

临床研究

DOI:10.13406/j.cnki.cyx.003973

石墨烯保温腿套对经尿道前列腺切除术老年全麻患者苏醒质量的改善研究

李 丽,沈兴印,张 洲,易 雪,邓安梦,王晓俊

(重庆市人民医院/重庆大学附属人民医院麻醉科,重庆 401147)

【摘要】目的:探讨在进行经尿道前列腺切除术(transurethral resection of the prostate, TURP)过程中,使用石墨烯保温腿套对老年患者围术期体温维持及麻醉苏醒质量的改善效果。**方法:**选择2024年1月至2025年5月在重庆市人民医院拟择期行全身麻醉下TURP的患者100例,采用随机数字表法分为对照组和试验组,每组50例。对照组采用传统盖被保温加上预热毯进行保温护理,试验组采用传统盖被保温加上石墨烯保温腿套行保温护理。比较2组患者入室时、手术开始时、手术结束时、全麻拔管时、出手术室时、术后24 h、术后48 h体温,以及麻醉时长、手术结束至拔管苏醒时长、拔管至回送病房时长等苏醒质量相关指标以及术中冲洗液量。**结果:**2组患者在入室时、手术开始时、术后24 h、术后48 h的体温,差异均无统计学意义($P>0.05$);试验组的手术结束时体温[(36.36 ± 0.09) °C vs. (36.16 ± 0.23) °C, $P<0.001$]、术后全麻拔管时体温[(36.36 ± 0.13) °C vs. (36.20 ± 0.18) °C, $P<0.001$]、出手术室体温[(36.43 ± 0.13) °C vs. (36.32 ± 0.15) °C, $P<0.001$]均明显高于对照组。试验组麻醉时长短于对照组[(160.4 ± 20.7) min vs. (174.0 ± 34.7) min, $P<0.05$];试验组手术结束至拔管苏醒时长[(19.2 ± 3.2) min vs. (24.6 ± 6.4) min, $P<0.001$]、拔管至回送病房时长[(24.6 ± 3.1) min vs. (29.2 ± 4.8) min, $P<0.001$]均明显短于对照组。**结论:**石墨烯保温腿套能有效维持老年患者TURP全身麻醉术中核心体温,改善术后早期体温,缩短麻醉及苏醒时间,对提高患者麻醉苏醒质量具有积极作用,值得临床推广应用。

【关键词】石墨烯;保温腿套;经尿道前列腺切除术;苏醒质量**【中图分类号】**R614**【文献标志码】**A

Effect of graphene thermal leg sleeves in improving the quality of awakening from anesthesia in elderly patients undergoing transurethral resection of the prostate under general anesthesia

Li Li, Shen Xingyin, Zhang Zhou, Yi Xue, Deng Anmeng, Wang Xiaojun

(Department of Anesthesiology, Chongqing General Hospital, Chongqing University)

【Abstract】Objective: To investigate the effect of graphene thermal leg sleeves in maintaining perioperative core body temperature and improving the quality of awakening from anesthesia in elderly patients undergoing transurethral resection of the prostate (TURP) under general anesthesia. **Methods:** A total of 100 patients scheduled for elective TURP under general anesthesia in Chongqing General Hospital from January 2024 to May 2025 were enrolled and divided into control group and experimental group using a random number table, with 50 patients in each group. The patients in the control group received conventional blanket warming combined with a pre-warmed blanket, and those in the experimental group received conventional blanket warming combined with graphene thermal leg sleeves. The two groups were compared in terms of body temperature at the time of entering the operating room (OR), at the beginning of surgery, at the end of surgery, at the time of extubation under general anesthesia, at the time of leaving the OR, and at 24 and 48 hours after surgery, as well as the indicators associated with the quality of awakening from anesthesia (the total duration of anesthesia, the time from the end of surgery to extubation and recovery of consciousness, and the time from extubation to transfer to ward) and the volume of irrigating fluid during surgery. **Results:** There was no

作者介绍:李 丽, Email: 13452354973@163.com,

研究方向:手术室护理。

通信作者:王晓俊, Email: 1967197842@qq.com。

基金项目:国家卫健委2024年医疗人工智能临床应用研究资助项目(编号:YLXX24AIA036);重庆市人民医院医学科研创新基金护理科研资助项目(编号:Y2023HLKYMSXM02)。

优先出版: <https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20251022.1441.002>

(2025-10-23)

significant difference in body temperature between the two groups at the time of entering the OR, at the beginning of surgery, and at 24 and 48 hours after surgery ($P>0.05$), and compared with the control group, the experimental group had a significantly higher body temperature at the end of surgery [$(36.36 \pm 0.09) ^\circ\text{C}$ vs. $(36.16 \pm 0.23) ^\circ\text{C}$, $P<0.001$], at the time of extubation after surgery [$(36.36 \pm 0.13) ^\circ\text{C}$ vs. $(36.20 \pm 0.18) ^\circ\text{C}$, $P<0.001$], and at the time of leaving the OR [$(36.43 \pm 0.13) ^\circ\text{C}$ vs. $(36.32 \pm 0.15) ^\circ\text{C}$, $P<0.001$]. Compared with the control group, the experimental group had a significantly shorter duration of anesthesia [(160.4 ± 20.7) minutes vs. (174.0 ± 34.7) minutes, $P<0.05$], a significantly shorter time from the end of surgery to extubation and recovery of consciousness [(19.2 ± 3.2) minutes vs. (24.6 ± 6.4) minutes, $P<0.001$], and a significantly shorter time from extubation to transfer to ward [(24.6 ± 3.1) minutes vs. (29.2 ± 4.8) minutes, $P<0.001$]. **Conclusion:** In elderly patients undergoing TURP under general anesthesia, graphene thermal leg sleeves can effectively maintain intraoperative core body temperature, improve body temperature in the early stage after surgery, shorten the duration of anesthesia and the time to recovery of consciousness, and enhance the quality of awakening from anesthesia, thereby holds promise for clinical application.

[Key words] graphene; thermal leg sleeves; transurethral resection of the prostate; quality of awakening from anesthesia

经尿道前列腺切除术(transurethral resection of the prostate, TURP)全麻患者易因体温调节受抑及术中冲洗液致围手术期低体温,影响苏醒质量^[1]。石墨烯材料具优异热传导等性能,其保温产品或为可行解决方案。本研究团队研发的石墨烯保温腿套已获专利,初步试用保温效率提升约 35%。现通过前瞻性随机对照试验,探究其对 TURP 全麻患者围手术期体温及苏醒质量的影响,以期提供新策略。

1 资料与方法

1.1 研究设计

本研究采用前瞻性随机对照实验设计,目的是比较石墨烯保温腿套与传统预热毯保温措施在 TURP 全身麻醉患者围手术期体温维持及苏醒质量改善方面的效果。研究方案已通过重庆市人民医院伦理委员会批准(伦理批件号:KYS2024-055-01),所有入组患者均在术前签署了书面知情同意书。

1.2 研究对象

选择 2024 年 1 月至 2025 年 5 月期间在重庆市人民医院拟择期行全身麻醉下 TURP 的患者。纳入标准包括:①年龄 60~80 岁;②术前体温在 $36.0 ^\circ\text{C}$ ~ $37.2 ^\circ\text{C}$;③预计手术时长 1~3 h;④患者自愿参加本研究并签署知情同意书。排除标准:①下肢存在循环功能障碍(如严重动脉粥样硬化、深静脉血栓形成等)的患者;②术前存在明确的认知功能障碍或精神疾病,无法配合研究者;③下肢皮肤存在破损、感染或因其他特殊原因不适宜使用加温腿套者;④合并有严重的心、脑、肝、肾等重要脏器功能不全,或未控制的内分泌及代谢性疾病患者;⑤术中或术后发生严重并发症,如大出血、过敏性休

克等危及生命安全的突发状况,需要特殊处理而影响研究观察者。退出标准:①研究过程中患者更改手术方式者;②研究期间发生严重不良事件或并发症,研究者认为不宜继续参与本研究;③因各种原因失访或重要数据缺失,无法完成主要观察指标评估的患者。

根据预实验结果(预实验中对照组手术结束时体温为 $(36.15 \pm 0.25) ^\circ\text{C}$, 试验组为 $(36.40 \pm 0.10) ^\circ\text{C}$, 2 组均数差值 $\Delta=0.25 ^\circ\text{C}$);同时参考同类围术期保温研究中体温指标的效应量范围 $(0.20\sim 0.30 ^\circ\text{C})$ ^[2-3],确定本研究 $\Delta=0.25 ^\circ\text{C}$ 。基于预实验数据(对照组标准差 $S_1=0.25$, 试验组标准差 $S_2=0.10$),采用合并标准差计算($S=\sqrt{[(S_1^2 + S_2^2)/2]}=0.19$)。检验水准与效能设定: $\alpha=0.05$ (双侧检验)、 $1-\beta=0.80$,失访率 10%。采用公式: $n=2 \times [(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta}) \times S/\Delta]^2 \times (1 + \text{失访率})$,代入数据: $Z_{\alpha/2}$ ($\alpha=0.05$ 双侧)=1.96, Z_{β} ($1-\beta=0.80$)=0.84;计算得 $n \approx 9.93$, 每组需 45 例,总样本量 90 例,考虑 10% 失访后本研究计划纳入 100 例。

1.3 研究方法

1.3.1 随机化与分组 采用计算机生成的随机数字表法将符合入选标准的 100 例患者按 1:1 的比例随机分为对照组和试验组,每组 50 例。随机分配方案由专人保管,研究者在患者入组前无法获知其具体分组情况,以保证分配隐藏。

1.3.2 干预措施 2 组患者均接受标准化的 TURP 手术流程和全身麻醉方案,麻醉诱导及维持方案由同一组经验丰富的麻醉医师执行,确保组间麻醉管理的一致性。术前常规访视与宣教,评估患者一般情况、基础疾病及下肢功能状态,告知患者术中体位要求,进行心理疏导,缓解焦虑情绪。手术室环境温度设定在 $23 ^\circ\text{C}$,湿度设定在 55%,术中输液及冲洗液均采用保温箱液体,保温箱设定恒温 $38 ^\circ\text{C}$ 。患者入室后均使用常规棉质手术单覆盖患者非手术部位,对照组 ($n=50$)

采用传统保温护理干预措施,即以普通充气式预热毯覆盖双侧大腿中上 1/3 至足部,试验组($n=50$)患者双下肢佩戴预热至设定温度的石墨烯保温腿套,确保腿套与患者皮肤良好贴合,覆盖范围从大腿中上 1/3 至足部,加温腿套使用至手术结束。转运至恢复室后,2 组患者均使用棉被及充气式预热毯覆盖胸腹部至足部保温。

1.3.3 观察指标 体温监测时刻包括入室、手术开始时、手术结束时、全麻拔管时、出手术室时、术后 24 h、术后 48 h 体温($^{\circ}\text{C}$),以及患者术中冲洗液量及冲洗时长,以及麻醉开始至手术开始时长、手术时长、手术结束至拔管苏醒时长、拔管至回送病房时长,麻醉时长即从麻醉开始至转出麻醉恢复室(post-anesthesia care unit, PACU)准备回送病房的时长,等于前四者之和。

1.3.4 数据收集与质量控制 由经过统一培训的专职研究护士负责数据的收集与记录,使用统一设计的病例报告表(case report form, CRF),所有测量工具在使用前均进行校准,数据录入采用双人核对,确保准确性,定期进行数据质量核查。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 27.0 进行数据分析,计量资料首先使用 Shapiro-Wilk 检验进行正态性检验, $P<0.05$ 时,数据不服从正态分布;符合正态分布的以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验。计数资料以例数(百分比)[$n(\%)$]表示,组间比较采用卡方检验和 Mann-Whitney U 检验。对于重复测量的体温数据,采用重复测量方差分析比较两组间体温随时间的变化趋势及其交互效应。所有统计检验均为双侧检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 一般资料

本研究共纳入 100 例行 TURP 全身麻醉的患者,按随机分配原则分为对照组($n=50$)和试验组($n=50$),所有患者均顺利手术,数据均从麻醉系统提取,无数据漏采。2 组患者在年龄、体质指数(body mass index, BMI)、合并基础疾病等方面比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。如表 1。

2.2 患者围手术期体温变化

2 组患者在入室时、手术开始时、术后 24 h、术后 48 h 的体温,差异均无统计学意义($P>0.05$)。试验组的手术结束时体温[(36.36 \pm 0.09) $^{\circ}\text{C}$ vs. (36.16 \pm 0.23) $^{\circ}\text{C}$, $P<0.001$]、术后全麻拔管体温[(36.36 \pm 0.13) $^{\circ}\text{C}$ vs. (36.20 \pm 0.18) $^{\circ}\text{C}$, $P<0.001$]、出手术室体温[(36.43 \pm 0.13) $^{\circ}\text{C}$ vs. (36.32 \pm 0.15) $^{\circ}\text{C}$, $P<0.001$]均明显高于对照组。结果如表 2 所示,图 1 为 2 组患者围手术期体温变化趋势。

2.3 患者麻醉苏醒相关指标

试验组麻醉时长短于对照组[(160.4 \pm 20.7) min vs. (174.0 \pm 34.7) min, $P<0.050$]。试验组手术结束至拔管苏醒时长[(19.2 \pm 3.2) min vs. (24.6 \pm 6.4) min, $P<0.001$]、拔管至回送病房时长[(24.6 \pm 3.1) min vs. (29.2 \pm 4.8) min, $P<0.001$]均明显短于对照组。结果如表 3 所示。

2.4 患者术中冲洗液情况

2 组患者冲洗液情况及术中冲洗时长比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),见表 4。

表 1 患者一般资料($n, \%; \bar{x}\pm s$)

项目	试验组($n=50$)	对照组($n=50$)	t/χ^2 值	P 值
年龄(岁)	68.0 \pm 8.6	68.6 \pm 6.3	0.410	0.682
BMI(kg/m^2)	23.40 \pm 1.33	23.50 \pm 2.75	0.210	0.834
有合并基础疾病(%)	31(62)	33(66)		
无合并基础疾病(%)	19(38)	17(34)	0.174	0.677

表 2 患者围术期体温($\bar{x}\pm s$)

体温($^{\circ}\text{C}$)	试验组($n=50$)	对照组($n=50$)	t 值	P 值
入室体温	36.50 \pm 0.11	36.50 \pm 0.20	0.310	0.756
手术开始时体温	36.40 \pm 0.10	36.40 \pm 0.18	0.140	0.892
手术结束时体温	36.36 \pm 0.09	36.16 \pm 0.23	-5.510	<0.001
全麻拔管时体温	36.36 \pm 0.13	36.20 \pm 0.18	-4.900	<0.001
出手术室体温	36.43 \pm 0.13	36.32 \pm 0.15	-4.080	<0.001
术后 24 h 体温	36.73 \pm 0.34	36.72 \pm 0.28	-0.130	0.898
术后 48 h 体温	36.47 \pm 0.17	36.50 \pm 0.19	-0.790	0.431



注:从患者术中及术后各时间点体温变化趋势分析发现,石墨烯保温腿套在术中和术后早期体温维持方面表现优越,但其对术后远期体温,即术后 24 h 及以后体温的积极影响未能持续

图 1 患者围术期体温变化趋势

表 3 患者麻醉苏醒质量相关指标 ($\bar{x} \pm s$)

项目	试验组 (n=50)	对照组 (n=50)	t 值	P 值
手术时长 (min)	91.9 ± 18.9	96.0 ± 31.3	0.79	0.430
麻醉时长 (min)	160.4 ± 20.7	174.0 ± 34.7	2.38	0.020
手术结束至拔管苏醒时长 (min)	19.2 ± 3.2	24.6 ± 6.4	5.40	<0.001
拔管至回送病房时长 (min)	24.6 ± 3.1	29.2 ± 4.8	5.74	<0.001

表 4 患者术中冲洗液相关指标 ($\bar{x} \pm s$)

项目	试验组 (n=50)	对照组 (n=50)	t 值	P 值
冲洗液量 (L)	38.40 ± 5.80	39.30 ± 7.22	0.732	0.466
冲洗时长 (min)	88.80 ± 18.84	92.70 ± 30.90	0.754	0.452

3 讨论

在医疗领域治疗良性前列腺增生症 (benign prostatic hyperplasia, BPH) 的经典手术方式之一就是 TURP, 该手术需要患者在全身麻醉下进行。然而, 接受手术的患者受到全身麻醉的影响, 可能导致其体温调节中枢功能受到抑制, 加上在手术进行过程中需要使用大量常温冲洗液以维持术野的清晰, 极易引发围手术期患者的低体温 (perioperative hypothermia)。作为 TURP 术后常见的并发症, 围手术期低体温现象不仅可能延长患者的麻醉复苏时

间, 还增加术后寒战、恶心、呕吐等并发症的发生率, 还可能诱发心血管系统并发症、增加手术部位感染风险及出血量, 从而导致显著降低患者的苏醒质量, 延缓康复进程, 甚至对患者的生命健康构成威胁。因此, 如何有效预防和管理 TURP 患者围手术期低体温, 提高患者的麻醉苏醒质量, 已成为当前围手术期护理领域值得深入研究的重点课题。

近年来随着科技的不断进步新材料科学得以快速发展, 石墨烯 (graphene) 作为一种具备卓越热传导性能、良好生物相容性和柔韧性的二维纳米材料, 在医疗保温领域显现出巨大的应用前景。本研究团队前期已成功研发出一种新型石墨烯保

温腿套, 并已获得国家实用新型专利(专利号: ZL202320429036.6)。本研究创新性地将石墨烯保温腿套应用于 TURP 患者的围手术期护理, 并系统评估了其在患者体温管理和麻醉苏醒质量方面的影响效果。

3.1 石墨烯保温腿套显著提升 TURP 患者核心体温

通过分析本次实验结果可以发现, 在手术开始后 2 组患者的体温均有不同程度下降, 但由于麻醉开始至手术开始时间较短, 患者的体温下降幅度还不明显。通过实验数据统计分析后发现, 患者手术结束时, 试验组的术中体温显著高于对照组, 这一结果与 Sessler DI^[4]提出的围手术期核心体温监测与管理重要性的观点相符, 他们的研究指出维持核心体温稳定是降低术后患者产生并发症的关键措施之一。石墨烯材料因其卓越的单层碳原子结构和优异的导热性能, 其能够均匀分布热量并有效减少热量散失。因此, 石墨烯材质的保温腿套能够快速将热量传递给患者下肢, 双下肢占身体表面积约 40%, 所以能通过体表辐射和血液循环提升核心体温^[5]。实验结果也进一步证实, 使用石墨烯保温腿套的患者在麻醉复苏阶段的核心体温下降幅度更小, 整体围手术期热稳态得到了更有效的维持。此外, 石墨烯保温腿套具备良好的柔韧性和生物相容性, 穿戴舒适, 能够长时间稳定贴合患者皮肤, 避免局部压迫与不适, 从而提升了患者在手术过程中的整体耐受性。

尽管有研究表明其他新型加热技术如电阻加热毯或相变材料在维持体温方面也能起到积极作用^[2]。但是传统预热毯或被动覆盖物的保温效果往往由于受到材料本身的热阻和环境温度的限制存在一定的不足, 而石墨烯保温腿套则通过主动加热与智能温控系统实现持续稳定的局部热疗, 能更有效地对抗手术室低温环境和大量常温冲洗液导致的患者体温下降。尽管有研究指出对于某些短小手术复杂的主动加温措施可能并非必需^[6], 但 TURP 手术因其特殊性(如持续膀胱冲洗), 患者热量丢失更为显著, 使得主动且高效的保温措施如石墨烯腿套的应用更具临床意义。这一创新性护理干预手段为 TURP 患者术中体温管理提供了科学、高效的解决方案。

3.2 石墨烯保温腿套显著缩短 TURP 患者麻醉时长和术后苏醒时间

通过分析本次实验数据发现试验组患者的麻醉总时长和从手术结束至拔管的苏醒时长均显著的短于对照组患者。结果表明在围手术期保证患者的正常体温对加速麻醉药物代谢和促进患者的苏醒具有积极作用。有研究表明低体温会抑制肝脏酶的活性, 延缓麻醉药物在体内的代谢和清除过程, 从而延长麻醉药物作用时间和苏醒过程^[7-8]。1 项针对腹腔镜手术患者的研究发现, 积极保温措施能有效缩短患者的拔管时间和 PACU 停留时间^[9]。本研究中石墨烯腿套通过有效维持患者的核心体温, 避免了低体温对药物代谢的负面影响, 从而可能促进了麻醉药物的快速清除, 加快了患者的意识恢复和拔管进程。这也与一些关于强制空气加温系统改善苏醒质量的研究结果相符^[10]。然而, 存在部分研究在探讨不同保温措施对患者苏醒时间的影响时, 结果可能因手术类型、麻醉方案、苏醒评估标准等因素的差异而有所不同^[11]。本研究的创新在于首次将石墨烯材料的保温效益与 TURP 患者的麻醉苏醒过程直接关联, 并获得了阳性结果, 展示了这种新型保温方式在改善麻醉苏醒效率方面具有独特的临床价值。

通过实验室数据分析发现石墨烯保温腿套在术中和术后早期的体温维持方面发挥了较好的作用, 但其对患者远期体温(术后 24 h 及以后)的积极影响未能持续, 这表明石墨烯保温腿套的保温效果存在一定时效性, 其主要作用体现在围术期的关键窗口。

另外, 通过实验数据发现患者术后 48 h 2 组体温差异无统计学意义。这是因为远期体温受到多种复杂因素的综合影响, 包括病房环境、患者自身活动恢复情况、术后炎症反应以及并发症(如下尿路感染可能导致发热)等^[12], 石墨烯保温腿套作为一种术中干预措施在撤除后其直接保温效果会逐渐减弱。相关研究也指出术后长期的体温稳定依赖于患者自身生理调节功能的恢复以及持续的护理支持^[3], 这与一些研究中观察到的短期干预措施对远期结局影响有限的现象的结论相一致^[13]。

本研究揭示了石墨烯保温腿套发挥作用的优势时间窗口, 为临床应用提供了更精准的指导。应重

点在患者术中和麻醉恢复早期发挥其最大效能,而对于远期体温管理,则需要结合其他综合护理措施。

3.3 不足之处

本文首次提出了将具有优异物理特性的石墨烯保温产品应用于 TURP 这一特定老年男性高发疾病手术之中,并系统评估了其对患者核心体温和麻醉苏醒质量的多维度影响,为改善患者围手术期护理质量提供了新的技术手段和循证依据,本研究亦存在一些局限性。

首先,样本量(每组 50 例)相对有限,且均来自单中心,可能存在地域及病例选择偏倚。其次,本研究未能直接将石墨烯保温腿套与除充气式预热毯外的其他类型的主动加温设备进行比较,其相对优势尚需进一步研究。第三,患者舒适度、满意度等主观指标本次没有收集数据,评估可以更为细致和量化。未来的研究将致力于扩大样本量,优化数据质量控制,开展多中心研究,并纳入更全面的生理指标和患者报告结局(patient-reported outcomes, PROs),以期为石墨烯保温技术在临床的广泛应用提供更全面的循证支持^[14-16]。

综上所述,本研究证实石墨烯保温腿套作为一种创新的围手术期保温措施,能有效维持老年患者 TURP 全身麻醉术中核心体温,缩短麻醉苏醒时间,对改善患者早期苏醒质量具有积极作用。这一创新手段充分体现了新材料技术与临床护理实践的深度融合,具有较高的临床推广价值。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 李丽:研究方案设计、论文撰写、数据分析;沈兴印:研究方案设计、数据收集;张洲:论文修改、技术指导;易雪:数据收集、数据分析;邓安梦:实施研究、数据分析;王晓俊:实验技术指导、论文修改

参 考 文 献

[1] 孙凡皓,于红,殷波.经尿道前列腺切除术患者发生术中低体温的危险因素[J].中国医科大学学报,2022,51(12):1121-1125.
Sun FH, Yu H, Yin B. Risk factors of intraoperative hypothermia in patients undergoing transurethral resection of prostate[J]. J China Med Univ, 2022, 51(12): 1121-1125.

[2] Ji N, Wang JT, Li XH, et al. Strategies for perioperative hypothermia management: advances in warming techniques and clinical implications: a narrative review[J]. BMC Surg, 2024, 24(1): 425.

[3] 中华护理学会手术室专业委员会.手术患者体温保护专家共识[J].中华护理杂志,2018,53(2):136-140.
Professional Committee of Operating Room, Chinese Nursing Association. Expert Consensus on Temperature Protection for Surgical Patients

[J]. Chin J Nurs, 2018, 53(2): 136-140.

[4] Sessler DI. Perioperative thermoregulation and heat balance[J]. Lancet, 2016, 387(10038): 2655-2664.

[5] Novoselov KS, Geim AK, Morozov SV, et al. Electric field effect in atomically thin carbon films[J]. Science, 2004, 306(5696): 666-669.

[6] Bräuer A, Fazliu A, Brandes IF, et al. Evaluation of the Temple Touch Pro™ noninvasive core-temperature monitoring system in 100 adults under general anesthesia: a prospective comparison with esophageal temperature[J]. J Clin Monit Comput, 2023, 37(1): 29-36.

[7] 国家麻醉专业质量控制中心.围术期患者低体温防治专家共识(2023版)[J].协和医学杂志,2023,14(4):734-743.
National Quality Control Center for Anesthesiology. Expert Consensus on the Prevention and Treatment of Hypothermia in Perioperative Patients (2023 Edition) [J]. Journal of Peking Union Medical College, 2023, 14(4): 734-743.

[8] Scott EM, Buckland R. A systematic review of intraoperative warming to prevent postoperative complications[J]. AORN J, 2006, 83(5): 1090-1104, 1107-13.

[9] Madrid E, Urrútia G, Roqué i Figuls M, et al. Active body surface warming systems for preventing complications caused by inadvertent perioperative hypothermia in adults[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2016, 4(4): CD009016.

[10] Horn EP, Bein B, Böhm R, et al. The effect of short time periods of pre-operative warming in the prevention of peri-operative hypothermia[J]. Anaesthesia, 2012, 67(6): 612-617.

[11] Nieh HC, Su SF. Meta-analysis: effectiveness of forced-air warming for prevention of perioperative hypothermia in surgical patients [J]. J Adv Nurs, 2016, 72(10): 2294-2314.

[12] Díaz M, Becker DE. Thermoregulation: physiological and clinical considerations during sedation and general anesthesia[J]. Anesth Prog, 2010, 57(1): 25-32.

[13] 张子骁,乔禹铭,钟美浓,等.经尿道前列腺热蒸汽消融术在前列腺增生患者中的应用[J/OL].中华腔镜泌尿外科杂志(电子版), 2025, 19(5): 572-578.
Zhang ZX, Qiao YM, Zhong MN, et al. Application of transurethral water vapor thermal therapy of the prostate in patients with benign prostatic hyperplasia[J/OL]. Chin J Endourol (Electron Ed), 2025, 19(5): 572-578.

[14] 陈一依,蒋硕,冯乐菲,等.石墨烯在热理疗类医疗器械中的发热特性评价研究[J].中国医疗设备,2025,40(2):19-23.
Chen YY, Jiang S, Feng LF, et al. Evaluation and research on the heating characteristics of graphene in thermal therapy medical devices[J]. China Med Devices, 2025, 40(2): 19-23.

[15] Zhu P, Xia YX, Zhang Q, et al. Synthesis, properties, and interface modification of carbon/aluminum composites for thermal management: a review[J]. J Mater Sci, 2024, 59(22): 9814-9839.

[16] 鲍大顺.石墨烯制备阻燃型聚苯乙烯保温材料力学性能和热学性能的研究[J].塑料科技,2024,52(5):101-103.
Bao DS. Study on mechanical and thermal properties of flame retardant polystyrene insulation materials prepared from graphene[J]. Plast Sci Technol, 2024, 52(5): 101-103.

(收稿:2025-07-23;修回:2025-09-25;录用:2025-09-28)

(责任编辑:李青颖)

本文引用格式:

李丽,沈兴印,张洲,等.石墨烯保温腿套对经尿道前列腺切除术老年全麻患者苏醒质量的改善研究[J].重庆医科大学学报,2026, 51(1):115-120.