



坐骨神经脉冲射频联合内热针肌筋膜松解治疗梨状肌综合征 *

马建云¹ 陈亚南² 郭晓丽¹ 孙运中¹ 王晓川¹ 沈启明¹ 赵雷¹ 张赢^{1△}(苏州高新区人民医院¹疼痛科; ²超声科, 苏州 215000)

梨状肌综合征是疼痛科常见病多发病, 以臀腿痛为主要表现, 甚者可伴活动受限, 是由梨状肌下孔内坐骨神经受压所致的一种神经肌肉疾病^[1-3]。据统计, 梨状肌综合征占臀部软组织损伤疾病 15%~25%^[4,5]。治疗不当或不及时可引起难治性疼痛或肌肉萎缩、跛行等症状, 严重影响病人的生活和工作质量。治疗上常采用内热针肌筋膜松解、梨状肌区域痛点脉冲射频联合梨状肌注射、密集型银质针松解术配合超激光疗法等缓解症状; 但针对保守治疗效果不佳, 甚至无效的情况, 一般采用手术将部分肌肉切除, 但此治疗方法费用高、风险大且有出现粘连加重的可能^[6]。临幊上发现内热针肌筋膜松解可有效缓解梨状肌综合征病人的梨状肌张力、恢复梨状肌的功能^[7]。坐骨神经脉冲射频可通过抑制脊髓背角小胶质细胞活化水平, 缓解慢性坐骨神经压迫损伤模型大鼠的神经病理性疼痛^[8,9]。坐骨神经脉冲射频联合内热针肌筋膜松解治疗梨状肌综合征目前尚未见相关报道。本研究采用坐骨神经脉冲射频联合内热针肌筋膜松解治疗梨状肌综合征取得满意疗效, 为临床提供新的治疗方法。

方 法

1. 一般资料

本研究通过苏州高新区人民医院医学伦理委员会审核 ([2020] 伦审批第 034 号)。选择 2021 年 1 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日期间就诊于苏州高新区人民医院疼痛科符合梨状肌综合征^[10] 诊断的 60 例病人作为观察对象。根据随机数字表法分为坐骨神经脉冲射频联合内热针肌筋膜松解组 (联合组)、坐骨神经脉冲射频组 (射频组)、内热针肌筋膜松解组 (内热针组), 每组各 20 例。

纳入标准: ①有外伤、劳累或受凉史; ②单侧发病者; ③以臀部疼痛为主, 严重者患侧臀部呈持

续性“刀割样”或“烧灼样”剧痛, 多数伴有下肢放射痛、跛行或不能行走; ④臀部梨状肌部位压痛明显, 并可触及条索状硬结, 直腿抬高在 60° 以内疼痛明显, 超过 60° 后疼痛减轻, 梨状肌紧张试验阳性; ⑤MRI 提示梨状肌变小, 纤维束变细, 周围脂肪化性质的软组织显示梨状肌病变; ⑥经药物及理疗治疗 6 个月以上无效者。

排除标准: ①腰椎间盘突出症、髋关节病、臀上皮神经损伤和骶髂关节炎等疾病引起的腰腿痛; ②患处局部感染; ③合并血液系统疾病; 伴恶性肿瘤; 髋关节外伤史; ④哺乳期或妊娠期女性; ⑤合并双相情感障碍、沟通、书写障碍或依从性差难以完成本研究; ⑥不能耐受针刺治疗或晕针; ⑦拒绝或随意中止和更换治疗方案者。

2. 样本量计算方法

PASS 软件法: 本研究为随机对照研究, 评价三种方法治疗梨状肌综合征病人的疗效, 研究对象治疗后 30 天患侧梨状肌下孔处坐骨神经厚度, 均数分别为 4.27、3.59、3.63, 各组的标准差分别为 0.59、0.84、0.80。要求双侧检验, α 为 0.05, 把握度 (检验效能) 为 80%, 利用 PASS 11 软件计算得到样本量为 51 例, 考虑失访以及拒访的情况 15% 计算, 最终至少需要纳入 60 例。

3. 治疗方法

设备: 内热针 (针体直径 0.7 mm、针柄直径 1 mm, 总长度约 20 cm), 内热针针灸治疗仪 (山东济宁佳科医疗科技有限公司), 医用红外热成像仪 (韩国 IRIS 生产的 IPIS-XP 型), 彩色多普勒超声诊断仪 (PHILIPS 生产的 Affiniti 型), 感觉神经定量检测 (current perception threshold, CPT) 仪, 美国 Baylis 射频疼痛治疗系统。

坐骨神经脉冲射频联合内热针肌筋膜松解组 (联合组): 采用坐骨神经脉冲射频术 + 内热针肌筋膜松解术, 治疗方法同下。

* 基金项目: 苏州高新区医疗卫生科技计划项目 (2020Q012)

△ 通信作者 张赢 877583973@qq.com



坐骨神经脉冲射频组（射频组）：病人俯卧位，取髂后上棘与坐骨结节下缘连线中上 1/3 处，常规消毒、铺巾，在超声引导下定位^[11]坐骨神经区域，避开大的血管，射频套管针垂直进针至坐骨神经周围，连接电极，给予 50 Hz、0.2V 感觉功能测定，微调针尖诱发出相应支配区域的电麻刺痛，再给予 2 Hz、0.3 V 运动功能测定，诱发出相应支配区域的跳动，切换脉冲射频模式，予温度 42℃、频率 2 Hz、脉宽 20 ms、时间 300 s 连续 2 次，拔针贴无菌敷料，如效果不佳，1 周后可再行射频 1 次，观察是否有治疗部位出血、感染、下肢肌力下降等不良反应和并发症。

内热针肌筋膜松解组（内热针组）：病人取健侧卧位，屈髋屈膝，在梨状肌体表投影的三角形区域内布点。三角形的 3 个顶点分别为股骨大转子、髂后上棘与尾骨尖连线的中点。在此三角形区域内，每隔 2 cm 布 1 点；施术部位常规碘伏消毒铺巾；定位点 1% 利多卡因局部浸润麻醉；选用直径 1 mm 的内热针从上述定位点垂直骨面进针，直达髂骨骨面；针柄连接加热端，42℃ 恒温加热，时间 20 min。治疗结束后，拔出全部内热针，局部按压止血 3 min，碘伏消毒 1 遍。内热针 7 天 1 次，1 次治疗作为 1 个疗程，观察是否有治疗部位出血、感染等不良反应和并发症。

4. 检测方法及检测项目

(1) 感觉神经定量检测 (CPT)^[12,13]：①测试第一足趾内侧 (I): (L₄) 腓浅神经 (见图 1)；②测试第三足趾趾背远端 (H): (L₅) 腓浅神经 (见图 1)；③测试第五足趾趾背外侧 (G): (S₁) 腓肠神经 (见图 1)；④测试内踝前方 (J): (L₄) 隐神经 (见图 1)^[14]。①、②、③测试异常，④测试正常。

(2) 超声测量坐骨神经厚度、梨状肌厚度^[15,16]：病人取俯卧位，嘱其放松并充分显露臀部肌肉。采用 PHILIPS 生产的 Affiniti 型超声诊断仪，线阵及凸阵探头，探头频率 3.5~12.0 MHz，斜行放置探头于臀部外上象限，自超声仪屏幕近场至远场对臀大肌、臀小肌、髂骨等进行观察。将髂骨骨皮质 (高回声弧形结构) 作为超声定位标志，向内下方平行移动探头，直至髂骨回声中断 (中断处即为坐骨大孔)，略调整探头至坐骨神经横断面及梨状肌纵断面，对梨状肌形态结构、肌外膜、内部肌纹理回声进行仔细观察，记录内部神经纤维断面回声及坐骨神经边界，并对双侧梨状肌厚度进行测量，以顺时针方向转动探头至可清晰观察坐骨神经纵断面及梨状肌横断面，对梨状肌横断面的内部回声及肌外膜

进行观察并记录，观察坐骨神经走行、边界及内部神经纤维束回声 (见图 2、3)。

(3) 红外热成像检测方法：设置室温为 25℃，相对湿度为 65% 范围内，房间相对封闭，无空气对流及阳光直接照射。受试者取站立位，充分暴露双臀部皮肤 15 min 后，与摄像头相距约 1.5 m，进行红外热成像检查，摄取病人双臀的红外热像图并保存 (见图 4)。

(4) 疼痛程度评估：采用视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) 评分，一条 10 cm 标尺，一端为 0，表示无痛；另一端为 10，表示剧烈疼痛，中间部分表示不同程度的疼痛。让病人根据自我疼痛感觉在标尺数字上划一记号，表示疼痛的程度，疼痛数值即为疼痛评分，得分越高表示疼痛越重。

5. 疗效观察

观察比较治疗前后患侧坐骨神经厚度及梨状肌厚度；红外热像图检测治疗前后双臀部体表温度差值的变化；CPT 观察治疗前后坐骨神经感觉神经定量值。评估治疗前 1 天和治疗后 7、21、30 天疼痛改善情况。

6. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件进行数据处理，计量资料采用均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示，治疗前后比较采用配对样本 *t* 检验分析，组间比较采用独立样本 *t* 检验分析。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 三组一般资料比较

在 1 个月随访期内，三组病人各失访 1 例，最终 57 例病人完成本研究。三组在性别、年龄和病

标准 CPT 测试部位 (已建立规范正常值)

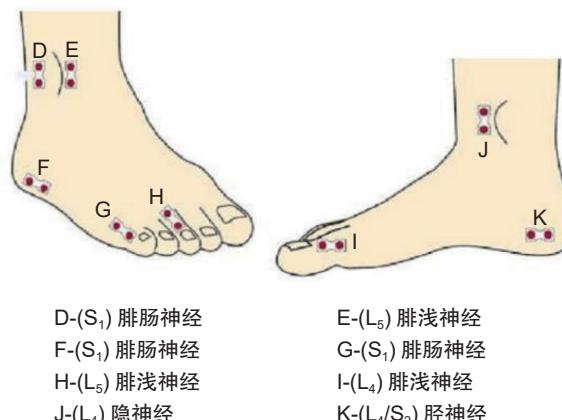


图 1 标准 CPT 测试部位^[14]

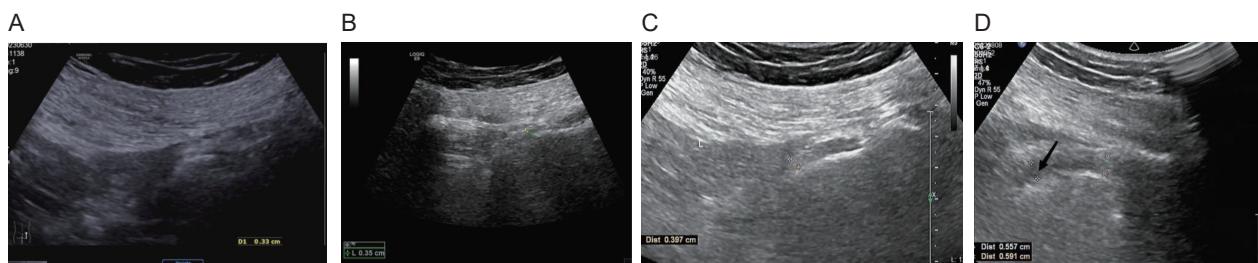


图2 超声测量坐骨神经厚度表现
(A) 治疗前; (B) 治疗后7天; (C) 治疗后21天; (D) 治疗后30天

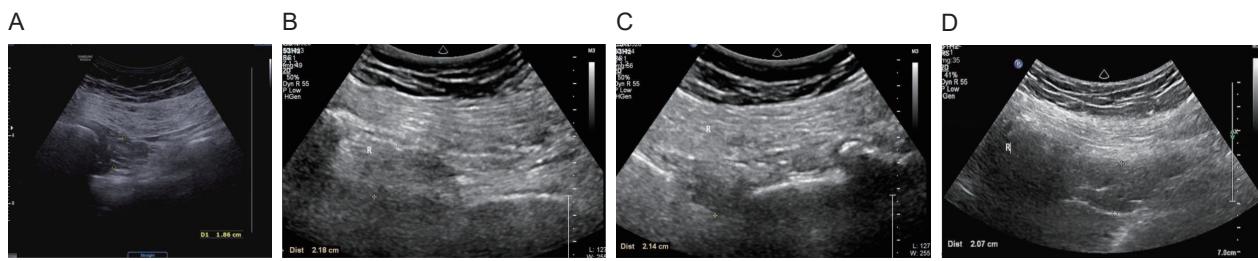


图3 超声测量梨状肌厚度表现
(A) 治疗前; (B) 治疗后7天; (C) 治疗后21天; (D) 治疗后30天

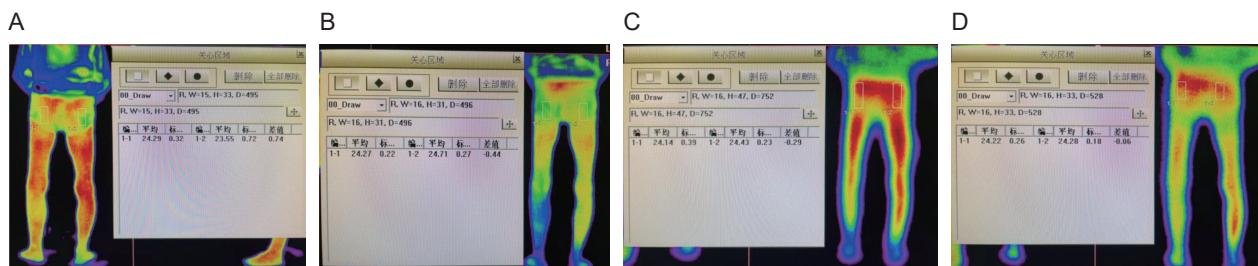


图4 红外热成像表现
(A) 治疗前; (B) 治疗后7天; (C) 治疗后21天; (D) 治疗后30天

程方面及坐骨神经厚度、梨状肌厚度、双臀部体表温度差值和坐骨神经CPT之间比较差异无统计学意义($P > 0.05$, 见表1)。

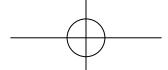
2. 治疗前后三组患侧梨状肌厚度比较

联合组和内热针组在治疗后各时间点与治疗前相比差异有统计学意义($P < 0.05$), 射频组在治疗后各时间点较治疗前差异无统计学意义。治疗后7天, 联合组与内热针组相比差异无统计学意义, 联合组和内热针组与射频组相比差异有统计学意义($P < 0.05$); 治疗后21天, 联合组与治疗后7天相比差异有统计学意义($P < 0.05$), 射频组和内热针组与治疗后7天相比差异无统计学意义, 三组间相比差异无统计学意义; 治疗后30天, 联合组与治疗后7天相比差异有统计学意义($P < 0.05$), 射频组和内热针组与治疗后7天相比差异无统计学意义, 三组与治疗后21天相比差异均无统计学意义($P > 0.05$), 且三组间相比差异均无统计学意义($P > 0.05$, 见表

2)。以上结果表明, 联合组和内热针组在治疗早期(7天)改善梨状肌厚度上明显优于射频组, 且联合组持续时间更长, 但三组治疗方法在远期改善梨状肌厚度上差别不大。

3. 治疗前后三组患侧梨状肌下孔处坐骨神经粗细比较

治疗后7天, 联合组和射频组与治疗前相比差异均有统计学意义($P < 0.05$), 内热针组与治疗前相比差异无统计学意义, 三组间相比差异均有统计学意义($P < 0.05$); 治疗后21天, 三组与治疗前相比差异均有统计学意义($P < 0.05$), 联合组和内热针组与治疗后7天相比差异有统计学意义($P < 0.05$), 射频组与治疗后7天相比差异无统计学意义, 联合组与射频组和内热针组相比差异有统计学意义($P < 0.05$), 射频组与内热针组相比差异无统计学意义; 治疗后30天, 三组与治疗前相比差异均有统计学意义($P < 0.05$), 联合组和内热针组与治疗后7天相



比差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，射频组与治疗后 7 天相比差异无统计学意义，三组与治疗后 21 天相比差异均无统计学意义，且射频组和内热针组相比差异无统计学意义，联合组与其余两组间相比差异均有统计学意义 ($P < 0.05$ ，见表 3)。以上结果表明，射频组治疗方法在治疗中早期（7 天、21 天）改善患侧梨状肌下孔处坐骨神经粗细上优于内热针组，后期（30 天）较内热针组无差异；联合组在改善患侧梨状肌下孔处坐骨神经粗细上均优于射频组和内热针组。

4. 治疗前后三组双侧臀部体表温度差比较

治疗后 7 天，联合组和内热针组与治疗前相比差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，而联合组与内热针组相比差异无统计学意义，射频组与治疗前相比差异无统计学意义，射频组与联合组和内热针组相比差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)；治疗后 21 天，三组与治疗前相比差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)，射频组和内热针组与治疗后 7 天相比差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)，联合组与治疗后 7 天差异无统计学意义，三组组间差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)；治疗

后 30 天，三组与治疗前相比差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)，射频组和内热针组与治疗后 7 天相比差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)，联合组与治疗后 7 天相比差异无统计学意义，三组与治疗后 21 天相比差异均无统计学意义，三组组间相比差异均有统计学意义 ($P < 0.05$ ，见表 4)。以上结果表明，联合组和内热针组在改善双侧臀部体表温度差上均优于射频组，且联合组优于内热针组。

5. 治疗前后三组患侧坐骨神经感觉神经定量检测比较

三组治疗后 7、21、30 天与治疗前相比差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)，联合组治疗后 21 天与 7 天相比差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，联合组治疗后 30 天和 21 天相比差异无统计学意义，射频组和内热针组在治疗后 21 天和 30 天与前一个时间点相比差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)，且各时间点三组组间相比差异均有统计学意义 ($P < 0.05$ ，见表 5)。以上结果表明，联合组在坐骨神经感觉改善上优于射频组和内热针组，且射频组优于内热针组。

表 1 三组病人一般资料比较

| 组别 | 例数 | 性别（男/女） | 年龄（岁） | 病程（月） |
|------|----|---------|----------|----------|
| 联合组 | 19 | 14/15 | 48.4±6.2 | 12.8±1.5 |
| 射频组 | 19 | 14/15 | 48.2±5.2 | 12.3±1.6 |
| 内热针组 | 19 | 15/14 | 48.3±6.3 | 12.5±1.4 |

表 2 治疗前后三组病人患侧梨状肌厚度比较 (mm, $\bar{x} \pm SD$)

| 组别 | 例数 | 治疗前 | 治疗后 | | |
|------|----|------------|-------------------------|------------|------------|
| | | | 7 天 | 21 天 | 30 天 |
| 联合组 | 19 | 21.00±1.53 | 22.47±1.68 [#] | 22.11±1.79 | 22.16±1.42 |
| 射频组 | 19 | 21.58±2.19 | 21.26±2.08 [*] | 21.53±2.06 | 21.68±1.95 |
| 内热针组 | 19 | 20.74±2.00 | 22.26±1.88 | 22.21±1.65 | 22.00±1.56 |

* $P < 0.05$ ，与同时间点内热针组相比；[#] $P < 0.05$ ，与同时间点射频组相比

表 3 治疗前后三组病人患侧梨状肌下孔处坐骨神经厚度比较 (mm, $\bar{x} \pm SD$)

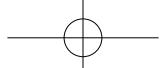
| 组别 | 例数 | 治疗前 | 治疗后 | | |
|------|----|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | | 7 天 | 21 天 | 30 天 |
| 联合组 | 19 | 3.42±0.95 | 3.83±0.84 ^{*#} | 4.22±0.64 ^{*#} | 4.27±0.59 ^{*#} |
| 射频组 | 19 | 3.40±0.98 | 3.48±0.93 [*] | 3.53±0.81 | 3.59±0.84 |
| 内热针组 | 19 | 3.38±0.90 | 3.41±0.89 | 3.57±0.77 | 3.63±0.80 |

* $P < 0.05$ ，与同时间点内热针组相比；[#] $P < 0.05$ ，与同时间点射频组相比

表 4 治疗前后三组病人双侧臀部体表温度差 (°C, $\bar{x} \pm SD$)

| 组别 | 例数 | 治疗前 | 治疗后 | | |
|------|----|-----------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | | 7 天 | 21 天 | 30 天 |
| 联合组 | 19 | 1.88±0.13 | 0.54±0.22 [#] | 0.55±0.22 ^{*#} | 0.54±0.22 ^{*#} |
| 射频组 | 19 | 1.88±0.11 | 1.87±0.11 [*] | 1.56±0.18 [*] | 1.56±0.17 [*] |
| 内热针组 | 19 | 1.88±0.12 | 0.56±0.22 | 0.59±0.21 | 0.59±0.21 |

* $P < 0.05$ ，与同时间点内热针组相比；[#] $P < 0.05$ ，与同时间点射频组相比



6. 治疗前后三组疼痛 VAS 评分比较

三组治疗后 7、21、30 天各时间点与治疗前及前一个时间点相比差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)，且治疗后各时间点联合组与射频组和内热针组相比差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)，但治疗后各时间点射频组与内热针组相比差异无统计学意义 ($P > 0.05$ ，见表 6)。以上结果表明联合组在疼痛评分方面改善上优于射频组和内热针组。

7. 不良反应及安全性评价

57 例病人均未出现严重不良反应，仅 3 例（联合组 1 例、内热针组 2 例）在内热针针刺后针刺部位出现微红，轻微肿胀，经威伐光照射处理后好转。

讨 论

坐骨神经脉冲射频是治疗坐骨神经痛的主要治疗方法之一。梨状肌综合征由蹲位突然站立或者下肢突然过度外展、外旋等动作牵拉，以及慢性劳损风寒侵袭等原因，使梨状肌损伤、充血、水肿、渗出、痉挛、粘连、挛缩，导致从梨状肌肌腹或肌束间穿出的坐骨神经、血管受到刺激或压迫出现一系列综合征。主要临床表现为患侧臀部或下肢痛，以一侧或双侧臀部酸胀疼痛为主，并伴有大腿后侧及小腿后外侧放射性疼痛，甚至可能导致活动受限。梨状

肌综合征在临幊上经常被忽视，如不及时治疗或治疗不当，可能引起臀部及下肢的肌肉萎缩并影响工作和生活。梨状肌^[17]呈三角形，位于小骨盆后壁，起于第 2 至 4 骶椎前侧面，坐骨大切迹的上缘，经坐骨大孔出骨盆，止于股骨大转子上缘。大部分情况坐骨神经从梨状肌下孔穿出，小部分情况坐骨神经穿过梨状肌，极少部分情况坐骨神经从梨状肌上孔穿出。故当梨状肌受到损伤时均可刺激或压迫坐骨神经引起梨状肌综合征。CPT 仪通过测定神经对电流刺激的敏感性即电流感觉阈值，来确定所测试的感觉神经的传导阈值，可作为神经功能损伤程度及恢复情况的评价指标。但坐骨神经脉冲射频治疗梨状肌综合征疗效如何尚不知晓。

在本研究中，通过对射频组病人患侧坐骨神经梨状肌下孔处粗细及患侧坐骨神经 CPT 和 VAS 评估进行组内对比，表明梨状肌综合征通过坐骨神经脉冲射频治疗，在坐骨神经粗细及功能和疼痛程度的改善上有较好的疗效。考虑原因可能是坐骨神经脉冲射频可促进受损神经修复和再生，这与贾子普等^[18]及李多依等^[19]的研究结果相似。

内热针疗法^[20]是集热疗与针刺于一体的技术，可松解肌肉软组织、降低肌筋膜张力、改善血液循环、消除无菌性炎症，促进组织修复，从而有效地减轻疼痛，促使受损组织细胞的修复和再生。红外

表 5 治疗前后三组病人患侧坐骨神经感觉神经定量检测比较 ($\bar{x} \pm SD$)

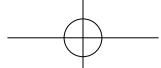
| 组别 | 例数 | 坐骨神经 | 治疗前 | 治疗后 | | |
|------|----|---------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | 7 天 | 21 天 | 30 天 |
| 联合组 | 19 | 腓浅神经 L ₄ | 7.37 ± 1.63 | 3.43 ± 1.24*# | 0.17 ± 0.23*# | 0.17 ± 0.23*# |
| | | 腓浅神经 L ₅ | 6.33 ± 2.94 | 2.81 ± 1.92*# | 0.16 ± 0.22*# | 0.16 ± 0.22*# |
| | | 腓肠神经 S ₁ | 5.51 ± 2.59 | 2.26 ± 1.53*# | 0.13 ± 0.20*# | 0.13 ± 0.20*# |
| 射频组 | 19 | 腓浅神经 L ₄ | 7.37 ± 1.63 | 4.64 ± 1.38* | 1.06 ± 0.49* | 0.29 ± 0.28* |
| | | 腓浅神经 L ₅ | 6.34 ± 2.94 | 3.92 ± 2.08* | 1.08 ± 0.69* | 0.32 ± 0.29* |
| | | 腓肠神经 S ₁ | 5.52 ± 2.58 | 3.25 ± 1.45* | 1.04 ± 0.36* | 0.30 ± 0.27* |
| 内热针组 | 19 | 腓浅神经 L ₄ | 7.37 ± 1.63 | 5.45 ± 1.44 | 0.59 ± 0.21 | 0.59 ± 0.21 |
| | | 腓浅神经 L ₅ | 6.34 ± 2.94 | 5.45 ± 1.44 | 2.71 ± 0.69 | 0.16 ± 0.22 |
| | | 腓肠神经 S ₁ | 5.52 ± 2.59 | 3.75 ± 1.69 | 1.99 ± 0.84 | 0.82 ± 0.60 |

* $P < 0.05$ ，与同时间点内热针组相比；# $P < 0.05$ ，与同时间点射频组相比

表 6 治疗前后三组病人 VAS 评分比较 ($\bar{x} \pm SD$)

| 组别 | 例数 | 治疗前 | 治疗后 | | |
|------|----|-------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | 7 天 | 21 天 | 30 天 |
| 联合组 | 19 | 6.47 ± 1.50 | 1.95 ± 1.54*# | 1.11 ± 1.15*# | 0.47 ± 0.70*# |
| 射频组 | 19 | 6.53 ± 1.39 | 3.05 ± 1.90 | 1.58 ± 1.22 | 0.79 ± 0.71 |
| 内热针组 | 19 | 6.95 ± 1.72 | 2.95 ± 1.78 | 1.47 ± 0.96 | 0.89 ± 0.81 |

* $P < 0.05$ ，与同时间点内热针组相比；# $P < 0.05$ ，与同时间点射频组相比



热成像技术^[21]可通过体表温度变化，准确敏感地反映局部代谢和血循环情况，但由于其受环境温度影响较大，检查时应严格按照标准执行^[22]。本研究参考赵俊等^[15]研究，通过超声检查证明了内热针肌筋膜松解可增加梨状肌厚度，经红外热成像证明了其可提高臀部体表温度，通过VAS评估证明了可改善病人疼痛。

目前的临床报道中，采用坐骨神经脉冲射频联合内热针肌筋膜松解治疗梨状肌综合征的报道仍较少。本研究通过对比试验，发现比起单纯坐骨神经脉冲射频或内热针肌筋膜松解，两种方案联合可以取得更好疗效。在对患侧梨状肌厚度的影响上，联合组和内热针组在治疗后初期梨状肌有所增厚，但在后期下降，在治疗后30天三组间比较无明显差异，射频组在整个过程中均无明显变化。说明内热针肌筋膜松解技术可减小肌张力，而射频不能有效减少肌张力。在对患侧坐骨神经梨状肌下孔处粗细的影响上，联合组和射频组在治疗后增粗较快，且联合组增粗持续时间长，内热针组增粗较慢，但后期与射频组无差异，说明脉冲射频可促进神经修复、再生，内热针可松解肌肉软组织、降低肌筋膜张力、减轻神经压迫，两种方案联合可增强缓解神经压迫的作用。在对双侧臀部体表温度差的影响上，联合组和内热针组均在早期即有明显下降且两组间无差异，联合组在后期仍处于下降状态，并与内热针组有明显差异，而射频组在试验过程中虽有降低且较治疗前有差异，但与其余两组比较有明显差异，说明内热针治疗可使肌筋膜张力降低、血液循环改善，与脉冲射频联合可增强其改善血液循环的作用。在对患侧坐骨神经(L₄)腓浅神经、(L₅)腓浅神经、(S₁)腓肠神经CPT的影响上，除联合组在治疗后30天与治疗后21天无明显差异外，三组在各个时间点均较上一个时间点降低且有明显差异，说明脉冲射频可促进神经修复、再生，与内热针筋膜松解联合治疗可通过改善肌张力加强其神经修复作用。在疼痛VAS评分上，三组病人在治疗后各个时间点均较治疗前及前一个时间点明显下降，且在治疗后各个时间点联合组比射频组和内热针组下降快且有明显差异，说明联合组可通过改善疼痛提高病人生活质量。

为提供客观简单的结论，本研究采用红外热像仪来检测病人双侧臀部体表温度，使用影像学（如彩色多普勒超声）来评估患侧梨状肌厚度和患侧坐骨神经厚度，采用CPT来评估病人患侧坐骨神经功能状态等。综上可见坐骨神经脉冲射频联合内热针肌筋膜松解术可通过改善梨状肌肌张力、松解肌肉

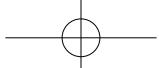
粘连、减轻神经压迫、促进神经修复和再生来达到治疗梨状肌综合征的目的，且疗效良好，值得临床推广。

本研究的不足之处为观察病例数量较少，观察时间较短，未观察炎症指标的变化情况，远期疗效及对于炎症的改善情况有待进一步探索和研究。

利益冲突声明：作者声明本文无利益冲突。

参 考 文 献

- [1] Drăghici NC, Văcăraş V, Bolchis R, et al. Diagnostic approach to lower limb entrapment neuropathies: a narrative literature review[J]. Diagnostics (Basel), 2023, 13(21):3385.
- [2] Ahmad Siraj S, Dadgal R. Physiotherapy for piriformis syndrome using sciatic nerve mobilization and piriformis release[J]. Cureus, 2022, 14(12):e32952.
- [3] 贾玉洁, 张梦洁, 孙志. 梨状肌综合征临床治疗的研究概述 [J]. 中国中医药现代远程教育, 2020, 18(5):138-140.
- [4] 朱蓉雪, 姜迎萍. 梨状肌损伤综合征中医治疗进展概况 [J]. 新疆中医药, 2018, 36(5):99-100.
- [5] Vij N, Kiernan H, Bisht R, et al. Surgical and non-surgical treatment options for piriformis syndrome: a literature review[J]. Anesth Pain Med, 2021, 11(1):e112825.
- [6] 顾宁, 唐晨. 密集型银质针松解术配合超激光疗法治疗梨状肌综合征 [J]. 实用医药杂志, 2022(5):421-422.
- [7] 李观庆, 车伟军, 曹洪铭, 等. 内热针导热治疗梨状肌综合征41例疗效观察 [J]. 云南中医中药杂志, 2018, 39(3):70-71.
- [8] 江仁, 冯智英, 李平, 等. 坐骨神经脉冲射频对慢性坐骨神经压迫损伤模型大鼠脊髓背角胶质细胞活化水平的影响及其镇痛作用 [J]. 吉林大学学报: 医学版, 2019, 45(1):45-50.
- [9] 江仁. 坐骨神经脉冲射频对CCI大鼠镇痛效果及机制的初步研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2019.
- [10] 中华中医药学会. 梨状肌综合征 [J]. 风湿病与关节炎, 2013, 2(3):73-75.
- [11] 李鹏. 超声引导下行坐骨神经-股神经联合阻滞麻醉在老年股骨颈骨折患者中的应用 [J]. 当代医学, 2021, (34):110-112.
- [12] 顾沈晔. 坐骨神经痛与带状疱疹神经痛的定量感觉检测 [D]. 上海: 上海交通大学, 2012.
- [13] 李志军. 感觉定量检测 [J]. 神经损伤与功能重建, 2003, 23(4):167-169.
- [14] 李廖沙. 感觉神经定量检测仪(CPT)在临床上的应用 [C]. 世界中医药学会联合会疼痛康复专业委员会成立大会暨第一届学术年会论文集. 2014:175-176.
- [15] 赵俊, 韩龄峰. 梨状肌综合征的超声表现分析 [J]. 中



- 国中西医结合影像学杂志, 2018, 16(1):89-91.
- [16] 宁敏, 么甲超, 杨培金, 等. 超声和 MRI 诊断梨状肌综合征的价值研究 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2021, 19(8):178-180.
- [17] 李守超, 曹军英, 高越, 等. 高频超声诊断梨状肌综合征价值研究 [J]. 临床军医杂志, 2021, 49(12):1323-1326.
- [18] 贾子普, 任浩, 李倩, 等. 脉冲射频对 CCI 大鼠坐骨神经组织学及脊髓 GDNF 表达的影响 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2016, 22(5):342-348.
- [19] 李多依, 孙异临, 曲宝清, 等. 脉冲射频对坐骨神经慢性缩窄大鼠坐骨神经超微结构的影响 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2012, 18(8):464-467.
- [20] 马建云, 韩文, 郭晓丽, 等. 内热针肌筋膜松解对下肢血液循环的影响 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2022, 28(12):951-955.
- [21] 宋奕, 方梅, 钱斌, 等. 基于红外热成像技术评估细银质针治疗膝关节骨性关节炎的疗效 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2021, 27(9):717-718.
- [22] 梁欢, 薛朝霞, 康博闻, 等. 红外热成像技术在冲击波治疗跖筋膜炎中的作用 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2024, 30(2):151-156.

• 国际译文 •

轴突和小动脉平滑肌细胞间“类突触样传递”驱动脑部神经血管偶联

神经血管偶联 (neurovascular coupling, NVC) 对脑功能很重要, 其功能障碍导致很多神经系统疾病。虽然在 NVC 中可能存在不同类型的细胞, 但是大脑中神经元如何将信息主动传递给对应的小动脉还知之甚少。本研究证明, 轴突和小动脉平滑肌细胞间“类突触样传递”驱动脑部 NVC。结果: (1) 首先识别出“类突触”的结构和特性。通过对小鼠躯体感觉皮质中一段长约 450 μm 的穿支动脉血管的三维重构, 发现其上存在许多星形胶质细胞的终足不连续区。血管周围神经元的一些轴突小结穿过这些不连续区, 插入小动脉平滑肌细胞 (arteriolar smooth muscle cell, aSMC) 外围的基底膜, 与 aSMC 形成“类突触”, 这一结构被定义为神经-小动脉平滑肌细胞偶联 (neural-arteriolar smooth muscle cell junction, NsMJ)。在 NG2DsRed 小鼠 (毛细血管周细胞表达红色荧光蛋白) 的桶状皮层内注射 AAV2/9-hSyn-EGFP 病毒, 发现绿色荧光与 CaMKII α 和 vGAT1 共标, 说明存在大量谷氨酸能神经元, 又通过成像技术确认了谷氨酸轴突 NsMJ (Glu-NsMJ) 的存在。离体共培养神经元与 aSMCs, 发现神经元倾向与 aSMC 形成 NsMJs。(2) 证明 aSMC 具有接受神经递质的 NMDA 受体。RNA 测序发现, aSMC 表达谷氨酸受体的 mRNA, 其中表达最多的是 NMDA 受体亚单位 *Grin1* 和 *Grin2d*。进一步研究证实, aSMC 中存在 *Grin1*mRNA 和 GluN1 蛋白。(3) Glu-NsMJ 传递在介导 NVC 中的重要性。在离体的神经元和 aSMC 共培养的环境中, 通过光遗传激活神经元后, aSMC 出现钙信号, 并且这种钙信号可以被谷氨酸受体阻断剂 D-AP5 抑制。单个轴突的光遗传学来激活穿通小动脉周围的轴突, 发现血管直径增加。运用激光散斑对比成像技术 (laser speckle contrast imaging, LSCI), 通过对麻醉小鼠进行胡须刺激, 发现只有 aSMC 中 *Grin1* 基因未敲除的小鼠才出现脑血流的增加。说明 Glu-NsMJs 对于其靶向的血管舒张非常重要。(4) 不同剂量的谷氨酸, 对 aSMC 的作用不同。在离体培养的 aSMC 中, 外源施加低剂量谷氨酸倾向于诱导出非扩散火花样动力学, 而施加高浓度谷氨酸倾向于诱导出钙离子波。正常生理条件下刺激谷氨酸神经递质的释放会引起 aSMC 的舒张, 而通过光遗传诱导出谷氨酸能神经元的扩散去极化 (spreading depolarization, SD) 会使 aSMC 出现窄缩, 说明 aSMC 对谷氨酸的反应具有剂量依赖性, 并且显示出不同的舒张收缩特性。(5) 减少 aSMC 特异性 NMDA 受体减少血管收缩, 改善缺血性卒中后结局。减少 aSMCs 中 GluN1 亚基, 通过防止缺血诱导的 SD 引起的小动脉收缩期间 aSMC 中的 Ca^{2+} 过载, 减少了脑缺血后的脑萎缩。这些结果表明预防 NMDA 受体依赖性小动脉收缩有益于卒中后的大脑和行为恢复。结论: 本研究发现神经元与动脉血管平滑肌细胞之间存在一种“类突触”结构, 可调节大脑血管收缩和舒张, 为缺血性脑卒中的治疗拓展新思路。

(Zhang D, Ruan J, Peng S, et al. Synaptic-like transmission between neural axons and arteriolar smooth muscle cells drives cerebral neurovascular coupling. Nat Neurosci, 2024, 27(2):232-248. 北京大学神经科学研究所, 杨海龙译, 刘风雨校)