·临床研究·

CPM不同角度对TKA术后膝关节功能恢复的影响

史开宇 独磊 李书钢* 井贵龙 王颖颖

（徐州市康复医院骨关节康复科，徐州 221009）

【摘要】 **目的** 探讨持续被动运动仪（Continuous Passive Motion，CPM）不同运动角度设置对全膝关节置换术（Total Knee Arthroplasty，TKA）后早期膝关节功能恢复的影响。**方法** 选取2022年1月—2023年12月在徐州市康复医院接受单侧TKA的患者90例，按随机数字表法分为三组：小角度组（n=30），中角度组（n=30）和大角度组（n=30）。比较三组患者术后第3天、1周、2周和4周的视觉模拟评分（Visual Analogue Scale，VAS）、膝关节活动度（Range of Motion，ROM）、膝关节学会评分（Knee Society Score，KSS）、下肢功能评分和并发症发生情况。**结果** 术后第3天，三组VAS评分比较，小角度组显著低于中角度组和大角度组（P<0.05）；三组ROM比较，大角度组显著高于中角度组和小角度组（P<0.05）。术后1周，三组VAS评分差异无统计学意义（P>0.05）；ROM比较，大角度组和中角度组显著高于小角度组（P<0.05）。术后2周和4周，三组VAS评分和ROM差异均无统计学意义（P>0.05）。术后4周，三组KSS评分和下肢功能评分比较，大角度组和中角度组显著高于小角度组（P<0.05）。大角度组出现膝关节疼痛加重和肿胀的发生率显著高于中角度组和小角度组（P<0.05）。**结论** TKA术后早期使用CPM进行康复训练时，中等角度（0°～60°）设置能够在有效减轻疼痛的同时，促进膝关节功能恢复，减少并发症发生，是TKA术后早期CPM康复训练的优选角度范围。

【关键词】 全膝关节置换术；持续被动运动；康复训练；关节活动度；膝关节功能

【中图分类号】 TH77；R473.6 【文献标识码】 A 【DOI】 10.11876/mimt202502016

Effects of different continuous passive motion angles on early knee function recovery after total knee arthroplasty

Shi Kaiyu, Du Lei, Li Shugang, Jing Guilong, Wang Yingyinga*

(Department of Osteoarticular Rehabilitation, Xuzhou Rehabilitation Hospital, Xuzhou 221009, Jiangsu Province, China)

【Abstract】 **Objective** To explore the impact of different motion angle settings of the Continuous Passive Motion (CPM) device on the early recovery of knee joint function after Total Knee Arthroplasty (TKA). **Methods** A total of 90 patients who underwent unilateral TKA at Xuzhou Rehabilitation Hospital from January 2022 to December 2023 were selected and randomly divided into three groups: the small-angle group (n=30), the medium-angle group (n=30), and the large-angle group (n=30). The Visual Analogue Scale (VAS), Range of Motion (ROM), Knee Society Score (KSS), lower limb function score, and occurrence of complications were compared among the three groups at 3 days, 1 week, 2 weeks, and 4 weeks postoperatively. **Results** On the 3rd day postoperatively, the VAS score of the small-angle group was significantly lower than that of the medium-angle group and the large-angle group (P<0.05). The ROM of the large-angle group was significantly higher than that of the medium-angle group and the small-angle group (P<0.05). At 1 week postoperatively, there was no significant difference in VAS scores among the three groups (P>0.05). The ROM of the large-angle group and the medium-angle group was significantly higher than that of the small-angle group (P<0.05). At 2 weeks and 4 weeks postoperatively, there were no significant differences in VAS scores and ROM among the three groups (P>0.05). At 4 weeks postoperatively, the KSS score and lower limb function score of the large-angle group and the medium-angle group were significantly higher than those of the small-angle group (P<0.05). The incidence of aggravated knee

第一作者：史开宇，男，硕士研究生，研究方向：骨关节康复

通讯作者：李书钢，男，本科，主任医师，研究方向：骨关节康复

pain and swelling in the large-angle group was significantly higher than that in the medium-angle group and the small-angle group (P<0.05). **Conclusion** When using CPM for early rehabilitation training after TKA, setting the motion angle at a medium level (0° ~ 60°) can effectively alleviate pain, promote the recovery of knee joint function, and reduce the occurrence of complications, making it the preferred angle range for early CPM rehabilitation training after TKA.

【**Key words**】 Total knee arthroplasty; Continuous passive motion; Rehabilitation training; Range of motion; Knee function

全膝关节置换术（Total Knee Arthroplasty，TKA）是治疗晚期膝关节骨性关节炎的有效手段，能显著改善患者的疼痛症状与关节功能[1]。TKA术后早期功能锻炼，对预防关节僵硬、促进功能恢复极为关键[2]。持续被动运动（Continuous Passive Motion，CPM）作为一种术后康复手段，借助机械设备对关节进行持续、被动的运动训练，在改善关节活动度、促进关节软骨修复、减少关节粘连以及预防深静脉血栓形成等方面，均具有积极作用[3,4]。虽然关于CPM在TKA术后康复中的应用已有诸多研究，但对于CPM运动角度设置的优化研究仍有待深入。临床实践中，CPM角度设置过小，可能致使关节活动度恢复欠佳；而角度设置过大，则可能增加术后疼痛及并发症风险[5,6]。因此，探寻CPM最佳角度设置，对提升TKA术后康复效果，具有重要的临床意义。本研究旨在对比CPM不同运动角度设置对TKA术后早期膝关节功能恢复的影响，为临床CPM康复方案的制定，提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2022年1月—2023年12月在徐州市康复医院骨科接受单侧TKA的患者90例。纳入标准：（1）经临床症状、体征及影像学检查确诊为原发性膝关节骨性关节炎患者[7]；（2）年龄50～75岁；（3）初次接受单侧TKA；（4）术前膝关节活动度≥90°[8]；（5）手术由同一组医师采用相同的手术方式和假体完成。排除标准：（1）有严重心肺功能不全、凝血功能障碍等手术禁忌症者；（2）合并严重骨质疏松症者；（3）膝关节畸形角度>15°者；（4）既往有膝关节手术史或外伤史者；（5）术中或术后早期出现严重并发症者；（6）认知功能障碍不能配合康复训练者。

本研究经徐州市康复医院伦理委员会批准（批准号：XK-LSW-20250403-024），所有患者均签署知情同意书。按随机数表法将患者分为三组：小角度组（n=30），中角度组（n=30）和大角度组（n=30）。三组患者在年龄、性别、身体质量指数（BMI）、病程、手术时间、术中出血量等一般资料比较，差异无统计学意义（P>0.05），具有可比性，见表1。

表1 三组患者一般资料比较（$\bar{x} \pm s$，n）

组别	例数	年龄（岁）	性别（男/女）	BMI（kg/m²）	病程（年）	手术时间（min）	术中出血量（ml）
小角度组	30	63.53 ± 7.25	11/19	25.33 ± 3.14	7.67 ± 3.23	85.38 ± 12.43	156.76 ± 35.89
中角度组	30	64.23 ± 6.88	12/18	26.13 ± 2.92	8.12 ± 3.53	83.83 ± 13.26	162.35 ± 38.28
大角度组	30	62.84 ± 7.53	10/20	25.74 ± 3.25	7.93 ± 3.34	86.55 ± 11.87	159.55 ± 36.48
F/χ^2	–	0.312	0.278	0.567	0.195	0.400	0.213
P值	–	0.733	0.870	0.569	0.823	0.672	0.809

1.2 治疗方法

三组患者均采用相同的围手术期处理方案，包括手术方式（髌内侧入路）、麻醉方式（腰硬联合麻醉）、术中止血带使用（250～300 mmHg），术后镇痛采用患者自控镇痛泵，布托啡诺（生产企业：江苏恒瑞医药股份有限公司，国药准字H20020454，规格：1 ml:0.2 mg）0.4 mg/kg，静脉给药，和头孢唑啉钠（生产企业：华北制药集团有限责任公司，国药准字H20013062，规格：1.0 g）2 g，每8小时一次，静脉滴注。术后24 h内，三组患者均进行基础康复训练，包括踝泵运动（20次/h，持续5 min/次）、股四头肌等长收缩训练（10次/h，持续10s/次）、直腿抬高训练（3组/d，10次/组）等。

术后第1天开始使用YTK-F型持续被动运动仪（CPM，生产企业：四川科仪试科技有限公司）进行康复训练，持续至术后第3天。三组设置不同的CPM运动角度：小角度组：0° ~ 30° ；中角度组：0° ~ 60° ；大角度组：0° ~ 90° 。

CPM训练频率为2次/d，30 min/次，速度设置为低速（2～3循环/min），运动轨迹设置为循环模式。训练过程中密切观察患者疼痛和关节反应情况，若出现剧烈疼痛或其他不适，立即停止训练并记录。

术后第4天起，三组患者均按常规康复方案进行功能锻炼，包括主动屈伸膝关节（3次/d，15 min/次）、逐渐进行下地负重行走（3次/d，15～20 min/次）等，疗程持续至术后4周。

1.3 观察指标

所有患者分别在术前1天、术后第3天、1周、2周和4周进行各项指标评估。

1.3.1 疼痛评估

采用视觉模拟评分（Visual Analogue Scale，VAS）评估患者疼痛程度，评分范围0～10分，分数越高表示疼痛越严重。

1.3.2 膝关节活动度

采用标准角度计测量膝关节主动活动范围（Range of Motion，ROM），记录最大屈曲角度和伸直角度，计算总活动范围。

1.3.3 膝关节功能评估

采用膝关节学会评分（Knee Society Score，KSS）和下肢功能评分对膝关节功能进行评估。KSS评分包括膝关节（疼痛、稳定性、活动范围等）和功能评分（行走能力、上下楼梯能力等），满分各100分，分数越高表示功能越好。

1.3.4 并发症观察

记录三组患者在CPM使用过程中和术后早期出现的并发症，包括疼痛加重、关节肿胀、伤口渗液增多、伤口裂开、感染、深静脉血栓形成等。

1.4 统计学方法

采用SPSS 25.0统计软件进行数据分析。计量资料以均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较采用单因素方差分析（One-way ANOVA），两两比较采用LSD-t检验；计数资料以例数和百分比表示，采用χ^2检验或Fisher确切概率法。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 疼痛评分比较

三组患者术前VAS评分差异无统计学意义（$P>0.05$）。术后第3天，小角度组VAS评分显著低于中角度组（$t=3.86$，$P=0.008$）和大角度组（$t=5.12$，$P<0.001$）；术后1周、2周和4周，三组VAS评分差异无统计学意义（$P>0.05$），见表2。

表2 三组患者不同时间点VAS评分比较（$\bar{x} \pm s$，分）

时间点	例数	术前	术后第3天	术后1周	术后2周	术后4周
小角度组	30	5.80 ± 1.40	4.20 ± 1.10	3.50 ± 0.90	2.60 ± 0.80	1.70 ± 0.60
中角度组	30	5.90 ± 1.50	5.30 ± 1.20*	3.80 ± 1.00	2.40 ± 0.70	1.50 ± 0.50
大角度组	30	5.70 ± 1.30	5.80 ± 1.30*	4.10 ± 1.10	2.50 ± 0.90	1.60 ± 0.70
F		0.18	15.48	2.72	0.49	0.95
P		0.83	<0.001	0.07	0.62	0.39

注：与小角度组比较，*$P<0.05$。

2.2 膝关节活动度比较

三组患者术前ROM差异无统计学意义（$P>0.05$）。术后第3天，大角度组ROM显著高于中角度组（$t=5.24$，$P<0.001$）和小角度组（$t=14.18$，$P<0.001$），中角度组显著高于小角度组（$t=8.94$，$P<0.001$）；术后1周，大角度组和中角度组ROM显著高于小角度组（分别为$t=4.86$，$P<0.001$；$t=3.92$，$P=0.002$），大角度组与中角度组比较差异无统计学意义（$t=0.79$，$P=0.432$）；术后2周和4周，三组ROM差异无统计学意义（$P>0.05$），见表3。

表3 三组患者不同时间点ROM比较（$\bar{x} \pm s$，°）

组别	例数	术前	术后第3天	术后1周	术后2周	术后4周
小角度组	30	98.6 ± 12.3	45.3 ± 8.2	75.2 ± 10.5	92.6 ± 11.3	105.3 ± 12.6
中角度组	30	99.2 ± 11.8	65.7 ± 9.3*	86.4 ± 11.2*	96.8 ± 12.1	108.7 ± 13.2
大角度组	30	98.4 ± 12.6	78.5 ± 10.1*#	88.7 ± 12.3*	97.5 ± 12.4	109.2 ± 13.8
F		0.045	102.516	13.752	1.641	0.851
P		0.956	<0.001	<0.001	0.200	0.430

注：与小角度组比较，*$P<0.05$；与中角度组比较，#$P<0.05$。

2.3 膝关节功能评分比较

三组患者术前KSS评分差异无统计学意义（$P>0.05$）。术后4周，大角度组KSS膝关节评分显著高于小角度组（$t=3.38$，$P=0.001$），中角度组膝关节评分显著高于小角度组（$t=3.17$，$P=0.002$），大角度组与中角度组比较差异无统计学意义（$t=0.26$，$P=0.795$）；功能评分比较结果相似，大角度组和中角度组显著高于小角度组（分别为 $t=3.31$，$P=0.001$；$t=3.06$，$P=0.003$），大角度组与中角度组比较差异无统计学意义（$t=0.27$，$P=0.788$），见表4。

表4 三组患者KSS评分比较（$\bar{x}\pm s$，分）

组别	例数	术前		术后4周	
		膝关节评分	功能评分	膝关节评分	功能评分
小角度组	30	44.2 ± 6.5	41.6 ± 5.9	78.5 ± 8.3	72.3 ± 7.8
中角度组	30	43.8 ± 6.7	42.1 ± 6.2	85.6 ± 9.1*	78.9 ± 8.4*
大角度组	30	44.5 ± 6.3	41.9 ± 6.1	86.2 ± 9.4*	79.5 ± 8.7*
F		0.095	0.052	7.863	7.182
P		0.909	0.949	<0.001	0.001

注：与小角度组比较，*$P<0.05$。

2.4 并发症发生情况比较

大角度组出现膝关节疼痛加重和肿胀的总发生率显著高于中角度组（10.0%）和小角度组（$P<0.05$）。三组患者均未出现伤口裂开、感染或深静脉血栓形成等严重并发症，见表5。

表5 三组患者并发症发生情况比较［n（%）］

组别	例数	疼痛加重	关节肿胀	伤口渗液增多	总发生
小角度组	30	1（3.33）	0（0.00）	0（0.00）	1（3.33）
中角度组	30	2（6.67）	0（0.00）	1（3.33）	3（10.00）
大角度组	30	5（16.67）	3（10.00）	2（6.67）	8（26.67）
χ^2/Fisher		3.968	–	–	7.857
P		0.046	0.024	0.355	0.020

注：“–”表示采用Fisher确切概率法。

3 讨论

本研究比较了TKA术后早期使用不同角度CPM训练对膝关节功能恢复的影响。结果显示，中等角度设置或许是最佳选择，它能够在有效缓解疼痛的同时，推动膝关节功能恢复，降低并发症发生风险。TKA术后早期（第3天），小角度组患者的VAS评分显著低于中角度组和大角度组，表明较小的CPM运动角度可能有助于减轻术后早期疼痛，与Yang等[7]研究结果一致。Yang等[7]发现，术后早期大角度被动活动会增加关节囊和周围软组织的张力，刺激疼痛感受器，进而导致疼痛加剧。在TKA术后早期，手术创伤引发的组织炎症反应处于高峰期，此时软组织处于敏感状态，过大的CPM角度可能会加剧组织牵拉，激活更多的疼痛感受器。然而，随着时间的推移，三组患者在术后1周、2周和4周的疼痛评分差异逐渐消失，这提示CPM角度设置对长期疼痛控制的影响较为有限。

在关节活动度方面，术后第3天，大角度组ROM显著高于中角度组和小角度组；术后1周，大角度组和中角度组的ROM显著高于小角度组。这表明更大角度的CPM训练有助于在早期获得更好的关节活动度，与Lee等[8]研究结果相符。Lee等研究发现，较大角度的CPM训练能够更有效地预防关节囊收缩和粘连，促进关节液循环，改善软组织弹性。值得注意的是，术后2周和4周，三组的ROM差异逐渐消失，这可能是因为随着康复锻炼的持续进行，主动运动的影响逐渐超过了早期CPM训练的影响。膝关节功能评分结果显示，术后4周，大角度组和中角度组KSS中的膝关节评分和功能评分均显著高于小角度组，而大角度组与中角度组相比，差异无统计学意义，这提示中等至大角度的 CPM 训练对提高膝关节功能恢复效果更为显著，与Aldecoa等[9]研究结果一致。

然而，在并发症方面，大角度组出现膝关节疼痛加重和肿胀的发生率显著高于中角度组和小角度组，这表明过大的CPM角度可能会增加术后软组织牵拉，致使局部炎症反应加重，进而增加并发症风险[10,11]。综合本研究结果，在TKA术后早期利用CPM进行康复训练时，中等角度设置可能是最佳选择，它既能较好地促进膝关节活动度恢复和功能改善，又能将疼痛和并发症风险控制在较低水平[12-14]。

本研究仍然存在一些局限性：首先，样本量相对较小，未来需要更大规模的多中心研究进一步验证研究结果；其次，随访时间相对较短，未能评估CPM角度设置对中长期功能恢复的影响；第三，未对不同类型的假体和手术方式进行分层分析。未来研究可针对不同病因、不同年龄段患者设计个性化的CPM角度设置方案，探索递进式角度调整策略对康复效果的影响。

4 结论

TKA术后早期使用CPM进行康复训练时，不同角度设置对膝关节功能恢复效果和并发症发生风险存在差异。中等角度（0°～60°）设置能够在有效减轻疼痛的同时，促进膝关节功能恢复，减少并发

症发生，是TKA术后早期CPM康复训练的优选角度范围。临床实践中应根据患者个体情况制定个性化CPM角度设置方案，并随疗效及时调整，以获得最佳康复效果。

[参 考 文 献]

[1] 陈婉芳.早期康复护理联合健康教育对膝关节置换术后患者膝关节功能、生活质量及并发症的影响[J].中国医药指南,2025,23(4):163-165.

[2] 陈阿丽,苏家琼,曾广会,等.ERAS理念下超早期精细化锻炼方案对高龄全膝关节置换术后患者康复的影响[J].中国老年学杂志,2024,44(11):2625-2628.

[3] Jia Z, Zhang Y, Zhang W, et al. Efficacy and safety of continuous passive motion and physical therapy in recovery from knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis[J]. J Orthop Surg Res, 2024, 19(1):68.

[4] 张琦,梁媛,张冉,等.运动学对线技术对全膝关节置换术后关节活动度的效果[J].中国康复理论与实践,2022,28(7):764-769.

[5] Ryu JJ, Jeong BC, Yoo KT. The effects of active exercise program using sling on the pain and balance following total knee replacement[J]. J Converg Inf Technol,2022, 12(2):174-183.

[6] 陈盈盈.屈曲体位不同维持时间对全膝关节置换术后早期膝关节恢复情况的影响[J].中国医学创新,2023,20(13):119-123.

[7] 中华医学会骨科学分会.骨关节炎诊断与治疗指南(2018年版)[J].中华骨科杂志, 2018,38(12):705-715.

[8] 中国老年保健协会.髋膝关节置换围手术期加速康复专家共识[J].实用骨科杂志,2021,27(11):961-965.

[9] Ripoll S-Melchor J, Aldecoa CS, Fern Índez-Garc AR, et al. Early mobilization after total hip or knee arthroplasty: a substudy of the POWER.2 study[J]. Braz J Anesthesiol, 2023, 73(1):54-71.

[10] Eymir M, Erduran M, ünver B. Active heel-slide exercise therapy facilitates the functional and proprioceptive enhancement following total knee arthroplasty compared to continuous passive motion[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2021, 29(10):3352-3360.

[11] Mistry JB, Elmallah RDK, Bhave A, et al. Rehabilitative guidelines after total knee arthroplasty: A review[J]. J Knee Surg, 2016, 29(3):201-217.

[12] 刘培来,李学州,卢群山,等.膝关节置换术后常用康复器具的应用与疗效分析[J].山东大学学报(医学版),2024,62(10):1-7.

[13] Pua YH, Seah FJ, Poon CL, et al. Association between rehabilitation attendance and physical function following discharge after total knee arthroplasty: prospective cohort study[J]. Osteoarthritis Cartilage, 2017, 25(4):462-469.

[14] 赵永欣.早期康复联合CPM机锻炼在全膝关节置换术患者中的应用效果[J].医疗装备,2020,33(12):182-183.

[15] Alrawashdeh W, Eschweiler J, Migliorini F, et al. Effectiveness of total knee arthroplasty rehabilitation programmes: A systematic review and meta-analysis[J]. J Rehabil Med, 2021, 53(6):2784.

[16] 徐艳.连续性被动运动训练对人工全膝关节置换术患者康复的影响[J].透析与人工器官,2021,32(4):31-32+34.

（上接第 50 页）

应用可优化临床决策。

综上所述，在疑似冠心病诊断中，CMR在功能评估和分期中具有不可替代性，但血管解剖评估仍需结合CAG；联合应用可优化冠心病诊疗路径。

[参 考 文 献]

[1] 朱乐怡,王艺宁,赵世华,等.2021心血管磁共振研究进展[J].放射学实践,2023,38(5):656-661.

[2] 张华莹,朱乐怡,赵世华,等.2022年心脏磁共振研究进展[J].磁共振成像,2023,14(6):133-144.

[3] 赵新湘,陆敏杰,蒲军,等.缺血性卒中患者心脏磁共振检查专家共识[J].中国卒中杂志,2024,19(10):1188-1195.

[4] 潘子怡,温金扬,冉玲平,等.RSNA2024心脏CT及MRI[J].放射学实践,2025,40(1):42-46.

[5] 张斌,高思喆,郭文力,等.Auto-kV技术联合AI深度学习算法(Clear Infinity)在冠脉”精准”双低成像中的应用[J].中国临床医学影像杂志,2024,35(4):283-287.

[6] 王哲涛,任静,周鹏,等.心脏磁共振影像组学在非缺血性心肌病中的应用研究进展[J].广西医学,2024,46(2):204-209.

[7] 杨正汉,冯逢,王霄英.磁共振成像技术指南——检查规范、临床策略及新技术(修订版)[J].中国医学影像学杂志,2010,18(4):312.

[8] Galli E, John Matthwes B, Rousseau C, et al. Echocardiographic reference ranges for myocardial work in healthy subjects: a preliminary study[J]. Echocardiography,2019,36(10):1814-1824.

[9] 连心桥,张华莹,赵世华,等.从医学影像到临床诊疗:2023年心血管磁共振进展[J].磁共振成像,2024,15(7):184-190,215.

[10] 中华医学会心血管病学分会影像学组,中国医师协会放射医师分会心血管专业委员会.无创性心血管影像学技术临床适用标准中国专家共识[J].中华心血管病杂志,2020,48(11):906-921.

[11] 王力,苏雪娟,陈体,等.超声心动图、心电图及CTA在诊断冠心病中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(3): 76-78.

[12] 杨李杨,闫奎坡,刘刚,等.心脏磁共振在心肌病诊断中的作用[J].中国循证心血管医学杂志,2024,16(3):373-377.

[13] 郭建琪,台楠,贺玉泉.心脏磁共振在冠状动脉非阻塞性心肌梗死中的应用进展[J].中国实验诊断学,2024,28(2):227-231.

[14] Paez A, Gu C, Cao Z. Robust RF shimming and small-tip-angle multispoke pulse design with finite-difference regularization[J]. Magn Reson Med, 2021, 86(3):1472-1481.

[15] 丁丝雨,包炳蔚,季春斐,等.心脏磁共振对冠状动脉非阻塞性心肌梗死的诊断价值[J].中西医结合心脑血管病杂志,2023,21(15):2795-2799.

[16] 冯兆丰,李淑豪,任海波,等.心血管磁共振成像评估肿瘤治疗相关心血管损伤的应用进展[J].中国医学影像学杂志, 2024, 32(7):736-740.

[17] 杨旗,冯长静.心脏MRI新技术及其应用进展[J].国际医学放射学杂志,2023,46(6):629-633.