

# 肌电压力一体化电刺激联合生物反馈治疗女性轻中度压力性尿失禁的临床疗效及对盆底肌功能的影响：一项前瞻性研究

邸欣<sup>1</sup>, 路静<sup>1</sup>, 刘媛媛<sup>1</sup>, 李海燕<sup>2</sup>, 闫炜<sup>2</sup>, 宋艳茹<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 石家庄市鹿泉区妇幼保健院 河北石家庄

<sup>2</sup> 南京麦澜德医疗技术研究院 江苏南京

**【摘要】目的** 探讨肌电压力一体化电刺激联合生物反馈治疗对改善女性轻中度压力性尿失禁症状、生活质量及盆底肌功能等方面的临床疗效。**方法** 该研究最终纳入 79 名被诊断为轻中度压力性尿失禁的女性患者，平均年龄 (34.59±7.09) 岁，平均病程 (17.20±9.80) 个月，平均 BMI (22.80±3.20) kg/m<sup>2</sup>，所有患者均接受肌电压力一体化电刺激联合生物反馈治疗，刺激频率 15-60Hz，每周 3 次，每次治疗 30 分钟；连续 5 周，共完成 15 次治疗。观察治疗前 (T0)、治疗结束后 (T1) 及随访 (治疗结束后 3 个月, T2) 不同时间节点国际尿失禁咨询委员会尿失禁问卷简表 (ICI-Q-SF)、尿失禁影响问卷简版 (IIQ-7)、盆底肌电/压力等指标治疗前后变化。**结果** ICI-Q-SF 评分从 7.15±3.49 分 (T0) 降至 0.92±2.51 分 (T1)、2.20±1.00 分 (T2) (T1、T2 与 T0 相比较,  $P<0.05$ )；临床总有效率为 86.1%，治愈率为 83.5%；IIQ-7 总分从 2.89±3.61 分 (T0) 升至 0.38±1.20 分 (T1) 和 0.28±1.30 分 (T2) (T1、T2 与 T0 相比较,  $P<0.05$ )；盆底肌电/压力评估，盆底肌电总得分从基线 (T0) 51.01±13.70 分提高至治疗结束后 (T1) 61.86±12.15 分，提高幅度为 21.3% ( $P<0.05$ )；前静息阶段平均值从 8.27±5.42μV (T0) 降至 5.19±3.80μV (T1)，降低幅度为 37.2% ( $P<0.05$ )；I 型肌纤维平均值从 34.92±20.67μV (T0) 提高至 37.48±16.70μV (T1)，提高幅度为 7.3% ( $P<0.05$ )；II 型肌纤维压力最大值从 5.64±4.37cmH<sub>2</sub>O (T0) 提高至 8.30±5.65cmH<sub>2</sub>O (T1)，提高幅度为 47.2% ( $P<0.05$ )；I 型肌纤维压力平均值从 4.49±3.54cmH<sub>2</sub>O (T0) 提高至 7.50±5.04cmH<sub>2</sub>O (T1)，提高幅度为 67.0% ( $P<0.05$ )；I 型肌纤维变异性从 0.23±0.10 降至 0.18±0.08，提示 I 型肌纤维收缩的稳定性提升幅度为 21.7% ( $P<0.05$ )；I 型肌纤维恢复时间从 1.28±1.03s 缩短至 0.90±0.54s ( $P<0.05$ )，反映肌肉疲劳恢复能力的改善幅度为 29.7%；初始肌电值从 8.57±5.55μV 降至 6.72±4.42μV ( $P<0.05$ )，耐受肌电值从 16.19±8.73μV 降至 10.44±6.27μV ( $P<0.05$ )。治疗结束后 (T1)，总得分、前静息阶段平均值、II 型肌纤维上升时间、I 型肌纤维平均值、I 型肌纤维恢复时间、II 型肌纤维压力最大值、I 型肌纤维压力平均值等关键指标均较治疗前显著改善 ( $P<0.05$ )，而 II 型肌纤维最大值、最大耐受压力值等相关指标治疗前后无显著差异 ( $P>0.05$ )。**结论** 肌电压力一体化电刺激联合生物反馈治疗不仅能够显著缓解尿失禁症状，提高生活质量，还能优化盆底肌功能。

**【关键词】** 肌电压力一体化电刺激；生物反馈；压力性尿失禁；盆底肌功能

**【基金项目】** 国家卫生健康委科学技术研究所项目 (2024HX001)

**【收稿日期】** 2025 年 12 月 17 日

**【出刊日期】** 2026 年 1 月 26 日

**【DOI】** 10.12208/j.ijcr.20260016

**To investigate the clinical efficacy of integrated electromyographic pressure electrical stimulation combined with biofeedback in the treatment of mild to moderate female stress urinary incontinence and its effect on pelvic floor muscle function: a prospective study**

Xin Di<sup>1</sup>, Jing Lu<sup>1</sup>, Yuanyuan Liu<sup>1</sup>, Haiyan Li<sup>2</sup>, Wei Yan<sup>2</sup>, Yanru Song<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Shijiazhuang Luquan District Maternal and Child Health Hospital, Shijiazhuang, Hebei

<sup>2</sup>Nanjing Medlander Institute of Medical Technology, Nanjing, Jiangsu

第一作者简介：邸欣，女，河北石家庄人，学士，主治医师，妇产科学专业；

\*通讯作者：宋艳茹

**【Abstract】 Objective** To investigate the clinical efficacy and safety of integrated electromyographic pressure electrical stimulation combined with biofeedback therapy in improving symptoms, pelvic floor muscle function, and quality of life in women with mild to moderate stress urinary incontinence. **Methods** The study included 79 women diagnosed with mild-to-moderate stress urinary incontinence, the average age was  $(34.59 \pm 7.09)$  years, the average disease duration was  $(17.20 \pm 9.80)$  months, and the average BMI was  $(22.80 \pm 3.20)$  kg/m<sup>2</sup>. all of them received integrated electromyographic pressure electrical stimulation combined with biofeedback therapy, the stimulation frequency is 15-60Hz, three times a week, with each treatment lasting 30 minutes. A total of 15 treatments were completed for 5 consecutive weeks. Before treatment (T0), after treatment (T1) and follow-up (3 months after treatment, T2) at different time points, the International Consultative Committee on Urinary Incontinence Questionnaire short form (ICI-Q-SF), Incontinence Impact questionnaire short form (IIQ-7), pelvic floor electromyograph/pressure and other indicators were observed before and after treatment. **Results** The ICI-Q-SF score decreased from  $7.15 \pm 3.49$  points (T0) to  $0.92 \pm 2.51$  points (T1) and  $2.20 \pm 1.00$  points (T2) (compared with T0, T1 and T2,  $P < 0.05$ ). The total clinical effective rate was 86.1%, among which the cure rate was 83.5%. The total score of IIQ-7 increased from  $2.89 \pm 3.61$  points (T0) to  $0.38 \pm 1.20$  points (T1) and  $0.28 \pm 1.30$  points (T2) (compared with T0, T1 and T2,  $P < 0.05$ ). Pelvic floor electromyography/pressure assessment: The total score of pelvic floor electromyography increased from  $51.01 \pm 13.70$  points at baseline (T0) to  $61.86 \pm 12.15$  points at the end of treatment (T1), with an increase of 21.3% ( $P < 0.05$ ). The average value of the pre-resting stage decreased from  $8.27 \pm 5.42 \mu V$  (T0) to  $5.19 \pm 3.80 \mu V$  (T1), with a decrease of 37.2% ( $P < 0.05$ ). The average value of type I muscle fibers increased from  $34.92 \pm 20.67 \mu V$  (T0) to  $37.48 \pm 16.70 \mu V$  (T1), with an increase of 7.3% ( $P < 0.05$ ). The maximum pressure of type II muscle fibers increased from  $5.64 \pm 4.37$  cmH<sub>2</sub>O (T0) to  $8.30 \pm 5.65$  cmH<sub>2</sub>O (T1), with an increase of 47.2% ( $P < 0.05$ ). The average pressure of type I muscle fibers increased from  $4.49 \pm 3.54$  cmH<sub>2</sub>O (T0) to  $7.50 \pm 5.04$  cmH<sub>2</sub>O (T1), with an increase of 67.0% ( $P < 0.05$ ). The variability of type I muscle fibers decreased from  $0.23 \pm 0.10$  to  $0.18 \pm 0.08$ , suggesting that the stability improvement of type I muscle fiber contraction was 21.7% ( $P < 0.05$ ). The recovery time of type I muscle fibers was shortened from  $1.28 \pm 1.03$  s to  $0.90 \pm 0.54$  s ( $P < 0.05$ ), reflecting an improvement range of 29.7% in muscle fatigue recovery ability. The initial electromyography (EMG) value decreased from  $8.57 \pm 5.55 \mu V$  to  $6.72 \pm 4.42 \mu V$  ( $P < 0.05$ ), and the tolerated EMG value decreased from  $16.19 \pm 8.73 \mu V$  to  $10.44 \pm 6.27 \mu V$  ( $P < 0.05$ ). After treatment (T1), key indicators such as the total score, the average value of the pre-resting stage, the rise time of fast muscle, the average value of slow muscle, the recovery time of slow muscle, the maximum value of fast muscle pressure, and the average value of slow muscle pressure were significantly improved compared with those before treatment ( $P < 0.05$ ), while there were no significant differences in related indicators such as the maximum value of fast muscle and the maximum tolerable pressure value before and after treatment ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** Integrated electromyographic pressure electrical stimulation combined with biofeedback therapy can not only significantly relieve the symptoms of urinary incontinence, improve the quality of life, but also optimize the pelvic floor muscle function.

**【Keywords】** Integrated electromyographic pressure electrical stimulation; Biofeedback; Stress urinary incontinence; Pelvic floor muscle function

压力性尿失禁 (Stress Urinary Incontinence, SUI) 是指在腹压突然增加的情况下 (如咳嗽、打喷嚏、大笑或运动时) 发生的非自主性尿液流出, 是盆底功能障碍性疾病中最常见的类型之一。流行病学调查显示, 全球范围内女性尿失禁患病率为 25%~45%, 其中压力性尿失禁占比最高<sup>[1]</sup>。最新发布的一项中国大规模流行病学数据表明, 成年女性尿失禁患病率为 16.0%, 其中压力性尿失禁仍是主要类型<sup>[2-5]</sup>。尽管压力性尿失禁患病率

较高, 但由于患者的羞耻感和认知不足等因素, 仅有不到 40% 的患者会主动寻求医疗帮助, 这一现象严重影响患者的身心健康和生活质量<sup>[3]</sup>。

压力性尿失禁的发病机制复杂多样, 涉及盆底支持结构的解剖学缺陷、尿道括约肌功能不全、神经支配异常等多个层面<sup>[3]</sup>。妊娠分娩是最重要的危险因素之一, 分娩过程中盆底肌肉和筋膜的过度牵拉、神经损伤以及激素水平的变化均可导致肌肉及结缔组织等盆底支

持结构的功能减弱<sup>[6-7]</sup>。此外，年龄、肥胖、慢性咳嗽、便秘等因素也会增加腹压，进一步加重盆底负担。盆底肌群被认为是维持尿道闭合压力的重要因素之一，当盆底肌肉力量减弱、协调性下降时，尿道在腹压增加时无法有效闭合，从而导致尿液漏出<sup>[8]</sup>。

传统的压力性尿失禁治疗方法包括非手术治疗和手术治疗两大类。非手术治疗主要包括盆底肌训练、生活方式干预、药物治疗等，但效果往往因患者依从性差、训练方法不当、个体情况不同等原因而使得治疗效果有限<sup>[4]</sup>。手术治疗虽然疗效确切，但存在创伤大、并发症风险高、费用昂贵等问题，且部分患者因年龄、合并症等原因无法耐受手术。近年来，随着康复医学和生物医学工程技术的发展，电刺激联合生物反馈疗法作为一种安全有效的物理治疗手段，在盆底功能障碍性疾病的治疗中得到了广泛应用<sup>[9-10]</sup>。

电刺激疗法通过向盆底肌肉和神经传递特定频率和强度的电流，能够直接激活盆底肌肉收缩，增强肌肉力量和耐力，同时通过神经调节机制抑制膀胱逼尿肌的异常收缩，改善尿道闭合功能<sup>[11-12]</sup>。生物反馈技术则通过实时监测盆底肌肉的电生理活动，将肌肉收缩的强度、持续时间等信息以视觉或听觉信号的形式反馈给患者，帮助患者学习正确的盆底肌训练方法，提高训练的针对性和有效性<sup>[9]</sup>。两者联合应用可以发挥协同作用，既能通过电刺激被动激活肌肉，又能通过生物反馈引导患者主动参与训练，从而达到更好的康复治疗效果<sup>[13-14]</sup>。

肌电压力一体化电刺激技术是在传统电刺激基础上发展而来的新型治疗手段，其核心特点在于采用肌电压力传导阴道电极和智能化参数调节系统。肌电压力传导阴道电极能够根据患者的阴道容受性自适应调整形状以紧密贴合阴道，提高刺激的效率和舒适度。目前，关于肌电压力一体化电刺激联合生物反馈治疗轻中度压力性尿失禁的高质量临床研究缺乏，且大多数研究集中在医院环境下的临床诊疗，对于家庭化延续性治疗的疗效缺乏充分的循证医学证据。此外，传统的固定电极设计存在接触不良、刺激不均匀等问题，影响了治疗效果<sup>[15]</sup>。肌电压力传导阴道电极技术的出现为解决这些问题提供了新的方式。

本研究旨在通过一项单臂前瞻性临床研究，系统评估配备肌电压力传导阴道电极技术的肌电压力一体化电刺激联合生物反馈疗法在改善女性轻中度压力性尿失禁症状、生活质量及盆底肌功能等方面的临床疗效，为临床实践提供科学依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2024 年 9 月至 2025 年 6 月被诊断为轻中度压力性尿失禁的患者为研究对象。

纳入标准：（1）年龄 18-60 岁，有性生活史的女性；（2）经 IngelmanSundberg 分度法（结合患者临床表现，将压力性尿失禁分为轻度、中度和重度。轻度：咳嗽、打喷嚏等腹压突然增加的环境下漏尿，但不需要使用尿垫；中度：在跑跳、快步行走等日常活动时即出现漏尿，需要使用尿垫；重度：翻身、体位改变、慢走等轻微活动情况下漏尿，此种情况会严重影响患者的生活质量）判断为轻度或中度压力性尿失禁；（3）了解整个研究流程并自愿签署知情同意书；（4）具备基本的智能设备操作能力，能够独立完成家用设备的使用和数据上传。

排除标准：（1）盆底区域有已被确诊的器质性病变；（2）急性泌尿生殖感染者；（3）患有严重精神疾病或认知障碍，无法配合治疗或评估；（4）妊娠期、哺乳期或计划短期内妊娠者；（5）盆底区域近期（如 6 个月内）接受过手术治疗或盆底康复者；（6）体内植入心脏起搏器或其他电子设备；（7）无法保证家用设备使用安全性或缺乏家庭支持。

本研究纳入符合纳排标准的轻中度压力性尿失禁患者共 79 名，所有患者在了解该临床研究相关信息后均表示自愿参与，并在治疗前均已阅读并确认了知情同意书。本项研究获得国家卫生健康委科学技术研究所伦理委员会的伦理学批准（编号：NRIFP2024016）。本研究拟采用 ICIQ-SF 作为主要观察指标。根据此前一项研究<sup>[16]</sup>，电磁刺激在年长女性的最小临床显著差异为 2.5，在此项研究中的 SD 估计为 2.56，故此项研究拟采用 2.5 和 2.56 作为组间差异和 SD。假设效应量大小为 0.25，I 类错误概率为 5%，检验效能  $1-\beta=80\%$ 。脱落率为 20%，观察例数至少为 28 例，最终纳入 79 例患者。

### 1.2 治疗方法

（1）肌电压力一体化电刺激联合生物反馈：采用新型生物刺激反馈仪（澜亭盆底康复治疗仪 L30）进行治疗。该设备搭载肌电压力传导阴道电极技术，根据患者的个体差异和治疗需求自动调节电极形状和刺激模式。

（2）治疗参数设置：刺激频率：15-60Hz（根据治疗阶段进行刺激频率动态调整）。脉冲宽度：150-400 $\mu$ s；刺激强度：治疗强度调整至受试者可感知到肌肉收缩

感，同时确保刺激水平始终处于无痛且舒适的范围内；治疗模式：电刺激与生物反馈；肌电压力传导阴道电极：根据患者盆底阴道结构自动调节电极形状，确保最佳接触面积和刺激效果。

（3）治疗方案：治疗频率：每周3次，每次治疗30分钟；治疗周期：连续5周，共完成15次治疗；治疗时间：患者可根据个人时间安排灵活选择，建议在相对固定的时间进行；治疗过程：前期（前5次治疗）以电刺激为主，激活受损神经肌肉；后期（第6-15次治疗）逐步增加生物反馈训练，增强主动训练意识，提高盆底肌主动收缩松弛能力。

（4）远程监控与安全保障：①云端数据监控：治疗数据实时上传至云端平台（数据严格保密，并获得患者同意），操作人员可远程观察治疗进度；②智能安全提醒：设备具备多重安全保护机制，异常情况下自动停止治疗；③电话随访：定期进行电话随访，了解患者使用情况和不良反应；④在线指导：提供24小时在线技术支持和使用指导。

### 1.3 观察指标和评估时间节点

评估分别于三个时间点进行：治疗前（基线，T0）、治疗结束后（T1）以及随访（治疗结束后3个月，T2）。考虑到家用治疗的特殊性，评估指标采用患者自评和远程指导相结合的方式。

（1）尿失禁症状：采用国际尿失禁咨询委员会尿失禁问卷简表（International Consultation on Incontinence Questionnaire-Short Form, ICI-Q-SF）评估尿失禁的严重程度<sup>[17]</sup>。该量表包含3个核心问题，分别评估尿漏频率、尿漏量和对日常生活的影响程度，总分范围0-21分，得分越高表示尿失禁症状越严重。评估时要求患者回忆最近4周内的尿失禁经历，选择最能代表实际情况的选项。ICI-Q-SF量表具有良好的信度和效度，是国际公认的女性尿失禁严重程度评估工具。

（2）临床疗效<sup>[18]</sup>：治愈：症状消失；有效：症状改善；无效：症状无改善甚至加重。总有效率=治愈+有效。

（3）生活质量评分：采用尿失禁影响问卷简版（Incontinence Impact Questionnaire-Short Form, IIQ-7）<sup>[17]</sup>评估尿失禁对患者生活质量的影响程度。该量表包含7个条目，涵盖家务活动、体育活动、娱乐活动、旅行、社交活动、情绪健康和挫折感等方面，每个条目采用4级评分（0=完全不影响，1=轻度影响，2=中度影响，3=严重影响），总分范围0-21分，得分越高表示

尿失禁对生活质量的负面影响越大。

（4）肌电/压力评估：采用新型盆底康复治疗仪指导患者自行进行盆底肌功能评估<sup>[19]</sup>，即肌电/压力评估（采用家用肌电压力一体化电极，澜亭盆底康复治疗仪L30）。评估前需通过视频指导和操作手册确保患者掌握正确的操作方法。评估具体内容包括：前静息阶段平均值、II型肌纤维上升时间、I型肌纤维平均值、I型肌纤维恢复时间、II型肌纤维压力最大值、I型肌纤维压力平均值、II型肌纤维最大值、II型肌纤维恢复时间、I型肌纤维上升时间、后静息平均值、II型肌纤维压力上升时间、II型肌纤维压力恢复时间、I型肌纤维压力恢复时间、变化趋势-II型肌纤维、变化趋势-I型肌纤维、最大耐受压力等。

（5）安全性评估：记录并评估治疗期间发生的所有不良事件，包括电刺激相关不适（如刺痛、灼热感）等。

### 1.4 统计学分析

本研究所有数据分析均通过SPSS26.0软件完成。计量资料采用均数±标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，计数资料采用例数（构成比）[n（%）]表示。治疗前后的比较依据数据分布特征进行：对于符合正态分布（经Shapiro-Wilk检验）的计量资料，采用配对t检验；对于非正态分布者，则采用非参数的Wilcoxon符号秩检验。分类变量的比较采用 $\chi^2$ 检验。为分析随访标准时间的变化趋势，采用了重复测量方差分析。组间采用Mann-Whitney U检验。此外，采用Pearson相关（正态分布）或Spearman秩相关（非正态分布）分析变量间的关联性。所有统计检验均为双侧，检验水准 $\alpha=0.05$ 。对于多重比较，采用Bonferroni校正控制I类错误。

## 2 结果

### 2.1 患者一般资料

本研究纳入2024年9月至2025年6月符合纳排标准的79例轻中度压力性尿失禁患者作为研究对象。所有患者均完成为期5周的治疗。

纳入患者平均年龄（ $34.59 \pm 7.09$ ）岁，平均病程（ $17.2 \pm 9.80$ ）个月，平均BMI（ $22.80 \pm 3.20$ ）kg/m<sup>2</sup>。

### 2.2 主要疗效指标

#### （1）ICI-Q-SF评分

治疗后（T1）及随访（T2）ICI-Q-SF评分均较治疗前出现显著下降（ $P < 0.05$ ）。ICI-Q-SF评分从 $7.15 \pm 3.49$ 分（T0）降至 $0.92 \pm 2.51$ 分（T1）、 $2.20 \pm 1.00$ 分（T2）（表1）。临床总有效率为86.1%，其中治愈率为83.5%。

(2) 尿失禁对生活质量的影响 (IIQ-7 评分)

治疗后 (T1) 及随访 (T2) IIQ-7 评分均较治疗前显著改善 ( $P<0.05$ )。IIQ-7 总分从  $2.89\pm3.61$  分 (T0) 升至  $0.38\pm1.20$  分 (T1)、 $0.28\pm1.30$  分 (T2) (表 2)。

该数据表明, 治疗后尿失禁对患者日常生活的负面影响显著减轻, 包括家务活动、体育活动、娱乐活动、旅行、社交活动、情绪健康和挫折感等多个方面均得到明显改善。

表 1 治疗前后 ICI-Q-SF 对比 ( $\bar{x}\pm s$ ) 分

例数	T0	T1	T2
79	$7.15\pm3.49$	$0.92\pm2.51^*$	$2.20\pm1.00^*$

注: 与治疗前比较,  $*P<0.05$ 。

表 2 治疗前后 IIQ-7 对比 ( $\bar{x}\pm s$ ) 分

例数	T0	T1	T2
79	$2.89\pm3.61$	$0.38\pm1.20^*$	$0.28\pm1.30^*$

注: 与治疗前比较,  $*P<0.05$ 。

(3) 肌电/压力评估

治疗后 (T1), 总得分、前静息阶段平均值、II 型肌纤维上升时间、I 型肌纤维平均值、I 型肌纤维恢复时间、II 型肌纤维压力最大值、I 型肌纤维压力平均值等关键指标均较治疗前显著改善 ( $P<0.05$ )。具体而言, 盆底肌电总得分从基线的  $51.01\pm13.70$  分提高至  $61.86\pm12.15$  分, 提高幅度为 21.3% ( $P<0.05$ ); 前静息阶段平均值从  $8.27\pm5.42\mu V$  降至  $5.19\pm3.80\mu V$ , 降低幅度为 37.2% ( $P<0.05$ ); I 型肌纤维平均值从  $34.92\pm20.67\mu V$  提高至  $37.48\pm16.70\mu V$ , 提高幅度为 7.3% ( $P<0.05$ )。II 型肌纤维压力最大值从  $5.64\pm4.37\text{cmH}_2\text{O}$  提高至  $8.30\pm5.65\text{cmH}_2\text{O}$ , 提高幅度为 47.2% ( $P<0.05$ ); I 型肌纤维压力平均值从  $4.49\pm3.54\text{cmH}_2\text{O}$  提高至  $7.50\pm5.04\text{cmH}_2\text{O}$ , 提高幅度为 67.0% ( $P<0.05$ )。

其他肌电/压力评估相关指标, 如 II 型肌纤维最大值、II 型肌纤维恢复时间、I 型肌纤维上升时间、后静息平均值、II 型肌纤维压力上升时间、II 型肌纤维压力恢复时间、I 型肌纤维压力恢复时间、变化趋势-II 型肌纤维、变化趋势-I 型肌纤维、最大耐受压力等指标治疗前后无显著差异 ( $P>0.05$ )。

值得注意的是, I 型肌纤维变异性从  $0.23\pm0.10$  降至  $0.18\pm0.08$ , 提示 I 型肌纤维收缩的稳定性提升幅度为 21.7% ( $P<0.05$ ); I 型肌纤维恢复时间从  $1.28\pm1.03\text{s}$  缩短至  $0.90\pm0.54\text{s}$  ( $P<0.05$ ), 反映肌肉疲劳恢复能力的改善幅度为 29.7%; 初始肌电值从  $8.57\pm5.55\mu V$  降至  $6.72\pm4.42\mu V$  ( $P<0.05$ ), 耐受肌电值从  $16.19\pm8.73\mu V$  降至  $10.44\pm6.27\mu V$  ( $P<0.05$ ), 提示患者对电刺激的耐受性和适应性增强 (表 3)。

2.3 亚组分析

按照年龄进行分层亚组分析, 以 35 岁为界, 将 79 例患者分为年轻组 ( $\geq 18$  岁,  $\leq 35$  岁,  $n=51$ ) 和中年组 ( $>35$  岁,  $\leq 60$  岁,  $n=28$ )。两组患者在基线资料 (年龄、病程、BMI、ICI-Q-SF 评分、IIQ-7 评分) 方面无显著差异 ( $P>0.05$ )。治疗后, 两组患者在主要疗效指标的改善程度上均无统计学差异 ( $P>0.05$ ), 提示该治疗方案对不同年龄段的患者均具有稳定且显著的疗效 (表 4)。

3 讨论

压力性尿失禁的病理生理机制涉及多个层面, 涉及生理、心理和社会等多个层面。从生理角度来看, 其发生的主要原因与支持组织的结构完整性受损或功能下降有关, 其诱因包括妊娠、分娩损伤或长期处于高腹腔压力的状态等<sup>[20]</sup>。神经肌肉控制的失调或失衡是另一关键致病机制, 其发生主要与分娩期间盆底肌肉神经受损伤或盆底肌肉内部长期处于高张力状态有关<sup>[21]</sup>。压力性尿失禁往往伴随着盆底肌肉力量减弱、协调性下降、形成疼痛-焦虑-肌张力增高的恶性循环<sup>[20]</sup>。患者可能因为害怕疼痛而产生性回避行为, 进一步影响亲密关系和心理负担。压力性尿失禁作为一种敏感的妇科疾病, 患者往往存在心理负担, 家庭治疗能够有效缓解这种心理压力。

近年来, 随着家庭康复治疗设备的发展, 家庭化治疗模式为患者提供了更加便捷、私密和个性化的治疗选择, 患者可根据此类设备实现更高频次的自主训练<sup>[22]</sup>。连续的盆底治疗对盆底功能恢复具有关键作用, 并有望持续提高疗效。相较于临床环境所受的时空约束, 家庭化治疗模式为患者提供了高度自主的时间安

排能力，从而支持长期个性化健康管理的实现。（1）个性化和精准治疗：当代家用康复治疗系统可依据个体差异定制康复方案，通过动态调节治疗参数，从而实现精准化治疗的水平。肌电压力传导阴道电极自适应贴合不同松弛度的阴道壁，减少电流传导损耗，离心电刺激高效激活受损神经肌肉；抗阻凯格尔训练，模拟真实括约肌收缩动作，加速肌力恢复。提升了个性化治疗的效率。（2）提高患者参与度和依从性：具备友好交互界面与清晰操作指引的家用治疗设备，有助于增强患者治疗的意愿度和依从性。通过直观理解康复进程并结合自身状态，患者可更主动地进行持续治疗，进而改善整体康复效果。本研究采用的家用电刺激联合生物反馈治疗是改善女性压力性尿失禁的一种安全、有效的非药物干预措施。

表 3 治疗前后盆底肌电参数比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

指标	治疗前	治疗后	差值	t	P
总得分	51.01±13.70	61.86±12.15	10.85	7.05	<0.05*
前静息阶段平均值/ $\mu V$	8.27±5.42	5.19±3.80	-3.08	-5.06	<0.05*
前静息阶段变异性	0.17±0.13	0.20±0.23	0.03	1.04	0.30
II型肌纤维最大值/ $\mu V$	47.56±22.38	47.17±23.65	-0.39	-0.20	0.84
II型肌纤维上升时间/s	0.47±0.19	0.42±0.15	-0.05	-2.26	<0.05*
II型肌纤维恢复时间/s	0.58±0.36	1.06±4.81	0.48	0.29	0.77
I型肌纤维平均值/ $\mu V$	34.92±20.67	37.48±16.70	2.56	2.59	<0.05*
I型肌纤维变异性	0.23±0.10	0.18±0.08	-0.05	-4.53	<0.05*
I型肌纤维上升时间/s	0.64±0.45	0.72±1.62	0.08	0.28	0.78
I型肌纤维恢复时间/s	1.28±1.03	0.90±0.54	-0.38	-3.00	<0.05*
后静息平均值/ $\mu V$	7.68±5.13	6.48±3.69	-1.20	-1.86	0.07
后静息变异性	0.16±0.10	0.35±1.37	0.19	2.47	<0.05*
II型肌纤维压力最大值/cmH <sub>2</sub> O	5.64±4.37	8.30±5.65	2.66	4.19	<0.05*
II型肌纤维压力上升时间/s	0.33±0.15	0.35±0.14	0.02	0.82	0.42
II型肌纤维压力恢复时间/s	0.78±0.43	0.82±0.37	0.04	0.89	0.38
I型肌纤维压力平均值/cmH <sub>2</sub> O	4.49±3.54	7.50±5.04	3.01	5.33	<0.05*
I型肌纤维压力变异性	0.11±0.13	0.12±0.06	0.01	2.49	<0.05*
I型肌纤维压力上升时间/s	0.79±0.50	0.97±0.60	0.18	2.02	<0.05*
I型肌纤维压力恢复时间/s	1.73±0.96	1.86±0.74	0.13	0.61	0.54
变化趋势-II型肌纤维	0.08±0.40	0.10±0.37	0.02	0.12	0.91
变化趋势-I型肌纤维	0.00±0.10	0.06±0.68	0.06	0.31	0.76
最大耐受压力/cmH <sub>2</sub> O	185.49±58.51	185.40±65.30	-0.09	-0.01	0.71
初始肌电值/ $\mu V$	8.57±5.55	6.72±4.42	-1.85	-2.61	<0.05*
耐受肌电值/ $\mu V$	16.19±8.73	10.44±6.27	-5.75	-5.87	<0.05*

注：与治疗前比较，\* $P<0.05$

表 4 按年龄分组的疗效指标改善情况比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

年龄分组	例数 (n)	指标	治疗前	治疗后	改善幅度	P
年轻组 (18~35岁)	51	ICI-Q-SF	6.75±2.90	0.51±1.46	92.4%	0.93
		IIQ-7	2.78±3.83	0.22±0.70	92.3%	0.79
中年组 (35~60岁)	28	ICI-Q-SF	7.89±4.34	1.68±3.65	78.7%	
		IIQ-7	3.07±3.24	0.68±1.76	77.9%	

注：P 值为两组改善差值的组间比较结果（Mann-Whitney U 检验）。

治疗后患者的压力性尿失禁症状显著降低, ICI-Q-SF 评分从基线的  $7.15 \pm 3.49$  分降至治疗结束后  $0.92 \pm 2.51$  分, 症状缓解率达 86.1%。这一结果与相关临床研究报道具有一致性<sup>[23-24]</sup>。此外, 尿失禁对患者生活质量的影响显著减轻, IIQ-7 总分从基线的  $2.89 \pm 3.61$  分降至治疗结束后  $0.38 \pm 1.20$  分, 改善幅度达 86.9%, 涵盖家务活动、体育活动、娱乐活动、旅行、社交活动、情绪健康和挫折感等多个方面。这种全面的改善表明治疗不仅缓解了尿失禁症状, 还显著提升了患者的日常生活质量。肌电/压力评估方面, 治疗后总得分、前静息阶段平均值、II 型肌纤维上升时间、I 型肌纤维平均值、I 型肌纤维恢复时间、II 型肌纤维压力最大值、I 型肌纤维压力平均值等关键指标均较治疗前显著改善, 提示盆底功能治疗后得到显著改善, 这与相关临床研究结果一致<sup>[24-26]</sup>。

本研究具有一定的局限性, 需要在未来的研究中加以改进: (1) 样本量限制: 虽然本研究最终纳入 79 例患者, 但对于不同年龄、不同病因的压力性尿失禁患者的效果差异分析仍需更大样本量的研究来验证; (2) 随访时间有限: 本研究的随访时间仅为治疗结束后 3 个月, 未能评估远期随访的疗效、效果维持与安全性。未来研究应该延长随访时间至 6 个月以上甚至 1 年; (3) 缺乏对照组设计: 作为单臂研究, 未设置对照组, 可能存在安慰剂效应的影响。未来可考虑设计随机对照试验, 设置假刺激对照组, 进一步验证疗效; (4) 机制研究不足: 本研究虽然观察到了治疗效果, 但对于肌电压力传导阴道电极技术本身的作用机制和优势尚未进行深入的基础研究。未来的研究应该进一步完善技术细节, 扩大样本量, 延长随访时间, 深入探究作用机制, 为该技术的临床应用提供更加充分的科学依据及数据基础。

综上所述, 集成肌电压力传导阴道电极技术的家用式电刺激-生物反馈联合系统, 为压力性尿失禁提供了一种创新的物理治疗策略。该疗法在助于增强盆底肌肉力量、收缩持久性、力学稳定性及疲劳恢复能力。治疗后, 患者在改善压力性尿失禁症状、提高生活质量及加强盆底肌功能相关指标等方面均获得显著改善。另外, 治疗的针对性、舒适度和个性化程度, 为治疗效果提供了保障。以家庭为基础的治疗模式在提升患者依从性与治疗及触及方面具有显著优势, 可作为压力性尿失禁治疗中有推广价值的干预策略之一。

随着家用医疗设备技术的不断发展和完善, 特别是肌电压力传导阴道电极等创新技术的应用, 家用电

刺激联合生物反馈治疗有望在压力性尿失禁及其他盆底功能障碍的治疗中发挥更大作用。值得在临床实践中推广应用。未来的研究应该进一步完善技术细节, 扩大样本量, 延长随访时间, 深入探究作用机制, 为该技术的临床应用提供更加充分的科学依据及数据基础。

## 参考文献

- [1] Zhu J, Pang H, Wang P, et al. Female urinary incontinence in China after 15 years' efforts: Results from large-scale nationwide surveys [J]. *Sci Bull (Beijing)*, 2024, 69:3272-3282.
- [2] Li L, Li G, Dai S, et al. Prevalence and spatial distribution characteristics of female stress urinary incontinence in mainland China[J]. *Eur Urol Open Sci*, 2024, 68:48-60.
- [3] Moris L, Heesakkers J, Nitti V, et al. Prevalence, diagnosis, and management of stress urinary incontinence in women: a collaborative review[J]. *Eur Urol*, 2025, 87:292-301.
- [4] Carlson K, Andrews M, Bascom A, et al. 2024 Canadian Urological Association guideline: Female stress urinary incontinence[J]. *Can Urol Assoc J*, 2024, 18: 83-102.
- [5] Xue K, Palmer MH, Zhou F. Prevalence and associated factors of urinary incontinence in women living in China: a literature review[J]. *BMC Urol*, 2020, 20: 159.
- [6] Shek KL, Kruger J, Dietz HP. The effect of pregnancy on hiatal dimensions and urethral mobility: an observational study[J]. *Int Urogynecol J*, 2012,23:1561-1567.
- [7] Dolan LM, Hilton P. Obstetric risk factors and pelvic floor dysfunction 20 years after first delivery[J]. *Int Urogynecol J*, 2010, 21:535-544.
- [8] 侯晓,李霞,孙群,等. 女性盆底功能障碍性疾病诊治流程及物理康复技术临床应用——定义、流行病学、发病机制及物理康复技术概要[J].*生殖医学杂志*,2024,33: 277-282.
- [9] Kopańska M, Torices S, Czech J, et al. Urinary incontinence in women: biofeedback as an innovative treatment method[J]. *Ther Adv Urol*, 2020, 12: 1756287220934359.
- [10] Hwang JC, Sun FJ, Su TH,et al.Efficacy of biofeedback and Electrostimulation-Assisted Pelvic Floor Muscle Training between Women with Mild and Moderate to Severe Stress Urinary Incontinence [J]. *J Clin Med*, 2022, 11: 6424.
- [11] Huang Y, Huang Z, Ou Y, et al. Meta-analysis of the



- therapeutic effect of electrical stimulation combined with pelvic floor muscle exercise on female pelvic floor dysfunction[J]. *Eur J Med Res*, 2024, 29: 380.
- [12] Sarmiento ALC, SáBS, Vasconcelos AG, et al. Perspectives on the therapeutic effects of pelvic floor muscle training and electrical stimulation: a systematic review[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19: 14035.
- [13] 夏雅芬,林芳,谢扬玉. 生物反馈电刺激联合凯格尔训练对产后压力性尿失禁患者漏尿症状及盆底肌力的影响[J].*慢性病学杂志*,2024,25:621-623+627.
- [14] 刘姣姣,严文广,唐源,等. 本体感觉训练联合盆底电刺激生物反馈对产后盆底功能障碍的治疗效果[J]. *中南大学学报(医学版)*, 2022, 47:1253-1259.
- [15] Brubaker L, Benson JT, Bent A, et al. Transvaginal electrical stimulation for female urinary incontinence[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 1997, 177: 536-540.
- [16] Hagen S, Elders A, Stratton S,et al. Effectiveness of pelvic floor muscle training with and without electromyographic biofeedback for urinary incontinence in women: multicentre randomised controlled trial [J]. *BMJ*,2020, 371:m3719.
- [17] 刘盼,刘彩娥,唐桂艳,等. 女性盆底功能障碍性疾病诊治流程及物理康复技术临床应用——临床评估与诊断[J].*生殖医学杂志*,2024,33:419-425.
- [18] CHEN F,ZHOU J,WU W,et al. Study on the therapeutic effect of floating needle therapy combined with pressing acupoint embedding for female stress urinary incontinence after childbirth:A randomized trial[ J ] . *Ann Palliat Med*,2021,10 ( 7 ):7786- 7793.
- [19] 盆底功能障碍评估与干预技术多学科共识专家组. 盆底功能多模态评估体系的专家共识[J]. *中国循证医学杂志*,2024,24:869-874.
- [20] Galasso A, Urits I, An D, et al. A comprehensive review of the treatment and management of myofascial pain syndrome[J]. *Curr Pain Headache Rep*, 2020, 24: 43.
- [21] Aung HH, Dey L, Rand V, et al. Alternative therapies for male and female sexual dysfunction[J]. *Am J Chin Med*, 2004, 3: 161-173.
- [22] 张华,李丽,王沛华,等. 医院 - 家庭一体化盆底肌训练对产后盆底功能障碍的康复效果观察[J]. *现代医学与健康研究*, 2025, 9:30- 32.
- [23] 叶绮婷,吴斯琪,何嘉慧,等. 实时三维盆底超声在电刺激生物反馈联合盆底肌锻炼治疗初产妇顺产后压力性尿失禁疗效评估中的临床价值[J].*中华保健医学杂志*, 2025, 27: 318-322.
- [24] 郝伶俐,韩梅,赫永磊,等. 仿生物电刺激联合认知行为疗法对女性压力性尿失禁患者的效果评价[J].*中国医药*, 2024,19:1047-1051.
- [25] 谢琴,齐兴盛,王蔚. 盆底磁刺激联合生物反馈盆底肌康复治疗[J]. *实用妇科内分泌电子杂志*, 2022, 9: 73-75.
- [26] Elena S, Dragana Z, Ramina S, et al. Electromyographic evaluation of the pelvic muscles activity after high-intensity focused electromagnetic procedure and electrical stimulation in women with pelvic floor dysfunction[J]. *J Sex Med*, 2020, 8: 282-289.

**版权声明：**©2026 作者与开放获取期刊研究中心（OAJRC）所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**