

缺血预处理对肾脏保护作用机制及临床应用研究进展

薛 晴¹ 杜书同² (通讯作者)

1.承德医学院研究生学院 河北 承德 067000

2.沧州市人民医院肾内科 河北 沧州 061000

【摘 要】：肾脏对缺血变化较为敏感，缺血再灌注过程中容易出现细胞损伤、炎症反应等情况，增加急性肾损伤发生风险^[1]。基于此，本文围绕缺血预处理的作用机制展开分析，并从围术期保护、肾移植保护及造影期防护等方面总结缺血预处理的临床应用，同时讨论当前应用中存在的问题及未来发展方向，为缺血预处理在肾脏保护领域的合理应用提供参考。

【关键词】：缺血预处理；肾脏保护；临床应用

DOI:10.12417/2705-098X.26.19.057

引言

缺血预处理是指在较严重缺血损伤发生前，利用短暂可控的缺血刺激使机体提前产生一定保护反应，从而提高组织对后续缺血影响的耐受能力^[2]。根据刺激部位不同，缺血预处理既可直接作用于目标器官，也可通过肢体短暂缺血形成远程保护。肾脏血流丰富且对供血变化较为敏感，手术、移植及部分检查治疗过程中均可能出现短暂缺血或再灌注影响，使肾功能受到不同程度损害^[3]。缺血预处理利用机体自身适应反应提高肾组织耐受能力，为损伤发生前的主动保护提供了思路。因此，讨论缺血预处理肾脏保护作用及其临床应用具有重要意义。

1 缺血预处理发挥肾脏保护作用的机制

1.1 调节氧化应激，减少细胞损伤

肾脏恢复血流后氧供应会突然增加，细胞内部容易形成过量活性氧，使原本受缺血影响的组织再次承受损伤^[4]。活性氧积聚破坏细胞膜稳定性，影响蛋白质功能及细胞内正常代谢，使肾小管上皮细胞更容易出现结构异常。缺血预处理采用较轻程度的短暂刺激，使肾组织提前启动自身抗氧化调节，在后续较强缺血到来时能更快限制活性氧持续增加。相关变化有助于减轻脂质过氧化保护细胞膜完整性，并维持细胞内部正常的氧化还原平衡。对于缺血再灌注损伤而言，调节氧化应激的价值在于避免氧化反应超过组织耐受范围，从而减少细胞结构破坏，为后续肾功能恢复保留更好的基础。

1.2 减轻炎症反应，维持组织稳定

肾组织发生缺血损伤后，受损细胞会释放多种异常信号引起局部炎症反应。炎症细胞进入肾组织后可进一步释放炎性介质，使血管通透性增加，局部水肿也会随之加重。若炎症反应持续放大，原本受损范围有限的肾组织可能受到更广泛影响，导致微循环状态不稳定。缺血预处理能够对这种过度炎症反应产生一定调节作用，使炎症介质释放保持在相对可控的范围，并减少炎症细胞在局部大量聚集。组织水肿程度减轻后肾间质压力不再持续升高，局部血流恢复条件也相对较好^[5]。与此同时，控制炎症反应还能减少正常细胞受到周围炎性环境影响，

使损伤区域与相对完整组织之间保持较好的功能边界。

1.3 改善细胞耐受，促进功能恢复

缺血状态会使肾细胞能量供应下降，影响细胞内正常离子平衡，严重时可能出现功能障碍甚至细胞死亡。缺血预处理给予组织较轻程度的刺激后，可诱导细胞提前进入适应状态，并调整能量利用方式，从而在后续缺血环境中维持基本代谢功能。细胞对低氧及能量不足的耐受能力提高后，可以更容易地保留细胞膜功能，减少因代谢失衡引起的损伤。与单纯减少某一种损伤因素相比，改善细胞耐受更强调肾组织自身应对不良环境的能力，细胞在缺血阶段维持较完整的基本功能，恢复血流后容易重新建立正常代谢，使肾小球滤过及肾小管处理功能获得较好的恢复基础^[6]。

2 缺血预处理在肾脏保护中的临床应用

2.1 强化术前预处理，减轻围术期肾脏损伤

较大手术可能伴随血流波动、组织灌注下降等变化，肾脏对供血减少较为敏感，基础肾功能偏低、高龄或合并慢性疾病的患者更容易在围术期出现肾功能异常^[7]。临床医师可根据患者基础肾功能、手术范围及预计循环变化判断缺血预处理的应用价值，在手术开始前利用肢体缺血刺激诱导机体形成一定保护反应。实际应用中还需结合患者情况展开合理判断，避免机械套用固定方案。术前预处理的目的在于让肾脏在出现明显缺血影响之前获得一定适应准备，从而减轻后续缺血再灌注造成的损害，为维持围术期肾功能稳定增加一层辅助保护。

临床医师面对预计手术时间较长、术中循环波动可能较明显的患者时，可把术前缺血预处理放入整体肾脏保护思路中展开判断。患者原有肌酐处于正常范围，不能单独作为低风险依据，高龄、既往肾功能下降等情况均可能降低肾脏对短暂低灌注的耐受能力。临床医师需要结合既往检查掌握肾功能基础状态，再根据手术类型估计围术期发生肾灌注不足的可能，使预处理应用建立在较清晰的风险背景上。采用远程缺血预处理时通常利用上肢等部位形成可控的缺血刺激，这种方式避免直接作用于肾脏，临床实施相对简便。若患者肢体存在明显血管病

变或其他不适合反复加压的情况,临床医师应调整应用思路,不能为完成预处理增加新的局部风险。急诊手术同样需要考虑时间条件,病情要求尽快进入手术阶段时,延长准备过程并不符合患者当前利益。另一个容易出现的问题是把完成预处理等同与已经获得完备的肾保护,实际上围术期急性肾损伤受到循环状态、失血等多种因素影响,缺血预处理只能作为其中一种辅助方式。临床医师仍需结合尿量、血肌酐等指标观察术后肾功能变化,发现肾功能下降趋势时不能因术前已经实施预处理而降低警惕。

2.2 完善移植期保护,促进移植肾功能恢复

肾移植过程中供肾从供者体内取出后需要经历保存、运输及重新恢复血流等过程,这段经历容易使肾组织受到缺血再灌注影响。供肾缺血时间延长时肾小管细胞功能可能受到较明显损害,移植完成后容易出现尿量恢复缓慢、血肌酐下降不理想等情况。缺血预处理利用短暂可控的肢体缺血刺激提前诱导机体保护反应,可在供肾恢复血流前形成一定耐受基础^[8]。临床医师在移植期应用这一方式时,需要围绕供肾来源、预计缺血时间及受者基础状态判断保护需求,使预处理时机能够与移植过程保持协调,为移植肾早期恢复滤过及排泄功能创造较有利条件。

移植期缺血预处理需要临床医师根据供肾实际情况灵活判断,来源于逝世供者的肾脏可能经历较长保存时间,受者自身还可能长期透析、心血管疾病或其他基础问题,此时移植肾恢复功能面临的影响因素较多。临床医师可在掌握供肾获取时间、保存情况及预计植入进程后安排远程缺血预处理,使短暂肢体缺血刺激尽量处于移植肾恢复血流之前的合理阶段。采用肢体加压方式时刺激程度需要保持可控,临床医师还应关注受者局部皮肤、肢体血流及整体循环情况,发现明显不适或局部条件不适合继续实施时应及时停止或调整,避免为完成预处理增加额外风险。移植手术中还可能出现供肾到达时间变化、手术进度调整等情况,原先安排的预处理时间由此发生偏差。面对这种变化,临床医师应把保证供肾及时植入放在更重要的位置,不能为了完成固定的预处理流程延长供肾缺血时间。移植肾恢复血流后临床医师仍需通过肾功能指标判断早期恢复状态,预处理已经完成也不能替代后续监测。出现尿量持续偏少或肾功能改善缓慢时,需要从多方面寻找原因,不能简单认为增加预处理强度便能解决。此外,临床医师完善移植期保护时,可以把缺血预处理视为降低缺血再灌注影响的一种辅助选择,根据供肾条件及受者状态合理安排,在不增加供肾缺血负担的前提下发挥保护作用,为移植肾早期功能恢复提供更稳定的条件。

2.3 前移植期防护,降低急性肾损伤风险

冠状动脉造影、血管介入等检查治疗需要使用造影剂,部分患者在造影剂暴露后可能出现肾功能短期下降,原有慢性肾

病、糖尿病或肾功能储备较差时风险更加突出。造影相关肾损伤一旦发生,可能延长恢复时间,严重时还会增加后续治疗负担^[9]。缺血预处理为这类患者提供了一种非药物保护思路,通过造影前给予肢体短暂可控的缺血刺激,使机体提前产生一定保护反应,从而提高肾脏对后续损伤因素的耐受能力。临床医师可将这种保护环节前移至造影剂使用之前,根据基础肾功能及造影风险判断应用价值,同时把缺血预处理放在整体肾保护框架中理解。

对于基础肾功能已经下降、近期准备接受冠状动脉造影或血管介入治疗的患者,临床医师可在检查前查看血肌酐及估算肾小球滤过率,结合既往肾病情况判断造影剂暴露后的肾损伤风险。确定患者属于较高风险范围后可考虑把远程缺血预处理纳入造影前保护过程,通过上肢短时加压后放松,重复一定次数使短暂缺血刺激在造影剂进入体内前完成。操作环节需要保持简单可控,临床医师还应避开存在明显血管病变的肢体,血液透析患者存在动静脉内瘘时也不宜在内瘘侧随意加压。部分患者临时调整造影时间,原定预处理过程可能无法完整实施,临床医师需要结合当前治疗紧迫程度调整安排。同时,造影相关急性肾损伤还受到肾功能基础、造影剂使用量及循环状态等因素影响,即使造影前已经完成缺血预处理,也不能忽略基础肾保护。临床医师仍需控制不必要的造影剂暴露,并根据患者情况落实常规肾保护要求,使缺血预处理发挥补充作用。造影结束后若血肌酐出现升高趋势或尿量较既往明显减少,应继续关注肾功能变化,不能因造影过程顺利便认为肾脏没有受到影响。对于短期内需要再次接受造影操作的患者,还需重新判断肾功能恢复程度,避免将上一次预处理产生的保护作用简单延续到下一次检查。

3 缺血预处理肾脏保护应用中的问题与展望

3.1 保护效果存在个体差异,应用标准尚未统一

现有研究表明,缺血预处理对肾脏具有一定保护潜力,但不同研究所得结果并不完全一致。患者年龄、基础肾功能以及原有血管状态存在差异,会影响机体对短暂缺血刺激的耐受程度,也可能使同一种预处理方式产生不同效果^[10]。同时,不同研究在缺血刺激部位、持续时间等方面尚未形成统一方案,疗效评价所采用的指标也存在差别,增加了研究结果之间比较的难度。因此,缺血预处理尚难形成适用于不同患者的统一标准,其临床价值仍需要结合具体人群进一步验证,避免因应用条件差异造成保护效果判断偏差。

3.2 未来发展方向展望

随着肾脏保护研究不断深入,缺血预处理未来需要更加重视临床证据的稳定性。相关研究可进一步扩大样本范围,分层观察不同年龄、不同肾功能水平以及不同疾病背景的人群,明确适宜人群。预处理时间、刺激次数及实施强度也需要更规范

的临床研究开展比较,减少不同方案之间差异过大造成的结果波动。未来还可探索缺血预处理与现有肾脏保护措施之间的合理配合,在不过度增加患者负担的基础上提高整体保护效果。

综上所述,缺血预处理能够利用多方面调节提高肾脏对缺

血再灌注损伤的耐受能力,在围术期、肾移植及造影相关肾损伤防护中表现出一定应用价值。现阶段相关研究仍存在一些问
题,使其临床推广受到一定限制。未来需进一步确定适宜人群并规范刺激方式,使缺血预处理形成更加稳定规范的临床应用模式,为高风险患者提供高效的肾功能保护。

参考文献:

- [1] 刘荷,嵇艳丽,牛庆慧,祝琳,蔡金贞,董河.远隔肢体缺血预处理对肝移植病人肾脏的保护作用[J].青岛大学学报(医学版),2026,62(2):193-197.
- [2] 伍洋洋,唐毅,谭跃霜,马琳,李刚,杜宇.远隔缺血预处理对非心脏手术患者术后谵妄影响的 Meta 分析[J].四川医学,2025,46(6):601-606.
- [3] 韦伟,付平,赵宇亮.远端缺血预处理在急性肾损伤中的研究进展[J].肾脏病与透析肾移植杂志,2025,34(2):174-179.
- [4] 闫瑾,陈亚茹,王大林,朱正华.预处理对肝脏缺血再灌注损伤的保护作用研究进展[J].中国中西医结合外科杂志,2025,31(1):42-45.
- [5] 陶子颖,孔二亮,张杨,凤旭东.远隔缺血预处理对围手术期急性肾损伤的保护作用及机制研究进展[J].新乡医学院学报,2024,41(11):1086-1089+1096.
- [6] 戴文俊,裴汉军.远隔缺血预处理分离液对人肾小管上皮细胞缺氧性损伤的保护作用[J].包头医学院学报,2024,40(2):87-92.
- [7] 焦蕾蕾.无创肢体远端缺血预处理在行 PCI 老年冠心病患者中的应用[J].山东医学高等专科学校学报,2023,45(5):385-387.
- [8] 王超,裴汉军.远隔缺血预处理防治造影剂肾病中 miRNA-134-5p 的表达水平及临床意义[J].中国社区医师,2022,38(36):41-43.
- [9] 崔茜,裴汉军.远隔缺血预处理防治急性肾损伤的机制研究[J].包头医学院学报,2021,37(5):68-70.
- [10] 蒋伟,刘建华,石光,梁巧如,闫小清.远隔缺血预处理在急性主动脉夹层手术中的肾脏保护作用[J].临床研究,2021,29(3):1-3.