{1,2}, 张衡楠^{1,2}, 孙栩秋¹, 王珂¹, 周嘉¹

(1. 上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院, 上海 200437; 2. 上海中医药大学, 上海 201203)

【摘要】 目的 观察单次电针对小鼠血清中单胺类神经递质的影响。**方法** 30 只雄性 C57BL/6J 小鼠随机分为对照组和电针组, 每组 15 只。电针组单次电针双侧足三里穴, 对照组仅予电针组相同的束缚。采用高效液相色谱仪测定电针干预前及干预后 1 h、2 h、4 h、8 h、24 h 血清中去甲肾上腺素(norepinephrine, NE)、多巴胺(dopamine, DA)及其代谢产物 3,4-二羟苯乙酸(3,4-dihydroxyphenylacetic acid, DOPAC)、5-羟色胺(5-hydroxytryptamine, 5-HT)及其代谢产物 5-羟基吲哚乙酸(5-hydroxyindole acetic acid, 5-HIAA)的含量。**结果** 干预前, 两组血清各单胺类神经递质比较, 差异无统计学意义($P>0.05$)。两组干预后 1 h、2 h、4 h 和 8 h 血清 NE 含量较干预前降低($P<0.05$, $P<0.01$); 电针组干预后 24 h 血清 NE 含量显著低于对照组和干预前($P<0.01$)。两组干预后血清 DA 含量和 DOPAC/DA 比值在各个时间点均降低($P<0.05$, $P<0.01$), 对照组干预后 2 h 血清 DOPAC 含量较干预前降低($P<0.05$), 电针组干预后 4 h 和 8 h 血清 DOPAC 含量较干预前升高($P<0.01$); 电针组干预后 2 h、4 h、8 h 和 24 h 血清 DA 含量高于对照组($P<0.05$, $P<0.01$), DOPAC/DA 比值低于对照组($P<0.01$)。两组干预后各时间点血清 5-HT 含量均降低($P<0.01$), 两组血清 5-HIAA 在各个时间点差异无统计学意义($P>0.05$); 对照组干预后 8 h 和 24 h 血清 5-HIAA/5-HT 比值较干预前降低($P<0.05$), 电针组干预后 1 h、4 h 和 24 h 血清 5-HIAA/5-HT 比值较干预前升高($P<0.01$); 电针组干预后 2 h 和 4 h 血清 5-HT 含量低于对照组($P<0.05$), 干预后 1 h、4 h、8 h 和 24 h 血清 5-HIAA/5-HT 比值高于对照组($P<0.01$, $P<0.05$)。**结论** 单次电针可对生理状态下小鼠外周血清单胺类神经递质的含量产生影响。

【关键词】 电针; 穴, 足三里; 去甲肾上腺素; 多巴胺; 5-羟色胺; 小鼠

【中图分类号】 R2-03 **【文献标志码】** A

DOI:10.13460/j.issn.1005-0957.2023.11.1215

Effect of electroacupuncture on serum monoamine neurotransmitters in normal mice PEI Lijuan^{1,2}, FENG Chenchen^{1,2}, YAO Chao², YE Zi^{1,2}, ZHANG Yanan^{1,2}, SUN YuQiu¹, WANG Ke¹, ZHOU Jia¹. 1.Yueyang Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200437, China; 2.Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China

[Abstract] Objective To observe the effect of a single session of electroacupuncture on monoamine neurotransmitters in serum of mice. **Method** Thirty male C57BL/6J mice were randomly divided into the control group and the electroacupuncture group, 15 mice in each group. In the electroacupuncture group, a single session of electroacupuncture was applied to bilateral Zusanli (ST 36), while the control group was treated with the same restraint as the electroacupuncture group. High performance liquid chromatography was used to determine norepinephrine (NE) and dopamine (DA) and its metabolites phenylacetic acid 3,4-dihydroxyphenylacetic acid (DOPAC),

基金项目: 国家自然科学基金项目(82074163, 81973940); 上海市针灸临床医学研究中心(20MC1920500); 上海市临床重点专科项目(shslczdzk04701)

作者简介: 裴丽娟(1995—), 女, 2021 级博士生, Email:plj2021817@126.com

通信作者: 王珂(1980—), 男, 研究员, 硕士生导师, Email:wangke8430@163.com

周嘉(1964—), 男, 教授, 博士生导师, Email:pdzhoujia@163.com

5-hydroxytryptamine (5-HT) and its metabolite 5-hydroxyindole acetic acid (5-HIAA) in serum before and 1 h, 2 h, 4 h, 8 h and 24 h after electroacupuncture intervention. **Result** Before the intervention, there was no significant difference in serum monoamine neurotransmitters between the two groups ($P>0.05$). The serum NE content in the two groups at 1 h, 2 h, 4 h and 8 h after intervention was lower than that before intervention ($P<0.05$, $P<0.01$). The serum NE level in the electroacupuncture group at 24 h after intervention was significantly lower than that in the control group and before intervention ($P<0.01$). After intervention, the serum DA content and DOPAC/DA ratio in the two groups were decreased at each time point ($P<0.05$, $P<0.01$). The serum DOPAC content of the control group at 2 h after intervention was lower than that before intervention ($P<0.05$), and the serum DOPAC content in the electroacupuncture group at 4 h and 8 h after intervention was higher than that before intervention ($P<0.01$). At 2 h, 4 h, 8 h and 24 h after intervention, the serum DA content in the electroacupuncture group was higher than that in the control group ($P<0.05$, $P<0.01$), and the DOPAC/DA ratio was lower than that in the control group ($P<0.01$). After intervention, the serum 5-HT content in the two groups were decreased at each time point ($P<0.01$), while there was no significant difference in serum 5-HIAA in the two groups at each time point ($P>0.05$). The serum 5-HIAA/5-HT ratio at 8 h and 24 h after intervention in the control group was lower than that before intervention ($P<0.05$), and the serum 5-HIAA/5-HT ratio at 1 h, 4 h and 24 h after intervention in the electroacupuncture group was higher than that before intervention ($P<0.01$). The serum 5-HT content of the electroacupuncture group was lower than that of the control group at 2 h and 4 h after intervention ($P<0.05$), and the serum 5-HIAA/5-HT ratio at 1 h, 4 h, 8 h and 24 h after intervention was higher in the electroacupuncture group than in the control group ($P<0.01$, $P<0.05$). **Conclusion** A single session of electroacupuncture can affect the content of serum monoamine neurotransmitters in peripheral blood of mice in physiological state.

[Key words] Electroacupuncture; Acupoint, Zusanli (ST 36); Norepinephrine; Dopamine; 5-hydroxytryptamine; Mice

针刺治疗疾病具有整体调节作用,并具有双向的特性^[1]。针刺效应的产生被认为与“神经-内分泌-免疫”网络途径密切相关,具有多环节、多靶向的特征^[2]。其中,针刺效应的产生与神经系统密切相关,针刺通过刺激机体穴位引起神经传入纤维的冲动,针刺信号从外周上传至中枢神经系统后进行逐级整合和持续传递^[3],反馈下行调节机制,同时促发内分泌和免疫系统,协同发挥整体调控效应。在这个过程中针刺可引起不同层级神经递质活性和水平的变化^[4]。由此可见,神经系统是促发针刺效应产生的必要条件和始动因素^[5]。

神经递质是神经元之间或神经元与效应器细胞之间传递信息的化学物质,也是针刺效应产生的物质基础之一。单胺类神经递质既参与腧穴局部针刺信号的启动以及针刺信息在中枢神经系统各个层级的传导和信息整合,又参与针刺对机体各个系统器官活动的调节^[6]。针刺是中医学治未病的重要手段之一,能发挥未病先防和已病防变的作用,如《素问·刺热》:“肝热病者,左颊先赤……病虽未发,见赤色者刺之,名曰治

未病。”足三里是针灸临床防病治病和保健强身的要穴。足三里是足阳明胃经的合穴,“四总穴”之一,也是《针灸聚英》中“回阳九针”的穴位之一。《古法新解会元针灸学》评价足三里为“此穴治病万端,有白术之强,有桂附之热,有参茸之功,有硝黄之力”。更有《千金要方》有“若要安,三里常不干”的论述。现代研究^[7-8]表明,针灸刺激足三里可对机体“神经-内分泌-免疫”网络产生影响,“足三里”在机体不同状态下发挥双向调节效应,从而对机体的生理病理发挥广泛的调节作用。本课题组前期研究^[9-11]表明,单次电针足三里能对中枢神经系统各级中枢发挥广泛的调节作用。

单胺类神经递质在中枢和外周均发挥广泛的生理学效应,也是针刺效应的介导者和发挥效应的物质基础。因此,本文通过研究正常小鼠接受电针足三里处理后不同时间节段血清中单胺类神经递质含量的变化,探索电针对正常机体外周神经递质的调节效应规律,以期部分解析针刺治未病的可能机制。

1 材料与方法

1.1 实验动物及分组

SPF 级健康雄性 C57BL/6J 小鼠 30 只, 5 周龄, 体重 20~22 g, 购自上海斯莱克实验动物有限责任公司, 合格证号 SCXK(沪)2017-0005。动物饲养条件为室温 20~25 °C, 相对湿度 50%~65%, 每日 12 h 光照。实验小鼠自由饮水、普通饲料喂养。适应性饲养 1 周后, 随机分为对照组和电针组, 每组 15 只。实验过程中对待动物遵照国家科学技术部 2006 年颁布的《关于善待实验动物的指导性意见》。

1.2 主要试剂与仪器

所有化学物质均为 HPLC 级, 采用超纯水系统生产超纯水(Milli-Pore, 美国)。标准品盐酸去甲肾上腺素(norepinephrine hydrochloride, NE)、盐酸多巴胺(dopamine hydrochloride, DA)、3,4 二羟基苯乙酸(3,4-dihydroxyphenylacetic acid, DOPAC)、盐酸 5-羟色胺(5-hydroxytryptamine hydrochloride, 5-HT)、5-羟基吲哚乙酸(5-hydroxyindole acetic acid, 5-HIAA)均购于西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司。安捷伦 1200 系列神经递质分析仪(南京利尔实验仪器设备有限公司), 高速离心机(科大创新股份有限公司中佳分公司), 低温冰箱(日本 SANYO 公司), 电化学探测器(Antec SDC ECD, 荷兰), LH 200 型韩氏电针仪(南京济生医疗科技有限公司), 中研太和不锈钢针灸针(0.16 mm×7 mm, 天津亿朋医疗器械有限公司)。

1.3 电针

用特制的棉布束缚装置对小鼠进行束缚, 留小鼠双下肢在布套外, 在束缚的基础上选用 0.16 mm×7 mm 不锈钢针灸针, 75%乙醇常规消毒后直刺双侧足三里。取穴方法参考《实验针灸学》^[12], 通过体表解剖标志的确定以及骨度分寸法进行取穴, 取双侧足三里穴, 足三里定位为膝关节腓骨小头向后 0.5 cm, 在胫骨和腓骨之间, 针刺深度 7 mm。前期预实验进行电针“神经-免疫”调控相关实验时候, 摸索过不同频率、强度和刺激时间, 发现电针频率 10 Hz, 强度 2 mA, 留针时间 30 min 对神经递质和免疫均有较好的调节效应, 因此采用上述电针参数。针刺刺入足三里后, 接通电针仪, 调节电针参数。对照组仅用特制的棉布束缚装置束缚 30 min,

不予电针。

1.4 取材

实验前 3 d, 对小鼠进行环境和人为操作适应性习惯训练。采血时间点分别为电针干预前 1 d 及电针干预后 1 h、2 h、4 h、8 h、24 h, 眼眶取血。每只小鼠取 150~200 μL 血液, 室温静置 1 h, 3 000 r/min 离心 15 min, 将离心后的上清液转移至新的 0.5 mL EP 管, 再次 3 000 r/min 离心 15 min; 从每个 EP 管中各吸取上清液 40 μL。每组小鼠每 3 只小鼠血清混为一个样本。混样后的血清(120 μL/管)加入 8.6 μL 的高氯酸, 室温静置 5 min, 3 000 r/min 离心 15 min, 用移液枪吸出上清(大约为 60 μL/管血清), 置于 -80 °C 保存待测。

1.5 指标检测

将所有试剂标准品分别用 0.1 mol/L 的高氯酸配成质量浓度为 1.0 mg/mL 的标准储备液, 贮存于 4 °C 冰箱内。分析时用 0.1 mol/L 的高氯酸稀释到所需浓度。采用高效液相色谱法测定 NE、DA、DOPAC、5-HIAA 以及 5-HT 等神经递质在血清中的含量。流动相为水: 甲醇为 90:10(含 0.74 mmol/L 辛烷磺酸钠、80 mmol/L 二水合磷酸二氢钠、0.027 mmol/L 乙二胺四乙酸二钠和 2 mmol/L 氯化钾), 磷酸调 pH=3.0, 将样品的上清液注入到 C18 柱(2.2 μm, 2.1×100 mm; 赛默飞世尔科技)中, 温度为 38 °C。用流动相磷酸盐缓冲液磷酸氢二钠 90 mmol/L, 柠檬酸 50 mmol/L, 原硅酸 1.7 mmol/L, EDTA 0.05 μmol/L, 以 0.2 mL/min 的流量进行分离, 检测单元设置为 700 mV, 防护单元设置为 750 mV, 通过化学站(安捷伦科技)对数据进行收集和分析。通过与已知外部标准的比较, 确定峰和相对浓度。NE、DA、DOPAC、5-HIAA 以及 5-HT 各分子的高效液相色谱图见图 1。

1.6 统计学处理

运用 SPSS22.0 软件对所有数据进行统计分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差表示, 多组不同时间点比较采用重复测量双因素方差分析, 若方差不齐, 则采用 LSD 检验进行两两比较; 若方差不齐, 则采用 Tamhane's T2 检验进行两两比较。不符合正态分布的计量资料比较采用非参数检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

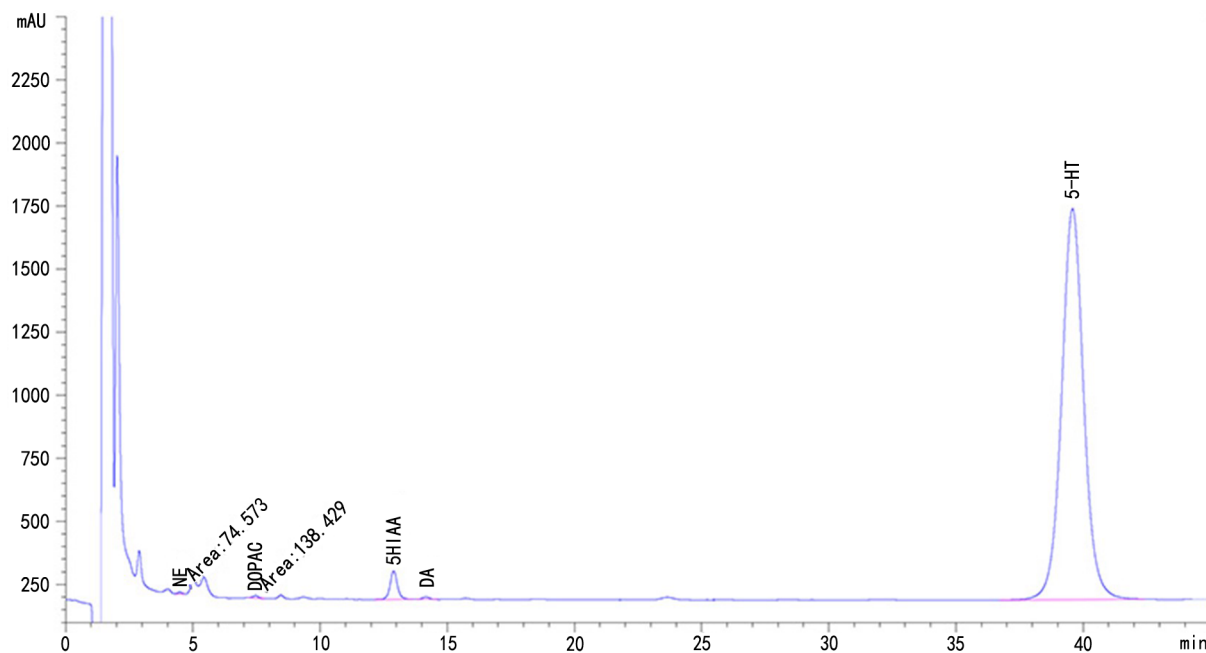


图1 NE、DA、DOPAC、5-HIAA 以及 5-HT 的高效液相色谱图

2 结果

2.1 两组血清 NE 含量比较

两组干预前小鼠血清 NE 含量比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。两组干预后 1 h、2 h、4 h 和 8 h 血清 NE 含量较干预前降低 ($P<0.05$, $P<0.01$); 电针组干预后 24 h 血清 NE 含量显著低于对照组和干预前 ($P<0.01$)。详见图 2。

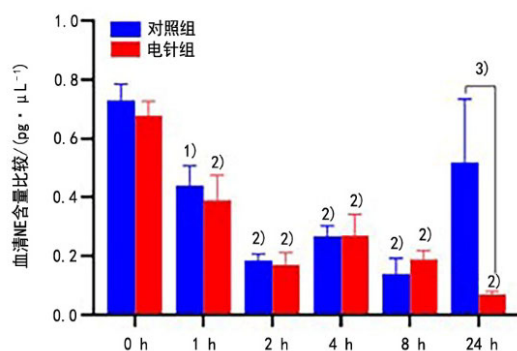
2.2 两组血清 DA、DOPAC 含量及 DOPAC/DA 比值比较

两组干预前血清 DA、DOPAC 含量及 DOPAC/DA 比值差异无统计学意义 ($P>0.05$)。两组干预后血清 DA 含量和 DOPAC/DA 比值在各个时间点均降低 ($P<0.05$, $P<0.01$), 对照组干预后 2 h 血清 DOPAC 含量较干预前降低 ($P<0.05$), 电针组干预后 4 h 和 8 h 血清 DOPAC 含量较干预前升高 ($P<0.01$); 电针组干预后 2 h、4 h、8 h 和 24 h 血清 DA 含量高于对照组 ($P<0.05$, $P<0.01$), DOPAC/DA 比值低于对照组 ($P<0.01$)。详见图 3。

2.3 两组血清 5-HT、5-HIAA 含量及 5-HIAA/5-HT 比值比较

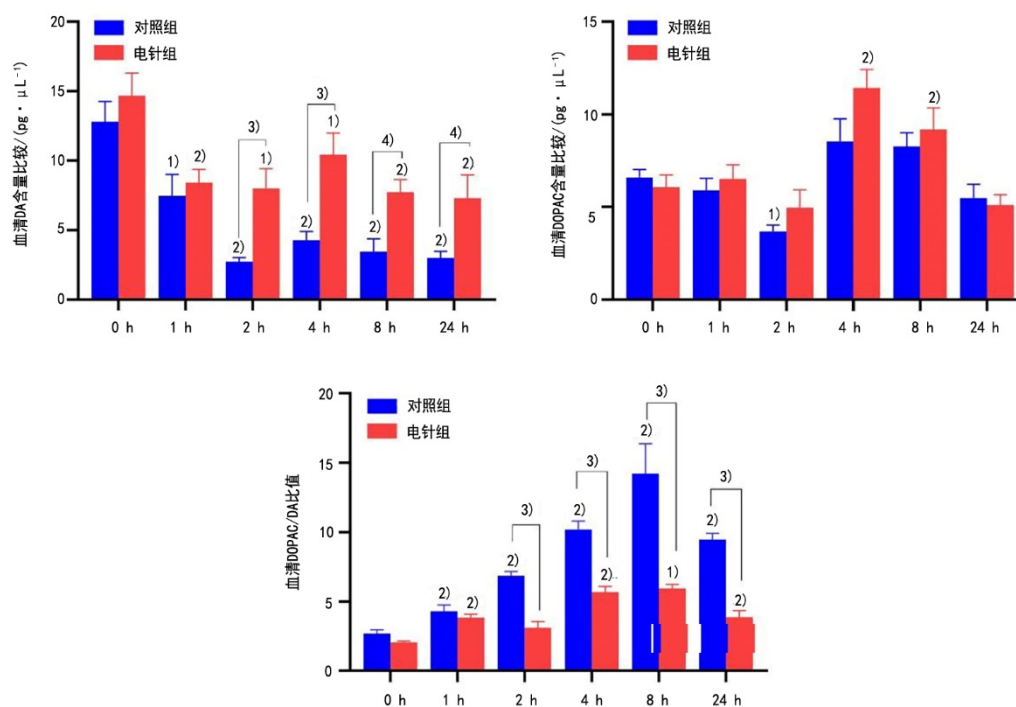
两组干预前血清 5-HT、5-HIAA 含量以及 5-HIAA/

5-HT 比值差异无统计学意义 ($P>0.05$)。两组干预后各时间点血清 5-HT 含量均降低 ($P<0.01$), 电针组干预后 2 h 和 4 h 血清 5-HT 含量低于对照组 ($P<0.05$); 两组血清 5-HIAA 在各个时间点差异无统计学意义 ($P>0.05$); 对照组干预后 8 h 和 24 h 血清 5-HIAA/5-HT 比值较干预前降低 ($P<0.05$), 电针组干预后 1 h、4 h 和 24 h 血清 5-HIAA/5-HT 比值较干预前升高 ($P<0.01$), 电针组干预后 1 h、4 h、8 h 和 24 h 血清 5-HIAA/5-HT 比值高于对照组 ($P<0.01$, $P<0.05$)。详见图 4。



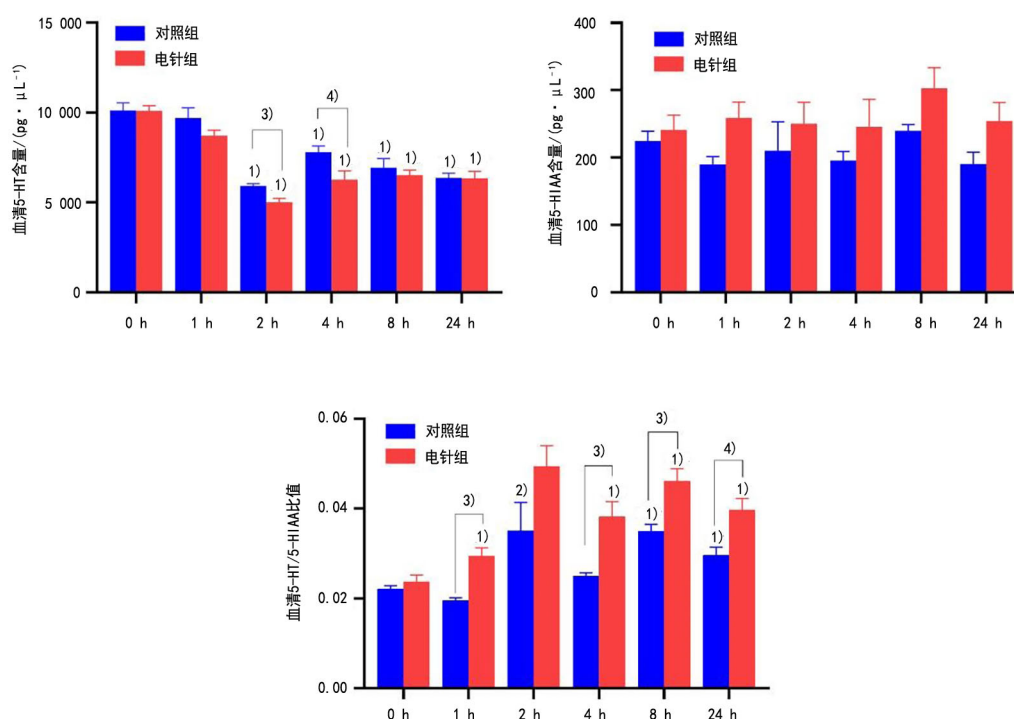
注: 与同组干预前比较 ¹⁾ $P<0.05$, ²⁾ $P<0.01$; 与对照组比较 ³⁾ $P<0.01$ 。

图2 两组血清 NE 含量比较 ($\bar{x} \pm s$, $n=5$)



注:与同组干预前比较 ¹⁾ $P < 0.05$, ²⁾ $P < 0.01$;与对照组比较 ³⁾ $P < 0.01$, ⁴⁾ $P < 0.05$ 。

图3 两组血清 DA、DOPAC 含量及 DOPAC/DA 比值比较 ($\bar{x} \pm s$, $n=5$)



注:与同组干预前比较 ¹⁾ $P < 0.01$, ²⁾ $P < 0.05$;与对照组比较 ³⁾ $P < 0.01$, ⁴⁾ $P < 0.05$ 。

图4 两组血清 5-HT、5-HIAA 含量及 5-HIAA/5-HT 比值比较 ($\bar{x} \pm s$, $n=5$)

3 讨论

单胺类神经递质是一类由两个碳链将氨基和芳香环链接在一起为特征的神经递质或调质。单胺类神经递质在神经系统中参与了情绪、唤醒和记忆等重要生

理过程的调节。同样,单胺类神经递质在外周也发挥重要生理病理调节作用。外周血中 NE、DA 和 5-HT 均有拟交感神经活性效应,对心血管系统进行调控。此外,这些单胺类神经递质在外周还有各自独特而广泛的作

用和效应^[13-14]。本研究发现生理状态下单次电针足三里即可对外周血中单胺类神经递质发挥广泛的影响。

NE 既是一种神经递质,也是一种激素。肾上腺髓质作为一种神经内分泌转换器是外周血中 NE 的主要来源,其次交感节后神经元神经末梢释放的 NE 也有部分进入血液循环,循环系统中的 NE 主要通过 α 型肾上腺素能受体结合发挥效应,对心血管系统和整个机体的代谢产生影响,与应激反应密切相关^[15]。有研究^[16]显示,电针麻醉诱导前 30 min 预干预,可以有效抑制腰椎后路开放手术患者气管插管即刻时外周血中的 NE 浓度,减少气管插管所导致的应激反应。对于急性脑梗死患者,醒脑开窍针法联合药物治疗可有效降低血清 NE、5-HT 水平,改善患者神经功能缺损状态^[17]。而动物实验表明,常规电针刺激 20 min 即可引起正常兔子外周血中 NE 含量的下调,从而抑制交感神经活性,发挥针刺镇痛效应^[18]。研究还发现,电针治疗可以通过调节心肌梗死后交感神经和副交感神经的重塑,显著降低模型小鼠血清 NE 水平,改善心脏功能和拮抗心肌损伤,发挥心肌保护效应^[19]。本研究发现,电针组和对照组小鼠在早期外周血中 NE 均呈现下调,但对照组小鼠在 24 h 后恢复至干预前水平,而单次电针的效应可持续至针刺后 24 h。

DA 主要在神经元和肾上腺髓质中合成,循环血液中的 DA 主要受交感神经调控,但在各个组织器官也能局部合成和释放^[19]。在中枢神经系统外主要通过局部旁分泌发挥作用,在心血管系统可以引起血管扩张,在肾脏中增加钠排泄和尿量,在胰腺中减少胰岛素的产生,在消化系统中减低胃肠蠕动并保护胃黏膜^[20-21]。而且,近年来研究^[22-23]表明外周 DA 在免疫调节和抑制炎症方面发挥重要作用,能够调节 T 淋巴细胞活性和细胞因子的释放,抑制巨噬细胞内 NLRP3 炎症小体依赖性的炎症反应。一项研究^[24]表明电针足三里预刺激 15 min 可激活迷走神经,进而促进肾上腺髓质 DA 的合成与释放,从而抑制脂多糖 (lipopolysaccharide, LPS) 诱导的脓毒症模型小鼠的全身炎症反应。DA 促发人体基本运动,含量降低时肢体会出现震颤等症状,研究^[25]发现针刺联合西药治疗帕金森可显著提高患者血清中 DA 等水平,有助于 DA 神经元修复,改善病情。本研究结果发现,与对照组相比,单次电针可有效提高针刺后 2 h 至 24 h 循环血液中 DA 的含量,且 DOPAC/DA 比值差异有统计学意义。但对照组和电针

组之间 DOPAC 作为 DA 的代谢产物两组之间差异无统计学意义。上述结果进一步提示单次电针可以促进循环血液中 DA 的含量,其机制可能是电针促进了机体 DA 的合成和释放,但可能对 DA 的降解过程影响不大。

机体有 1%~2% 的 5-HT 是由中枢神经系统合成和分泌。而绝大多数 5-HT 是由胃肠道的肠嗜铬细胞合成并分泌入血,由血小板吸收和储存、并在激活后释放。其中 5-HIAA 是 5-HT 主要代谢产物。外周 5-HT 介导一系列的生理功能,包括参与调控心率、血管紧张度、肠蠕动,还能作为生长激素调控心脏、大脑和乳腺的发育以及肝、骨和肺动脉的细胞生长,也是沟通脑肠轴的关键物质基础,对免疫系统呈现广泛而复杂的调控作用^[26-27]。有临床研究^[28-29]显示无论是电针还是经皮穴位电刺激均能有效抑制手术患者术后外周血中 5-HT 的浓度,这可能是针刺治疗可以抑制患者术后恶心、呕吐和疼痛的潜在机制之一。本次实验中,虽然电针组 and 对照组血清 5-HT 和 5-HIAA 含量差异几乎没有统计学意义,但是 5-HIAA/5-HT 比值在两组中差异有统计学意义,电针组高于对照组,说明电针足三里可能同时影响机体的 5-HT 和 5-HIAA 在外周血中的分布发挥整体调控作用。上述研究结果提示针刺可能调节 NE、DA 和 5-HT 含量,可广泛应用于预防心血管系统相关疾病、降低机体应激和调节免疫抑制炎症等方面的多个病种。例如,一项双中心随机对照试验^[30]发现,电针可下调血清 5-HT 和 NE 水平发挥缓解女排运动员赛前焦虑、减轻赛前压力并改善赛前焦虑引起的睡眠障碍的作用。

研究^[31-33]表明,昼夜节律变化对机体内外周血中 NE、DA 和 5-HT 的含量有明显的影 响。同时,已有的研究^[34-35]就显示不同的应激刺激也可以对上述单胺类神经递质外周血中的含量产生不同的影响。且针刺作用具有显著的时间依赖效应,针刺作用可对机体产生较长时间的影响^[36]。因此,本研究观察了电针对外周血 24 h 各单胺类神经递质含量的改变。结果发现对照组小鼠外周血中相关单胺类神经递质含量随时间的改变,这一变化可能与昼夜节律变化以及束缚刺激均有关。由于本实验的目的是观察单次电针对外周血中单胺类神经递质含量的影响,因此未能设计相关的对照进行排除,是本次研究的不足之处。但是在不同时间点上电针组与对照组在一些相关单胺类神经递质及其代谢产物上仍然存在差异性,进一步说明电针刺激对外

周血中单胺类神经递质含量具有明确的调节作用。上述研究也提示针刺作用具有明显的后效应,甚至单一 1 次电针刺激,其对机体的调节仍然在结束后持续较长的时间。

综上所述,本研究探索性地研究了单次电针对生理状态下小鼠外周血单胺类神经递质含量的影响,和针刺后 24 h 外周血单胺类神经递质的动态变化特征。这些结果不但有助于反应和解析电针足三里对正常机体启动整体调节作用的效应机制,还有助于理解针刺足三里发挥防病保健效应的原理,为中医学治未病重要思想提供一定的科学理论依据。

参考文献

- [1] 赵娜娜,韩佳炜,杜元灏. 针刺双向调节效应机制的研究进展[J]. 中国针灸, 2021, 41(9):1060-1062.
- [2] 付琳,李冀,董婉茹,等. 基于“神经-内分泌-免疫”调节机制探讨针刺治疗抑郁症的研究概况[J]. 针灸临床杂志, 2021, 37(4):93-97.
- [3] 潘卫星. 针刺双向调节效应及可能机制[J]. 针刺研究, 2019, 44(11):843-853.
- [4] 潘卫星. 针刺的神经生物学机理[J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(10):4281-4297.
- [5] 宿杨帅,李永明,景向红,等. 《自然》发表的“电针驱动迷走-肾上腺轴的神经解剖学机制”一文对针灸研究的意义[J]. 针刺研究, 2022, 47(1):1-6.
- [6] 赵庆逸,徐玉东,尹磊森,等. 不同机体状态下针刺对神经递质的调控[J]. 上海中医药杂志, 2020, 54(10):29-34.
- [7] 陈坚义,唐宏图,王华,等. 探讨足三里[J]. 中医学报, 2020, 35(12):2521-2524.
- [8] 黎明,刘楠楠,张健强,等. 预针刺小鼠足三里对穴位皮肤及穴旁淋巴结记忆 T 细胞的影响[J]. 成都中医药大学学报, 2021, 44(4):9-14.
- [9] WANG K, XIANG X H, QIAO N, *et al.* Genomewide analysis of rat periaqueductal gray-dorsal horn reveals time-, region- and frequency-specific mRNA expression changes in response to electroacupuncture stimulation[J]. *Sci Rep*, 2014, 4:6713.
- [10] 王珂,张嵘,赵国屏,等. 不同频率电针对正常大鼠脊髓背角的转录组学研究[J]. 中国中西医结合杂志, 2012, 32(11):1508-1511, 1515.
- [11] WANG K, ZHANG R, HE F, *et al.* Electroacupuncture frequency-related transcriptional response in rat arcuate nucleus revealed region-distinctive changes in response to low- and high-frequency electroacupuncture[J]. *J Neurosci Res*, 2012, 90(7):1464-1473.
- [12] 余曙光,郭义. 实验针灸学[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2009:150-152.
- [13] GASKILL P J, KHOSHBOUEI H. Dopamine and norepinephrine are embracing their immune side and so should we[J]. *Curr Opin Neurobiol*, 2022, 77:102626.
- [14] YANG G, WU G, YAO W, *et al.* 5-HT is associated with the dysfunction of regulating T cells in patients with allergic rhinitis[J]. *Clin Immunol*, 2022, 243:109101.
- [15] SAKSHI, SWAIN B C, DAS A K, *et al.* Norepinephrine exhibits thermo-optical nonlinearity under physiological conditions[J]. *Phys Chem Chem Phys*, 2021, 23(41):23473-23477.
- [16] 丁凡帆,薛建军,刘娅楠,等. 电针联合全身麻醉对腰椎后路开放手术患者应激反应的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2021, 37(2):164-168.
- [17] 陈佳,张琦,陶红,等. 醒脑开窍针法联合阿替普酶治疗急性脑梗死疗效及对血栓弹力图指标、神经递质的影响[J]. 上海针灸杂志, 2020, 39(6):651-656.
- [18] CAO X D, XU S F, LU W X. Inhibition of sympathetic nervous system by acupuncture[J]. *Acupunct Electrother Res*, 1983, 8(1):25-35.
- [19] LU S F, WANG J M, YUAN J, *et al.* Electroacupuncture improves cardiac function and reduces infarct size by modulating cardiac autonomic remodeling in a mouse model of myocardial ischemia[J]. *Acupunct Med*, 2021, 39(6):681-690.
- [20] KLEIN M O, BATTAGELLO D S, CARDOSO A R, *et al.* Dopamine: functions, signaling, and association with neurological diseases[J]. *Cell Mol Neurobiol*, 2019, 39(1):31-59.
- [21] MATT S M, GASKILL P J. Where is dopamine and how do immune cells see it: dopamine-mediated immune cell function in health and disease[J]. *J Neuroimmune Pharmacol*, 2020, 15(1):114-164.
- [22] YAN Y, JIANG W, LIU L, *et al.* Dopamine controls systemic inflammation through inhibition of NLRP3

- inflammasome[J]. *Cell*, 2015, 160(1-2):62-73.
- [23] XIA Q P, CHENG Z Y, HE L. The modulatory role of dopamine receptors in brain neuroinflammation[J]. *Int Immunopharmacol*, 2019, 76:105908.
- [24] TORRES-ROSAS R, YEHIA G, PEÑA G, *et al*. Dopamine mediates vagal modulation of the immune system by electroacupuncture[J]. *Nat Med*, 2014, 20(3):291-295.
- [25] 吴林, 张光彩, 周晓晖, 等. 针刺联合西药对肝肾阴虚型帕金森病患者 NT-3、IGF-1、DA 及炎症因子水平的影响[J]. 上海针灸杂志, 2021, 40(7):814-819.
- [26] JONES L A, SUN E W, MARTIN AM, *et al*. The ever-changing roles of serotonin[J]. *Int J Biochem Cell Biol*, 2020, 125:105776.
- [27] HERR N, BODE C, DUERSCHMIED D. The effects of serotonin in immune cells[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2017, 4:48.
- [28] ZHOU X, CAO S G, TAN X J, *et al*. Effects of transcutaneous electrical acupoint stimulation (teas) on postoperative recovery in patients with gastric cancer: a randomized controlled trial[J]. *Cancer Manag Res*, 2021, 13:1449-1458.
- [29] CHEN T, WANG K, XU J, *et al*. Electroacupuncture reduces postoperative pain and analgesic consumption in patients undergoing thoracic surgery: a randomized study[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2016, 2016:2126416.
- [30] 赵非一, 胡莺, 李爱群, 等. 电针对高水平大学生女排运动员赛前焦虑情绪及血清神经递质、脑源性神经营养因子的影响:一项双中心随机对照试验[J]. 中国运动医学杂志, 2020, 39(10):772-779.
- [31] COULSON J M. The relationship between blood pressure variability and catecholamine metabolites:a pilot study[J]. *J Humhypertens*, 2014, 29(1):50-52.
- [32] 刘雨星, 宋开源, 刘旭光, 等. 顶区头针对倒相活动节律大鼠血浆中去甲肾上腺素、多巴胺的影响[J]. 四川中医, 2002, 20(8):8-9.
- [33] BACQUÉ-CAZENAVE J, BHARATIYA R, BARRIÈRE G, *et al*. Serotonin in animal cognition and behavior[J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(5):1649.
- [34] YANG H L, LI M M, ZHOU M F, *et al*. Links Between gut dysbiosis and neurotransmitter disturbance in chronic restraint stress-induced depressive behaviours: the role of inflammation[J]. *Inflammation*, 2021, 44(6):2448-2462.
- [35] DENG Y, ZHOU M, WANG J, *et al*. Involvement of the microbiota-gut-brain axis in chronic restraint stress: disturbances of the kynurenine metabolic pathway in both the gut and brain[J]. *Gut Microbes*, 2021, 13(1):1-16.
- [36] TU J F, YANG J W, SHI G X, *et al*. Efficacy of intensive acupuncture versus sham acupuncture in knee osteoarthritis: a randomized controlled trial[J]. *Arthritis Rheumatol*, 2021, 73(3):448-458.

收稿日期 2023-03-02

《上海针灸杂志》投稿须知

- ★ 刊登范围: 针灸学和相关生命科学的文章
- ★ 栏目: 名医经验、临床研究、思路与方法、动物实验、文献研究、专论与综述、学术动态、经络腧穴、针法灸法、针灸器械、针灸教学等
- ★ 出版周期: 纸质版文章 6~12 个月; 录用定稿电子版网络首发文章 1~3 个月
- ★ 网址: www.acumoxj.com 在线投稿网址: http://116.228.206.14:4999/journalx_zjzz/
- ★ 电话/传真: 021-64382181 电子邮箱: zhenjiush@126.com
- ★ 邮寄地址: 上海市徐汇区宛平南路 650 号《上海针灸杂志》编辑部 邮编: 200030
- ★ 特别提醒: 本刊不收取任何形式的审稿费, 录用后仅通过邮局汇款(至编辑部)和转账(至“上海市针灸经络研究所”账户)方式收取发表费(版面费), 绝不会出现由个人收取费用或转账至个人账户中。