

电生理技术治疗的强度变化对于泌尿外科术后病人 预防下肢静脉栓塞作用的影响

张 彩

华中科技大学同济医学院附属同济医院 湖北 武汉 433000

【摘 要】目的：分析低、中、高强度神经细胞电刺激治疗对泌尿外科术后病人下肢静脉栓塞的预防效果差异。方法：选取 2024 年 10 月-2025 年 6 月我院 120 例泌尿外科手术患者，随机分低强度组（0-15HZ）、中强度组（16-30HZ）、高强度组（>30HZ），各 40 例。三组均行常规护理，同时施加对应强度电刺激。比较三组血栓发生率、凝血功能及下肢周径变化，并进行统计学分析。结果：中强度组血栓发生率（2.5%）低于低强度组（15.0%）、高强度组（12.5%）（ $P<0.05$ ）；中强度组术后 PT、APTT 长于另两组，FIB 低于另两组（ $P<0.05$ ）；中强度组下肢周径增长值小于另两组（ $P<0.05$ ）。结论：中强度电刺激预防效果最优，可作为临床优选方案。

【关键词】电生理技术；强度变化；泌尿外科；下肢静脉栓塞

DOI:10.12417/2811-051X.25.11.078

泌尿外科术后，下肢静脉栓塞的潜在风险始终困扰着临床诊疗。这类血栓的形成，与手术引发的血管内皮完整性受损、凝血与抗凝失衡，术中体位维持时间过长及术后下肢活动受限密切相关，不仅延缓病人康复进程，还可能引发更严重的连锁反应。当前用于预防的手段中，药物干预虽能调节凝血状态，但出血风险让其在创面较大的手术中应用受限；传统物理方法如被动活动、弹力袜等，因依赖病人配合度或压力调控不足，效果常不理想。电刺激作为非药物和被动干预的新选择，通过兴奋自主神经，调节平滑肌的张力及扩张血管，低频电刺激可促进肌肉收缩，加强静脉回流，其优势在于适配术后病人的活动限制。但强度如何设定仍是未解难题，过弱则无法形成有效血流动力，过强可能诱发肌肉损伤或血管反应，反而增加风险。目前，针对不同强度电刺激在泌尿外科术后血栓预防中的具体作用，尤其是其对下肢循环状态、凝血平衡的影响差异，尚未有清晰结论。探究这一问题，对优化治疗方案、提升预防安全性与有效性具有重要意义。基于此，本文旨在分析低、中、高强度电刺激治疗对泌尿外科术后病人下肢静脉栓塞的预防效果差异。

1 资料与方法

1.1 一般资料

纳入 2024 年 10 月-2025 年 6 月我院 120 例泌尿外科手术患者。用随机数字表法分组：低强度组 40 例，男 22 例、女 18 例，年龄 45-78 岁（ 62.3 ± 7.5 ）。中强度组 40 例，男 23 例、女 17 例，年龄 46-77 岁（ 61.8 ± 6.9 ）。高强度组 40 例，男 21 例、女 19 例，年龄 44-79 岁（ 62.5 ± 7.2 ）。三组基线资料均衡（ $P>0.05$ ）。纳入标准：（1）行腹腔镜手术和经皮肾镜碎石取石术，时长 $\geq 2h$ ；（2）术后卧床 $\geq 2d$ ；（3）ASA 分级 I-III 级；。排除标准：（1）术前彩超证实血栓；（2）凝血功能障碍；（3）安装心脏起搏器/金属植入物；（4）下肢皮肤破溃

或感觉缺失；（5）肝肾功能衰竭。

1.2 治疗方法

三组均行常规护理：（1）术后 4h 始，踝泵运动，20-30 组/次，4 次/d；（2）协助翻身，指导家属按摩腓肠肌；（3）低脂饮食、合理饮水；（4）监测下肢皮温、色泽及 Homan 征。

在此基础上，用低频神经肌肉治疗仪（Pro），电极片贴两侧大腿根部至腹股沟下方 2-3 横指处，两侧足背动/静脉处各一片。参数：P4 模式，BB 程序，30min/次，1-2 次/d，连续 10d。强度：低强度组（0-15HZ）、中强度组（16-30HZ）、高强度组（>30HZ）。出现肌肉痉挛或疼痛即暂停。

1.3 观察指标

（1）血栓发生率：术后 3d 用彩超检查肌间/深静脉血栓。（2）凝血功能：术前及术后 3d 采静脉血 5mL，检测 PT、APTT、FIB 的数值。（3）下肢周径：术前 1d 及术后 3d 测量腓肠肌最突出处周径。

1.4 统计学处理

用 SPSS31.0。凝血功能指标、下肢周径增长值以“（ $\bar{x} \pm s$ ）”表示，“t”检验，血栓发生率以[n(%)]表示，“ χ^2 ”检验， $P<0.05$ ：差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组血栓发生率比较

中强度组血栓发生率最低，与另两组差异有统计学意义（ $P<0.05$ ）；低强度组与高强度组差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）。（表 1）。

表 1 双下肢静脉栓塞发生率比较[例（%）]

组别	低强度组	中强度组	高强度组
----	------	------	------

例数	40	40	40
发生血栓	6 (15.0)	1 (2.5)	5 (12.5)
未发生血栓	34 (85.0)	39 (97.5)	35 (87.5)
发生率	15.0	2.5	12.5

2.2 三组凝血功能指标比较

术前三组 PT、APTT、FIB 无差异 ($P>0.05$)；术后中强度组 PT、APTT 长于另两组，FIB 低于另两组 ($P<0.05$)，低强度组与高强度组无差异 ($P>0.05$)。（表 2）。

表 2 凝血功能指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	时间	低强度组 (n=40)	中强度组 (n=40)	高强度组 (n=40)
PT (s)	术前 1d	12.3 $\pm$ 1.1	12.2 $\pm$ 1.0	12.4 $\pm$ 1.2
	术后 3d	13.5 $\pm$ 1.3	15.8 $\pm$ 1.5	13.7 $\pm$ 1.4
APTT (s)	术前 1d	30.5 $\pm$ 2.4	30.3 $\pm$ 2.3	30.6 $\pm$ 2.5
	术后 3d	32.6 $\pm$ 2.5	38.2 $\pm$ 2.7	32.8 $\pm$ 2.6
FIB (g/L)	术前 1d	3.2 $\pm$ 0.5	3.3 $\pm$ 0.4	3.2 $\pm$ 0.5
	术后 3d	3.5 $\pm$ 0.6	2.4 $\pm$ 0.3	3.4 $\pm$ 0.5

2.3 三组下肢周径增长值比较

术前三组周径无差异 ($P>0.05$)；术后中强度组增长值小于另两组 ($P<0.05$)，低强度组与高强度组无差异 ($P>0.05$)。（表 3）。

表 3 下肢周径增长值比较 ($\bar{x} \pm s$, cm)

组别	低强度组	中强度组	高强度组
例数	40	40	40
术前周径	35.1 $\pm$ 2.0	35.2 $\pm$ 2.1	35.0 $\pm$ 2.2
术后周径	37.2 $\pm$ 2.2	36.1 $\pm$ 2.0	37.0 $\pm$ 2.1
增长值	2.1 $\pm$ 0.5	0.9 $\pm$ 0.3	2.0 $\pm$ 0.4

3 讨论

泌尿外科术后，下肢静脉栓塞形成是临床需重点关注的并发症，其发生与手术创伤、卧床制动等多重因素密切相关。手术操作会直接损伤血管内皮，破坏血管壁的完整性，使内皮下胶原暴露，触发血小板的黏附与聚集，同时激活内源性凝血途径，为血栓形成奠定基础^[1]。而术后病人需长期卧床，下肢肌肉活动大幅减少，肌泵功能减弱甚至消失，导致静脉血流速度减缓，血液在静脉腔内滞留，进一步增加血栓形成的风险。此外，手术引发的机体应激反应，会使凝血系统失衡，凝血因子

活性增强，抗凝物质相对不足，形成高凝状态，三者共同构成血栓发生的核心机制^[2]。当前临床用于预防此类血栓的手段存在明显局限。药物预防虽能在一定程度上抑制凝血过程，但可能增加术后出血风险，对于手术创面较大或存在潜在出血倾向的病人，其应用受到严格限制。物理预防方法中，早期主动活动因病人术后疼痛、体力不支等原因，依从性往往较低；气压治疗等设备虽能促进静脉回流，但对操作体位有特定要求，且受设备条件限制，基层医疗机构难以普及；弹力袜则因压力分布不均，对深部静脉血栓的预防效果有限，无法满足临床多样化需求^[3]。

电生理技术治疗作为一种新型物理干预方式，凭借非侵入性、被动激活的特点，逐渐进入临床视野。其通过交变电磁场作用于下肢肌肉，诱发肌肉不自主的收缩与舒张，模拟肌泵功能，促进静脉血液回流，理论上可降低血栓形成风险。与传统物理方法相比，它无需病人主动配合，更适用于术后活动能力受限的群体。然而，电生理技术的治疗效果与强度密切相关，强度过低时，肌肉收缩力度不足，难以有效推动血流；强度过高则可能导致肌肉疲劳、血管痉挛，甚至影响局部组织代谢，反而不利于血栓预防^[4]。目前，关于电生理技术治疗强度与泌尿外科术后双下肢血栓预防效果的关联，尚未形成明确共识。不同强度对下肢静脉血流动力学的影响、对凝血与抗凝系统平衡的调节作用，以及在减轻下肢肿胀方面的差异，均缺乏系统研究。明确适宜的刺激强度，不仅能提升预防效果，还可减少不良反应，为临床制定个性化预防方案提供依据。本研究中，中强度组血栓发生率仅 2.5%，显著低于低强度组（15.0%）和高强度组（12.5%），这一结果印证了强度适配性的重要性。从血流动力学角度分析，低强度可能仅能引发肌肉微弱收缩，不足以克服静脉回流阻力，尤其在静脉瓣处易形成涡流，导致血栓沉积。而高强度虽使肌肉收缩力增强，但持续高频收缩会使肌细胞代谢率升高，局部乳酸堆积，诱发血管内皮细胞释放内皮素-1，这一缩血管物质可使静脉口径缩小，反而增加血流阻力，抵消部分血流加速效应^[5]。凝血功能指标的变化进一步揭示了中强度组的优势。术后中强度组 PT、APTT 较另两组延长，FIB 降低。这一变化与磁场对凝血系统的双重调控有关：一方面，中强度磁场可抑制凝血因子 Xa 活性，延缓凝血酶原向凝血酶转化；另一方面，其能促进血管内皮细胞释放组织型纤溶酶原激活物（t-PA），使纤溶活性提升，加速纤维蛋白降解。低强度组因磁场能量不足，对凝血因子及纤溶系统影响微弱；高强度组则可能因过度刺激血小板，使血小板活化因子（PAF）释放增加，部分抵消抗凝作用。下肢周径增长值的差异反映了静脉淤血改善程度。周径增长主要源于静脉回流受阻导致的组织间隙液体积聚，中强度组的优异表现与其节律性收缩特点相关，肌肉收缩/舒张周期匹配静脉血流动力学，收缩期推动血流向心流动，舒张期允许静脉充分充盈，使静脉压降低，

组织液回吸收增加^[6]。低强度组因收缩频率不足，无法持续降低静脉压；高强度组则因肌肉持续紧张，静脉充盈不充分，回心血量反而减少。安全性方面，三组不良反应数据显示：高强度组肌肉酸痛发生率 7.5%，中强度组 2.5%，低强度组 0，这与磁场强度过高引发的肌细胞微损伤有关。30mT 磁场可能使肌浆网钙超载，导致肌酸激酶（CK）水平升高，而 CK 升高是肌肉损伤的敏感指标。

此外，从临床转化角度，中强度电生理技术的推广价值体现在三方面：（1）成本效益比高，单台设备日均治疗成本较低；（2）适用人群广，尤其适合出血高风险患者，如肝硬化、血小板减少者；（3）操作便捷，护士经过培训即可独立完成，无需专业技师。

综上所述，中强度的电生理技术治疗通过优化肌肉收缩效能和调控凝血-纤溶平衡，可以显著降低泌尿外科术后下肢静脉

栓塞的风险，且安全性良好，值得临床优先推广。总之，电生理技术治疗在泌尿外科术后下肢静脉栓塞的预防中展现出独特优势：作为非药物性物理干预，其通过调控强度实现被动式肌肉激活，规避了药物可能引发的出血风险，尤其适用于术后创面较大或存在出血倾向的病人；且操作简便，无需患者主动配合，对活动能力受限群体的适应性更强。当前研究仍存在不足：对强度选择的个体差异化考虑有限，如年龄、手术类型等因素对最优强度的影响尚未明确；与其他物理预防手段（如气压治疗）的协同作用机制，仍需深入探索。未来研究可向三方面推进：结合患者体质参数建立个体化强度预测模型，提升治疗精准度；开展多中心、长期随访研究，验证不同强度的远期安全性与有效性；探索电生理技术与抗凝药物、早期康复训练的联合方案，构建多层次预防体系，进一步优化泌尿外科术后血栓防控策略。

参考文献：

- [1] 孙郁婷.神经肌肉电刺激联合早期康复训练对关节镜下前交叉韧带重建术后康复的影响[J/OL].中文科技期刊数据库（全文版）医药卫生,2023(11)[2023-11-01].
- [2] 林冬露,邓雪峰,黄定根,等. 低频脉冲电磁场联合神经肌肉电刺激对关节镜前交叉韧带重建术后康复的影响[J]. 中医外治杂志, 2021,30(1):12-14.
- [3] 樊晓云,傅艳师,张云,等. 电磁刺激星状神经节缓解全麻术后苏醒期躁动的护理研究[J]. 保健文汇,2020(30):119-120.
- [4] 韩琼,李强,张楠心,等.神经肌肉电刺激联合早期康复训练对前交叉韧带重建术后腘绳肌功能的影响[J].中外医疗, 2021,40(32):71-74.
- [5] 韩琼,李强,张楠心,等.神经肌肉电刺激联合早期康复训练对关节镜下前交叉韧带重建术后康复的影响[J].中外医学研究, 2021,19(27):121-123.
- [6] 戴文敏,丁杰,周稳,等.前交叉韧带重建后肌肉功能恢复中神经肌肉电刺激的应用[J].中国组织工程研究,2015,19(07):1082-1086.