

·医学数据科学·

早期应用冷疗对人工全膝关节置换术后有效性的 Meta 分析

杨滨旭¹, 周 静², 汪佺骁¹, 吴洪瀚¹, 令狐熙涛¹, 方 琴¹, 施浩然¹, 瓦庆德¹

(遵义医科大学第二附属医院骨科¹, 护理部², 贵州 遵义 563000)

摘要:目的 通过 Meta 分析评估冷疗对人工全膝关节置换术(TKA)术后早期出血、活动、疼痛及肿胀度方面的有效性,为 TKA 患者的快速康复提供参考。方法 检索中国知网、万方数据库、维普网、PubMed、Cochrane Library 及 EMBASE 数据库,筛选 2000 年 1 月-2020 年 9 月公开发表的 TKA 术后应用冷疗及其他常规治疗的随机对照研究(RCTs),结局指标为术后早期引流量、膝关节活动度、视觉模拟评分(VAS)及膝关节髌骨上缘周径差值,对符合标准的文献进行数据提取,并采用 Review Manager 5.4 进行 Meta 分析。结果 共纳入 8 项 RCTs,共 669 例患者,其中冷疗组 348 例,对照组 321 例。Meta 分析显示,冷疗组术后 24 h 引流量明显低于对照组,差异有统计学意义[MD=-51.32, 95%CI=(-66.69, -35.95), P<0.000 01];冷疗组与对照组术后 24 h 膝关节活动度比较,差异无统计学意义[MD=5.60, 95%CI=(-7.33, 18.54), P=0.40];冷疗组与对照组术后 24 h VAS 评分[MD=-0.76, 95%CI=(-1.80, 0.28), P=0.15]及术后 72 h VAS 评分[MD=-0.31, 95%CI=(-1.20, 0.58), P=0.49]比较,差异均无统计学意义;冷疗组与对照组术后 24 h 膝关节髌骨上缘周径差值[MD=-1.08, 95%CI=(-2.23, 0.07), P=0.07]及术后 48 h 膝关节髌骨上缘周径差值[MD=-1.26, 95%CI=(-3.48, 0.97), P=0.27]比较,差异均无统计学意义。结论 TKA 术后应用冷疗能有效减少术后 24 h 引流量,但对术后早期膝关节活动范围、疼痛及肿胀度方面无明显作用。

关键词:冷疗;有效性研究;人工全膝关节置换术

中图分类号:R749

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1006-1959.2024.03.001

文章编号:1006-1959(2024)03-0001-07

Meta-analysis of the Effectiveness of Early Application of Cryotherapy After Total Knee Arthroplasty

YANG Bin-xu¹, ZHOU Jing², WANG Yi-xiao¹, WU Hong-han¹, LINGHU Xi-tao¹, FANG Qin¹, SHI Hao-ran¹, WA Qing-de¹

(Department of Orthopaedic Surgery¹, Department of Nursing², the Second Affiliated Hospital of Zunyi Medical University,
Zunyi 563000, Guizhou, China)

Abstract: **Objective** To evaluate the effectiveness of cryotherapy in early bleeding, activity, pain and swelling after total knee arthroplasty (TKA) using a meta-analysis, so as to provide a reference for the rapid rehabilitation of patients undergoing TKA. **Methods** The randomized controlled trials (RCTs) of applying cryotherapy and other conventional treatment after TKA published from January 2000 to September 2020 were searched from the China National Knowledge Internet (CNKI), Wanfang Database, VIP Database, PubMed, Cochrane Library and Embase database. The outcome measures included early drainage volume, knee range of motion, Visual Analogue Scale (VAS) score and the difference in peripheral diameter of the upper edge of the patella of the knee joint after surgery. The data were extracted from the articles meeting the criteria and analyzed using Review Manager 5.4. **Results** A total of 669 patients from 8 RCTs were included, with 348 patients in the cryotherapy group and 321 patients in the control group. Meta-analysis showed that: ① The drainage volume 24 h after surgery in the cryotherapy group was significantly lower than that in the control group [MD=-51.32, 95%CI (-66.69, -35.95), P<0.000 01], with a statistically significant difference; ② The knee range of motion 24 h after surgery showed no significant difference between the cryotherapy group and the control group [MD=5.60, 95%CI (-7.33, 18.54), P=0.40]; ③ In the cryotherapy group, the VAS score 24 h after surgery [MD=-0.76, 95%CI (-1.80, 0.28), P=0.15] and the VAS score 72 h after surgery [MD=-0.31, 95%CI (-1.20, 0.58), P=0.49] presented no statistically significant differences from those in the control group; ④ Compared with the control group, no statistically significant differences were found in the difference in peripheral diameter of the upper edge of the patella of the knee joint 24 h after surgery [MD=-1.08, 95%CI (-2.23, 0.07), P=0.07] or the difference in peripheral diameter 48 h after surgery [MD=-1.26, 95%CI (-3.48, 0.97), P=0.27]. **Conclusion** Cryotherapy after TKA can effectively reduce the drainage volume 24 h after surgery, but it has no significant effect on the range of motion, pain and swelling of the knee joint in the early stage after surgery.

Key words: Cryotherapy; Effectiveness study; Total knee arthroplasty

基金项目:1.国家自然科学基金资助项目-地区科学基金项目(编号:82160577);2.贵州省科技计划项目-科学技术基金(编号:黔科合基础-ZK[2021]重点 007);3.贵州省科技计划项目-优秀青年科技人才(编号:黔科合平台人才[2021]5613 号)

作者简介:杨滨旭(1995.6-),女,贵州遵义人,硕士研究生,护师,主要从事外科护理学研究

通讯作者:瓦庆德(1980.10-),男,贵州普安人,博士,主任医师,博士生导师,主要从事骨外科学术研究

人工全膝关节置换术 (total knee arthroplasty, TKA) 是骨关节炎终末期主要治疗方法^[1-4]。但 TKA 术后早期出血、疼痛及肿胀对患者的早期功能恢复、手术满意度及住院时间有重要影响^[5,6]。目前,临床上主要通过使用止血、止痛及脱水消肿药进行对症处理,但药物及其相关副作用可能会进一步增加患者住院时间及成本^[7,8]。近年来,控制上述症状的非药物治疗手段受到越来越多医务工作者的关注。冷疗可通过使用冰袋或冷却水作用于急性损伤部位周围的皮肤表面,从而降低关节内部温度以减轻术后软组织的进一步损伤^[9]。研究发现^[8,10],冷疗具有促进血管收缩、减缓神经疼痛信号传导及减弱机体炎症反应的作用,加之其制备方便、经济实惠等优势^[11-14],被广泛运用于 TKA 术后的早期治疗。但现有的临床研究结果存在争议,如有人肯定了冷疗在降低 TKA 术后出血量及疼痛中的作用,而有人则认为冷疗对降低 TKA 术后出血量方面的作用不大,甚至在减轻术后疼痛及肿胀方面并无优势,不建议常规使用。为了验证 TKA 术后早期应用冷疗的有效性,本研究对 TKA 术后使用冷疗的前瞻性随机对照试验(randomized controlled trial, RCT) 进行 Meta 分析,为冷疗在 TKA 术后早期出血、功能恢复、疼痛及肿胀方面的治疗提供借鉴参考,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 文献检索策略 检索中国知网、万方数据、维普网、PubMed、Cochrane Library 及 Embase 等数据库中有关冷疗对人工全膝关节置换术后有效性相关研究文献,文献检索时限为 2000 年 1 月–2020 年 9 月,检索语言类型为中文和英文。中文文献检索策略: (“冷冻疗法” OR “冷疗法” OR “冷疗”) AND (“人工全膝关节置换术” OR “膝关节置换术” OR “人工全膝关节表面置换术”); 英文文献检索策略: (((“Cryotherapy” [MeSH]) OR (Hypothermia)) OR (“cold therapy”)) AND ((“Ice pack” [MeSH]) OR (“Total knee replacement”) OR (“TKA”))。

1.2 文献纳入与排除标准 纳入标准: ①接受双膝关节置换术或单膝关节置换术; ②冷疗组术后采用冷疗, 对照组术后未实施冷疗; ③随机对照试验; ④文中结果包括至少一项结局指标。排除标准: ①分组标准未提及是否随机分配; ②文献中缺乏充分可靠的数据或不能获取完整数据用于评估; ③非英文或中文的相关文献; ④凝血功能异常的研究。

1.3 文献筛选及质量评价 根据纳入及排除标准, 由

2 名研究员独立完成文献筛选。首先, 通过阅读文献的标题及摘要, 剔除明显不符合纳入标准及重复的文献。接着浏览剩余文献的全文, 筛除研究结局指标不符、干预措施不符或无对照组的研究。最后, 仔细阅读剩下文献的全文, 确定文献中数据是否充分可靠, 排除无法提取数据的研究。另外对于 2 名研究员存在分歧的文献, 由第 3 名研究员决定是否纳入。对于最终纳入的文献, 由 2 名研究员参照 Cochrane 系统评价手册, 使用 Review Manager 5.4 针对 RCT 的偏倚风险评估工具评估纳入研究的质量和偏倚风险, 若评估结果遇到分歧, 则由第 3 名研究者决定。

1.4 数据提取 由 2 名研究员独立完成基本信息及结局指标的数据提取, 提取的基本信息包括作者姓名、发表年份、患者平均年龄、病例数量及干预措施。结局指标包括: ①术后 24 h 引流量; ②术后 24 h 膝关节活动度; ③术后 24 h 视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS); ④术后 72 h VAS 评分; ⑤术后 24 h 髌骨上缘周径差值; ⑥术后 48 h 髌骨上缘周径差值。

1.5 统计学方法 应用 Review Manager 5.4 软件对纳入研究进行综合分析, 本研究纳入的数据全为连续型变量, 均采用均方差 (MD) 及其 95% CI 表示, 采用 χ^2 检验作各研究间的异质性检验, 根据 P 判断各研究间异质性的存在, 若各研究之间没有显著异质性 ($P > 0.05$ 且 $I^2 \leq 50\%$), 选择固定效应模型分析; 若各研究之间有显著异质性 ($P < 0.05$, $I^2 > 50\%$), 选择随机效应模型分析, 检验标准为 $\alpha = 0.05$, 以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 文献筛选及偏倚风险评估 通过检索式及手工检索得到 377 篇文献。根据纳入、排除标准, 在阅读标题、摘要及全文后, 最终纳入 8 项^[11-18] RCTs, 共 669 例患者, 其中冷疗组 348 例, 对照组 321 例, 文献筛选流程及结果见图 1, 纳入文献基本特征见表 1。应用软件 Review Manager 5.4 对纳入研究进行了偏倚风险评估, 结果见图 2、图 3。

2.2 Meta 分析结果

2.2.1 术后 24 h 引流量 纳入的 8 项 RCTs 中有 3 项研究^[12,13,18]选用术后 24 h 引流量作为结局指标, 各研究间异质性大 ($P < 0.000\ 01$, $I^2 = 94\%$), 故选用随机效应模型。Meta 分析结果显示, 冷疗组术后 24 h 引流量较对照组明显减少, 差异有统计学意义 [$MD = -51.32$, $95\% CI = (-66.69, -35.95)$, $P < 0.000\ 01$], 见图 4。

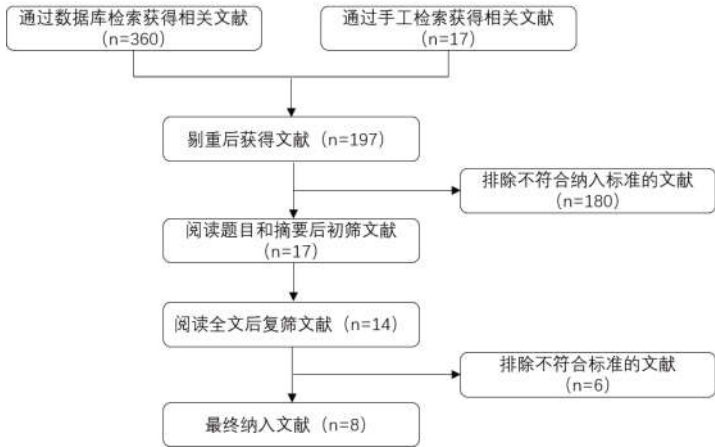


图 1 文献检索流程图

表 1 纳入文献的基本信息

纳入研究	年份(年)	年龄(岁)		例数		干预措施		结局指标
		冷疗组	对照组	冷疗组	对照组	冷疗组	对照组	
张 俊 ^[11]	2007	67.8±7.3	69.2±7.5	60	60	持续加压 24 h	加压常规治疗	①②③⑤⑥
陈 松 ^[12]	2014	64.5±8.7	65.2±7.3	43	43	持续加压 24 h	常规治疗	①
邵 鹏 ^[13]	2019	63.02±5.15	62.5±5.18	40	40	持续加压	常规治疗	①
Kullenberg B ^[14]	2006	68.1±6	68.9±6.8	43	40	持续加压 72 h	常规治疗	②③④
彭建华 ^[15]	2019	63.5±5.94	63±6	40	20	持续/间断 72 h	常规治疗	③④
Smith J ^[16]	2002	72.1±7.8	72±7.1	44	40	持续 24 h	加压常规治疗	③④
王显勋 ^[17]	2017	65.23±5.41	64.97±5.36	53	53	持续加压 48 h	常规治疗	③
陈惠仪 ^[18]	2018	70.08±6.44	70±5.52	25	25	间断加压 48 h	加压常规治疗	⑤⑥

注:①术后 24 h 引流量;②术后 24 h 膝关节活动度;③术后 24 h VAS 评分;④术后 72 h VAS 评分;⑤术后 24 h 髌骨上缘周径差值;⑥术后 48 h 髌骨上缘周径差值

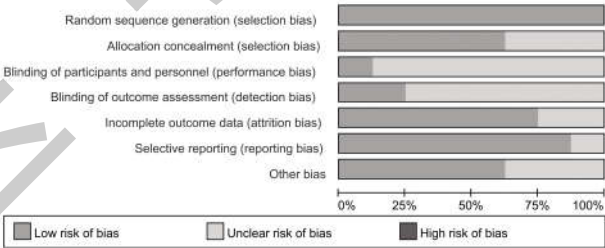
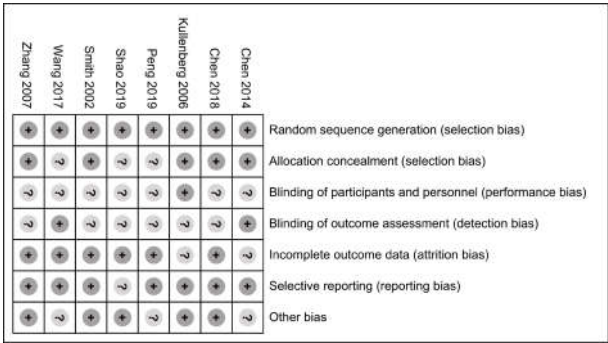


图 2 偏倚风险图



注:“+”表示偏倚风险低;“?”表示偏倚风险不确定;“-”表示偏倚风险高

图 3 总结性偏倚风险图

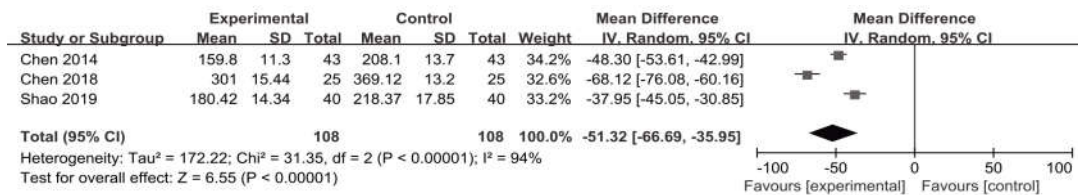


图 4 冷疗组与对照组的术后 24 h 引流量

2.2.2 术后 24 h 膝关节活动度 纳入的 8 项 RCTs 中有 2 项研究^[11,14]选用术后 24 h 膝关节活动度作为结局指标,各研究结果间异质性大 ($P < 0.0001$, $I^2 = 95\%$),故选用随机效应模型。Meta 分析结果显示冷疗组的术后 24 h 膝关节活动度高于对照组,但差异无统计学意义 [$MD = 5.60$, $95\% CI = (-7.33, 18.54)$, $P = 0.40$],见图 5。

2.2.3 术后视觉模拟评分 纳入的 8 项 RCTs 中有 5 项研究^[11,14-17]报告了术后 24 h VAS 评分,3 项研究^[14-16]评估了术后 72 h VAS 评分。5 项报告术后 24 h VAS 评分的研究间异质性大 ($P < 0.0001$, $I^2 = 98\%$),故采用随机效应模型。Meta 分析结果显示,冷疗组与对照组术后 24 h VAS 评分比较,差异无统计学意义 [$MD = -0.76$, $95\% CI = (-1.80, 0.28)$, $P = 0.15$],见图 6。3 项评估术后 72 h VAS 评分的研究间异

质性大 ($P = 0.004$, $I^2 = 82\%$),故选用随机效应模型。Meta 分析结果显示冷疗组与对照组术后 72 h VAS 评分比较,差异无统计学意义 [$MD = -0.31$, $95\% CI = (-1.20, 0.58)$, $P = 0.49$],见图 7。

2.2.4 术后膝关节肿胀度 纳入的 8 项 RCTs 中有 2 项研究^[11,18]通过术后 24 h、48 h 髌骨上缘周径差值表示其术后膝关节肿胀度。2 项报道术后 24 h、48 h 髌骨上缘周径差值的研究间异质性大 ($P = 0.06$ 、 0.02 , $I^2 = 71\%$ 、 81%),故选用随机效应模型。Meta 分析结果显示冷疗组与对照组的术后 24 h 髌骨上缘周径差值比较,差异无统计学意义 [$MD = -1.08$, $95\% CI = (-2.23, 0.07)$, $P = 0.07$];冷疗组与对照组的术后 48 h 髌骨上缘周径差值差异比较,无统计学意义 [$MD = -1.26$, $95\% CI = (-3.48, 0.97)$, $P = 0.27$],见图 8、图 9。

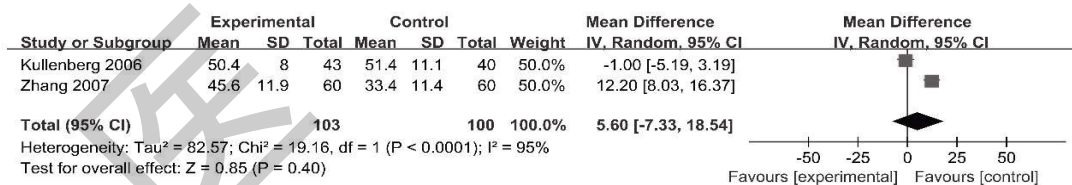


图 5 冷疗组与对照组的术后 24 h 膝关节活动度

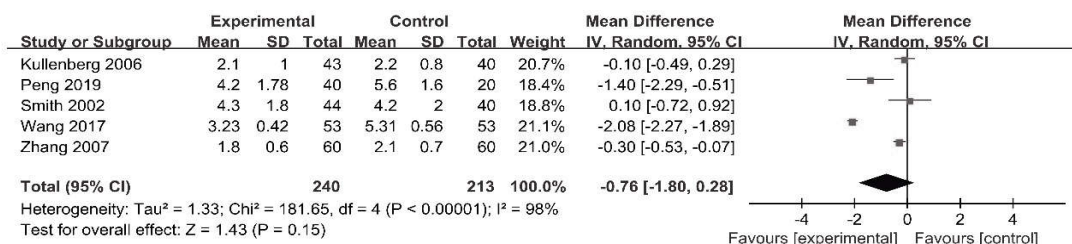


图 6 冷疗组与对照组的术后 24 h VAS 评分

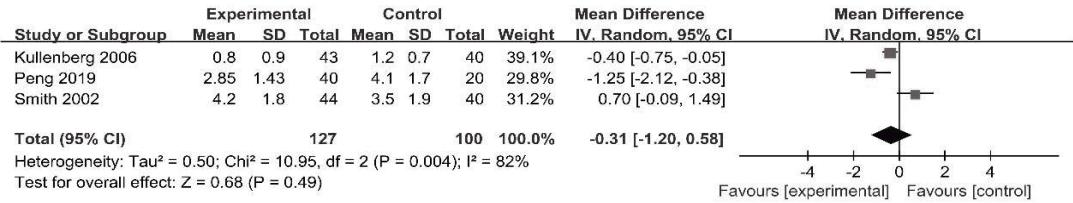


图 7 冷疗组与对照组的术后 72 h VAS 评分

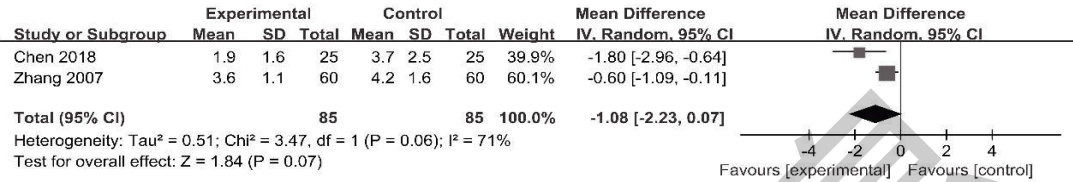


图 8 冷疗组与对照组的术后 24 h 髌骨上缘周径差值

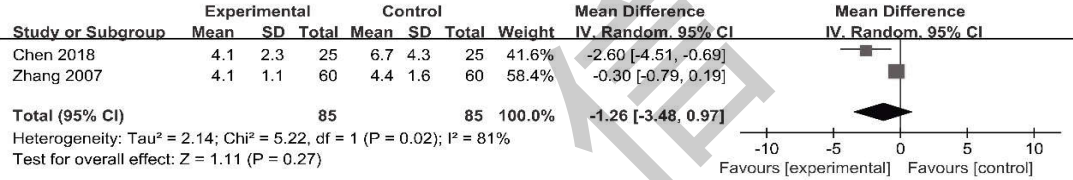


图 9 冷疗组与对照组的术后 48 h 髌骨上缘周径差值

3 讨论

3.1 冷疗对 TKA 术后早期出血的影响 TKA 术后出血可导致关节纤维化及血肿形成，对减少 TKA 术后出血具有重要临床意义^[19]。有研究表明 TKA 术后引流量与术后显性失血量大致相等^[20,21]。本研究发现冷疗组术后 24 h 引流量较对照组明显减少 ($P<0.000\ 01$)，提示冷疗能有效减少 TKA 术后 24 h 引流量，与既往研究^[20,22,23]结果一致。分析认为，冷疗减少术后出血的作用可能与其能促进血管收缩，减少血管痉挛和减缓血流速度有关^[24,25]。

3.2 冷疗对 TKA 术后早期膝关节活动度的影响 TKA 术后膝关节活动度是评价其功能恢复的重要指标之一^[26]。本 Meta 分析显示冷疗对 TKA 术后 24 h 膝关节活动度没有明显改善作用 ($P>0.05$)，提示冷疗不能改善术后 24 h 膝关节活动范围，这与 Barry S 等^[27]和 Martimbianco AL 等^[28]的研究结果一致。分析认为，关节活动度受术区疼痛及膝关节肿胀等因素的影响，其原因可能为：一方面，本研究发

现冷疗不能减轻 TKA 术后患者 24 h 疼痛及膝关节肿胀度；另有一方面可能与手术时会造成本区组织及肌肉损伤，改变原有组织的机械特性而导致肌力减弱，从而影响关节活动等有关^[29]。

3.3 冷疗对 TKA 术后早期疼痛的作用 关于冷疗是否能有效减轻 TKA 术后疼痛，一直存在争议^[30]。Morsi El^[22]研究发现冷疗组患者在 TKA 术后早期疼痛控制和患者满意度方面效果更佳。而本研究发现，冷疗在减轻术后 24 h、72 h VAS 评分中并没有明显优势 ($P>0.05$)，这与 Ni SH 等^[19]的研究结果相同。Adie S 等^[20]也通过研究发现冷疗并不能改善 TKA 术后第 1、3 天疼痛。其原因可能在于冷疗虽具有降低神经传导速率，麻痹局部末梢神经从而减轻疼痛的作用，但只能提高冷疗局部对疼痛的耐受性，在冷疗以外的区域疼痛刺激及痛觉感受器的作用持续存在^[31,32]。

3.4 冷疗对 TKA 术后早期膝关节肿胀度的影响 冷疗作为减轻关节肿胀常用治疗方式之一，其疗效有待进一步研究^[33]。部分研究结果提示冷疗能减轻患者术后肿胀度^[24,25]。但本研究发现，冷疗组与对照组

术后 24 h、48 h 髌骨上缘周径差值无明显差异 ($P>0.05$),说明冷疗在减轻 TKA 术后 24 h 及 48 h 膝关节肿胀度方面效果并不显著。Thijs E 等^[34]也通过临床研究证实冷疗对减轻 TKA 术后早期膝关节肿胀度无明显作用,这可能是由于 TKA 组织创伤较大造成组织渗透压改变,而短时间的冷疗不能够有效减轻组织肿胀。

综上所述,冷疗能有效减少 TKA 术后 24 h 引流量,但对改善术后早期膝关节活动范围、疼痛及肿胀度方面无明显作用。本研究纳入文献皆为 RCT 研究,文献质量较高、结果可信,一定程度上减小了研究的偏倚风险。但也存在一定局限性:①由于纳入指标有限,与出血相关的输血指数、术后血红蛋白下降水平及其他次要指标并未进行效应大小的估计;②纳入的文献中,有 6 项研究在 TKA 术后采用持续冷疗的方式,但冷疗设备、持续时间、温度等在各项研究间无统一标准,无法进行 Meta 分析,且目前的研究对于冷疗的最佳实施细则也并没有达成共识;③部分结局指标纳入合并的研究数目较少,对研究结果的可靠性可能会产生影响,仍需增加大样本、多中心的高质量 RCT 来提高结果的可靠性。

参考文献:

- [1]王跃辉,邹士平,曹亮亮,等.3D 打印截骨导板在膝外翻人工全膝关节置换术中的应用[J].中华创伤骨科杂志,2020,22(10):881-886.
- [2]Sadoghi P,Hasenhütl S,Gruber G,et al.Impact of a new cryotherapy device on early rehabilitation after primary total knee arthroplasty (TKA): a prospective randomised controlled trial[J].Int Orthop,2018,42(6):1265-1273.
- [3]Rossi SMP,Ivone A,Ghiara M,et al.A ligament tensor-guided extramedullary alignment technique for distal femoral cut in total knee replacement: results at a minimum 3 years follow-up[J].Arch Orthop Trauma Surg,2021,141(12):2295-2302.
- [4]Ueyama H,Kanemoto N,Minoda Y,et al.Comparison of post-operative knee flexion and patient satisfaction between newly and conventionally designed medial pivot total knee arthroplasty: a 5-year follow-up matched cohort study [J].Arch Orthop Trauma Surg,2022,142(8):2057-2064.
- [5]Zhao HY,Yeersheng R,Kang XW,et al.The effect of tourniquet uses on total blood loss, early function, and pain after primary total knee arthroplasty: a prospective, randomized controlled trial[J].Bone Joint Res,2020,9(6):322-332.
- [6]Thacoor A,Sandiford NA.Cryotherapy following total knee arthroplasty: What is the evidence? [J].J Orthop Surg (Hong Kong),2019,27(1):2309499019832752.
- [7]Dantas LO,Moreira RFC,Norde FM,et al.The effects of cryotherapy on pain and function in individuals with knee osteoarthritis: a systematic review of randomized controlled trials [J].Clin Rehabil,2019,33(8):1310-1319.
- [8]Chesterton LS,Foster NE,Ross L.Skin temperature response to cryotherapy[J].Arch Phys Med Rehabil,2002,83(4):543-549.
- [9]Wang ZR,Ni GX.Is it time to put traditional cold therapy in rehabilitation of soft-tissue injuries out to pasture? [J].World J Clin Cases,2021,9(17):4116-4122.
- [10]Si HB,Yang TM,Zeng Y,et al.Correlations between inflammatory cytokines, muscle damage markers and acute postoperative pain following primary total knee arthroplasty [J].BMC Musculoskelet Disord,2017,18(1):265.
- [11]张俊,邵俊杰,蒋焱,等.全膝关节置换术后持续性冷冻压迫法疗效分析[J].国际骨科学杂志,2007,28(4):264-267.
- [12]陈松,符培亮,吴海山,等.全膝关节置换术后膝周持续冰袋加压冷敷的镇痛效果分析 [J].中华关节外科杂志(电子版),2014(2):175-180.
- [13]邵鹏,陈胜敏,张丹.冷疗护理在膝关节置换术患者康复护理中的应用效果观察[J].内蒙古医学杂志,2019,51(3):369-370.
- [14]Kullenberg B,Ylipää S,Söderlund K,et al.Postoperative cryotherapy after total knee arthroplasty:a prospective study of 86 patients[J].J Arthroplasty,2006,21(8):1175-1179.
- [15]彭建华,杨国涛,成欣,等.不同冷疗方式对全膝关节置换术后疼痛的效果分析[J].山西医药杂志,2019,48(2):186-189.
- [16]Smith J,Stevens J,Taylor M,et al.A randomized, controlled trial comparing compression bandaging and cold therapy in post-operative total knee replacement surgery [J].Orthop Nurs,2002,21(2):61-66.
- [17]王显勋.全膝关节置换后局部加压冷疗结合 CPM 功能锻炼对早期关节功能恢复的影响[J].中国组织工程研究,2017,21(7):998-1003.
- [18]陈惠仪,许杰,丘雪梅.加压局部物理降温对全膝关节置换术后失血控制的效果观察[J].中国实用护理杂志,2018,34(14):1065-1069.
- [19]Ni SH,Jiang WT,Guo L,et al.Cryotherapy on postoperative rehabilitation of joint arthroplasty[J].Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2015,23(11):3354-3361.
- [20]Adie S,Naylor JM,Harris IA.Cryotherapy after total knee arthroplasty a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J].J Arthroplasty,2010,25(5):709-715.
- [21]付志强,夏长所,李志杰,等.全膝关节置换后早期夹闭引流管对失血量的影响[J].中国组织工程研究,2016,20(13):1852-1858.
- [22]Morsi E.Continuous-flow cold therapy after total knee arthroplasty[J].J Arthroplasty,2002,17(6):718-722.

(下转第 13 页)

(上接第 6 页)

- [23]Adie S,Kwan A,Naylor JM,et al.Cryotherapy following total knee replacement [J].Cochrane Database Syst Rev,2012,(9): CD007911.
- [24]Singh DP,Barani Lonbani Z,Woodruff MA,et al.Effects of Topical Icing on Inflammation, Angiogenesis, Revascularization, and Myofiber Regeneration in Skeletal Muscle Following Contusion Injury[J].Front Physiol,2017,8:93.
- [25]Khoshnevis S,Craik NK,Diller KR.Cold-induced vasoconstriction may persist long after cooling ends: an evaluation of multiple cryotherapy units [J].Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2015,23(9):2475-2483.
- [26]Benner RW,Shelbourne KD,Bauman SN,et al.Knee Osteoarthritis: Alternative Range of Motion Treatment[J].Orthop Clin North Am,2019,50(4):425-432.
- [27]Barry S,Wallace L,Lamb S.Cryotherapy after total knee replacement: a survey of current practice [J].Physiother Res Int, 2003,8(3):111-120.
- [28]Martimbianco AL,Gomes da Silva BN,de Carvalho AP,et al. Effectiveness and safety of cryotherapy after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. A systematic review of the literature[J].Phys Ther Sport,2014,15(4):261-268.
- [29]Kim JS,Mettler JA,McCurdy K,et al.Effects of Focal Knee

- Joint Cooling on Static and Dynamic Strength of the Quadriceps: Innovative Approach to Muscle Conditioning[J].Int J Environ Res Public Health,2021,18(9):4890.
- [30]Jette DU,Hunter SJ,Burkett L,et al.Physical Therapist Management of Total Knee Arthroplasty [J].Phys Ther,2020,100(9): 1603-1631.
- [31]Algaflly AA,George KP.The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance [J].Br J Sports Med,2007,41(6):365-369.
- [32]Thienpont E. Does advanced cryotherapy reduce pain and narcotic consumption after knee arthroplasty? [J].Clin Orthop Relat Res,2014,472(11):3417-3423.
- [33]Sari Z,Aydogdu O,Demirbüken İ ,et al.A Better Way to Decrease Knee Swelling in Patients with Knee Osteoarthritis: A Single-Blind Randomised Controlled Trial [J].Pain Res Manag, 2019,2019:8514808.
- [34]Thijs E,Schotanus MGM,Bemelmans YFL,et al.Reduced opiate use after total knee arthroplasty using computer-assisted cryotherapy[J].Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2019,27(4): 1204-1212.

收稿日期:2022-11-22;修回日期:2023-03-29

编辑/王萌