

超声造影定量评价同种异体肾移植术后肾皮质功能的 Meta 分析

张 蓉 李漪旒 唐 彬 代 颜 李明星 夏纪筑

摘要 **目的** 系统评价超声造影(CEUS)定量评价同种异体肾移植术后肾皮质功能的临床价值。**方法** 计算机检索 Cochrane Library、Embase、Medline、Web of Science、中国知网、万方、维普数据库,搜索 CEUS 定量评价同种异体肾移植术后肾皮质微循环的相关文献,检索时间均为 2000 年 1 月 1 日至 2023 年 6 月 30 日。由 2 名研究人员依据纳入和排除标准筛选文献,使用纽卡斯尔-渥太华量表(NOS)及诊断准确性研究质量评价量表-2(QUADAS-2)评价纳入文献质量。采用 RevMan 5.4.1、R 4.0.3 软件进行 Meta 分析。**结果** 最终纳入 11 篇文献,共计 977 例肾移植患者,其中肾功能障碍组 340 例,肾功能稳定组 637 例。NOS 量表评价文献质量为 6~8 分。QUADAS-2 评价文献总体质量为中至高等。Meta 分析显示,与肾功能稳定组比较,肾功能障碍组曲线下面积、峰值强度均减低,达峰时间延长,差异均有统计学意义[SMD=-1.01(95%可信区间:-1.38~-0.63)、-0.75(95%可信区间:-1.07~-0.43)、0.33(95%可信区间:0.02~0.63),均 $P<0.05$]。**结论** CEUS 可定量评价肾皮质微灌注的变化,为肾移植术后肾功能障碍的早期诊断提供参考。

关键词 超声检查;造影剂;移植肾;肾皮质;微循环灌注;Meta 分析

[中图法分类号]R445.1

[文献标识码]A

Quantitative assessment of cortical function after allogeneic kidney transplantation by contrast-enhanced ultrasound: a systematic review and Meta-analysis

ZHANG Rong, LI Yini, TANG Bin, DAI Yan, LI Mingxing, XIA Jizhu

Department of Ultrasound Medicine, the Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Sichuan 646000, China

ABSTRACT **Objective** To systematically evaluate the clinical value of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in quantitative assessment of cortical function after allogeneic kidney transplantation. **Methods** Databases including Cochrane Library, Embase, Medline, Web of Science, China National Knowledge Infrastructure (CNKI), Wanfang and VIP were searched for relevant studies on quantitative assessment of renal cortical microcirculation after allogeneic kidney transplantation by CEUS, covering the period from January 1, 2000 to June 30, 2023. Two researchers independently screened literature based on inclusion and exclusion criteria, and study quality was assessed by the Newcastle Ottawa Scale (NOS) and the Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies-2 (QUADAS-2). Meta-analysis was performed by RevMan 5.4.1 and R 4.0.3 software. **Results** A total of 11 studies involving 977 kidney transplant patients were enrolled, including renal dysfunction group (340 cases) and stable renal function group (637 cases). The quality of the studies assessed by the NOS ranged from 6 to 8 points. The overall quality of the studies was assessed as medium to high by QUADAS-2. Meta-analysis showed that compared with the stable renal function group, the area under the curve and peak intensity in the renal dysfunction group were reduced, and the peak time was prolonged, with statistically significant differences [SMD=-1.01 (95%CI: -1.38~-0.63), -0.75 (95%CI: -1.07~-0.43), 0.33 (95%CI: 0.02~0.63), all $P<0.05$]. **Conclusion** CEUS can quantitatively assess the changes in renal cortical microperfusion, providing a basis for early diagnosis of post-transplant renal dysfunction.

KEY WORDS Ultrasonography; Contrast agent; Transplanted kidney; Renal cortex; Microcirculation perfusion; Meta-analysis

同种异体肾移植术是延长慢性终末期肾病患者生存时间最有效的措施之一^[1]。近年来,随着肾移植技术的不断发展,免疫抑制剂方案有所改进并在临床推广,患者术后生存率不断提高^[2]。然而,肾移植术后急性排斥反应、慢性移植肾功能不全或移植肾带功能死亡等并发症仍然严重影响着患者远期存活率。移植肾功能延迟恢复(delayed graft function, DGF)是指移植肾的有效容量灌注不足,无法满足受者正常的生活,主要表现为移植术后少尿或者无尿,血肌酐水平升高。发生 DGF 的受者排斥反应和移植物丢失的风险均相应增加,而且术后半年内的死亡率也会升高^[3-4]。超声造影(contrast-enhanced ultrasound, CEUS)能实时、动态显示脏器血流灌注情况,且通过时间-强度曲线可定量分析组织微循环灌注,是一种无创评价脏器微灌注情况的检查方法^[5-7]。本研究通过 Meta 分析探讨 CEUS 在定量评价肾移植术后肾皮质功能的临床价值,旨在为临床肾移植术后肾功能障碍的早期诊断提供参考。

资料与方法

一、文献检索

计算机检索 Cochrane Library、Embase、Medline、Web of Science、中国知网、万方、维普等数据库,检索时间设置为 2000 年 1 月 1 日至 2023 年 6 月 30 日。搜索 CEUS 定量评价同种异体肾移植术后肾皮质功能的相关文献,语种包括中、英文。将主题词与相关自由词组合,中文检索主题词包括:肾移植、超声造影;英文检索主题词包括:Kidney Transplantation、Contrast enhanced ultrasound。根据不同数据库的检索要求调整检索式。本 Meta 分析已在国际前瞻性系统评价登记册登记(编号:CRD42023480807),并遵循系统评审和 Meta 分析的优选报告项目(PRISMA)中的声明^[8]。

二、纳入及排除标准

1. 纳入标准:①应用 CEUS 定量分析肾移植术后肾皮质功能的前瞻性或回顾性文献;②中文或英文文献。

2. 排除标准:①肾移植术后发生肾动脉狭窄、肾周血肿、输尿管狭窄、肾脏肿瘤等并发症的相关文献;②综述、会议摘要、致编辑的信、无全文的摘要、期刊评论、动物研究、个案报道、个人交流等;③重复发表的文献。

三、文献筛选及数据提取

1. 文献筛选:将检索到的文献导入 Zotero 文献管理软件中,使用软件自动筛选重复文献,然后阅读文献标题、摘要或全文筛选符合要求的文献。文献的筛选均由 2 名研究员各自独立完成,若结果出现分歧时,与第 3 名研究员协商决定。

2. 文献数据提取包括:①基本信息:包括纳入文献的基本信息(第一作者、发表年份、研究类型、国家、样本量、分组情况、分组依据)、病例特征(性别、年龄)、是否进行肾组织活检、供肾来源、CEUS 检查时间、CEUS 设备及参数设置[CEUS 设备、定量分析软件、探头频率、机械指数、造影剂剂量、感兴趣区(ROI)位置和面积、超声图像录制时间];②CEUS 定量参数:到达时间(AT)、上升时间(RT)、峰值强度(PI)、达峰时间(TTP)、平均渡越时间(MTT)、曲线下面积(AUC)。

3. 分组:因纳入的各项文献分组依据略有不同,为了结合数据进行定量分析,本 Meta 分析将患者分为肾功能障碍组和肾功能稳定组,肾功能障碍组包括 DGF 和/或肾功能障碍病例,肾功能稳定组包括肾功能正常和/或肾功能稳定病例;同时根据造影剂剂量进行亚组分析。

4. 缺失数据处理:对于符合纳入标准但数据不完整,即文献中缺少 CEUS 检测到的确切病例数或参考的“金标准”的文献,通过发送电子邮件联系文献的通讯作者及第一作者,如果 3 周后未收到回复,则排除该文献;除此之外,还对纳入的文献进行了叙述综合。

四、文献质量评价

由 2 名研究员根据量表评估纳入文献的证据质量和偏倚风险,若意见不统一,则与第 3 名研究员协商决定。纳入文献采用纽卡斯尔-渥太华量表(NOS)证据质量评价工具,主要从选择(selection)、可比性(comparability)和结果(outcome)三方面对纳入文献的质量进行评估,最高得分为 9 分,得分越高,表示偏倚风险越低。此外,使用诊断准确性研究质量评价表-2(QUADAS-2)对纳入文献的质量进行评价。QUADAS-2 由 4 个部分组成,依次为病例的选择、待评价试验、金标准、病例流程及进展,其内共包含条目 17 项,条目的评价结果分为“是”“否”“不确定”。纳入文献至少满足 5 个 QUADAS-2 领域的文献被认为是高质量^[9]。本 Meta 分析文献质量评价图使用 Rev Man 5.4.1 软件输出。

五、统计学处理

应用 RevMan 5.4.1 统计软件和 R 4.0.3 语言,肾功能障碍组与肾功能稳定组比较结果以标准化均数差

(SMD)表示。异质性分析采用 χ^2 检验和 I^2 检验,若 $P>0.1, I^2<50%$,使用固定效应模型进行敏感性分析; $I^2>50%$ 认为异质性较高,使用随机效应模型进行敏感性分析;若 $P<0.1$,则无法确定异质性的来源,采用描述性分析。当纳入文献的原始数据以 $[M(Q_1, Q_3)]$ 表示,提取和录入数据时统一用均数和标准差(SD)表示。根据Cochrane手册的建议,均数近似等于中位数, $SD=(Q_3-Q_1)/1.3$ 。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、文献检索结果

初步检索共获得901篇文献(其中包含中文259篇,英文642篇),经过筛选后最终纳入11篇文献,包含5篇英文文献^[10-14]及6篇中文文献^[15-20]。

二、纳入文献的基本信息和病例特征

共纳入肾移植患者977例。8篇文献招募了来自

中国的病例,其余3篇文献^[10-12]涉及来自印度、巴西和罗马尼亚的病例。1篇文献^[10]为前瞻性研究,其余均为回顾性研究。其中涉及的病例平均年龄 <50 岁,所有文献均描述了其分组依据及肾功能障碍的诊断标准。纳入文献的一般信息和病例特征见表1。所有纳入文献的超声造影剂均使用声诺维(SonoVue,意大利Bracco公司)。ROI位置选择时均包括了肾皮质部分,但是ROI的大小不尽相同。所有文献均未报道超声造影剂引发的相关不良事件。纳入文献的CEUS设备及参数设置见表2。

三、文献质量评估

NOS量表评估纳入文献质量得分6~8分。见表3。所有文献均有可靠的CEUS结果记录。影响结果的主要混杂因素为入组患者的年龄、性别、体质量指数、是否高血压、既往肾透析时间、供肾来源、冷缺血时间。其中,1篇文献^[12]控制了两组患者间的年龄、性别等混

表1 纳入文献的基本信息和病例特征

第一作者	发表年份	国家	研究类型	样本量(例)	患者年龄(岁)	男性占比(%)	分组情况	分组依据	肾组织活检	供肾来源中活体器官捐赠占比(%)	CEUS检查时间
Araújo ^[10]	2018	巴西	前瞻性	29	46.14±12.51	-	DGF组、EGF组	是否需要透析	否	100	移植术后7-14 d
Elec ^[11]	2020	罗马尼亚	回顾性	19	50.00±11.85	57.9	DGF、组EGF组	肾功能或是否需要透析	否	0	移植术后5-7 d
Goyal ^[12]	2020	印度	回顾性	105	34.1±13.7	81.0	移植功能障碍组、对照组	肾功能或活检	部分	86.7	移植术后3-10 d
Song ^[13]	2022	中国	回顾性	89	15.3±4.4	79.8	DGF组、NGF组	肾功能或是否需要透析	否	29.2	移植术后1 d
Yang ^[14]	2023	中国	回顾性	78	43±11	61.5	功能障碍组、正常组	肾功能	部分	100	移植术后20(12-118)d
张蔚蓝 ^[15]	2023	中国	回顾性	212	42.6±10.2	61.8	DGF组、EGF组	肾功能或是否需要透析	否	-	移植术后1周
戴云 ^[16]	2023	中国	回顾性	133	37.89±11.05	69.9	肌酐升高组、肌酐正常组	肾功能	否	-	移植术后5-14 d或3个月
冯梓燕 ^[17]	2022	中国	回顾性	86	42.8±10.9	76.7	DGF组、NGF组	肾功能或是否需要透析	否	-	移植术后3-5 d
李凤 ^[18]	2022	中国	回顾性	116	42.36±11.09	55.2	DGF组、NGF组	肾功能或是否需要透析	否	-	-
张意珍 ^[19]	2021	中国	回顾性	50	44.9±11.3	62.0	DGF组、NGF组	肾功能或是否需要透析	否	0	移植术后3 d
刘洪 ^[20]	2021	中国	回顾性	60	18-60	76.7	DGF组、IGF组	是否需要透析	部分	35	移植术后1-6个月

-示未进行报道。CEUS:超声造影;DGF:移植肾功能延迟恢复;EGF:早期移植肾功能;NGF:移植肾功能正常;IGF:移植肾功能正常恢复

表2 纳入文献的CEUS设备及参数设置

第一作者	CEUS设备	定量分析软件	探头频率(MHz)	机械指数	造影剂剂量(ml)	超声图像录制时间(s)	ROI位置	ROI面积(cm ²)
Araújo ^[10]	东芝 Aplio400	CHI-Q	3.5	0.07	2.4	>60	包膜下皮质	-
Elec ^[11]	GE Logiq E9	VueBox 6.1	1.5~6.0	0.09~0.11	1.6	120	肾实质	-
Goyal ^[12]	声科 Aixplorer	VueBox Version 7.2	1~6	-	2.4	120	皮质	0.1
Song ^[13]	Philips CX50	Qlab	2.0~5.0	0.07	2.4	90	皮质、髓质	0.05
Yang ^[14]	Philips EPIQ5	Qlab	-	<0.6	0.8	120	肾皮质中外带	0.25
张蔚蓝 ^[15]	GE Logiq 9	内置软件	2.5~5.0	0.10~0.15	2.4	-	肾皮质	1
戴云 ^[16]	西门子 Acuson Sequoia 512	SonoLiver	1~4	0.1	2.0	120	肾中部皮质	0.25
冯梓燕 ^[17]	西门子 Acuson S2000	内置软件	-	-	-	-	肾中段的皮质	1
李凤 ^[18]	GE Logiq E9	内置软件	2.5~6.0	-	2.4	120	朝向肾门的边缘皮质	1
张意珍 ^[19]	迈瑞 Resona 7S	-	1.7~8.3	-	1.2	120	包膜下肾皮质	-
刘洪 ^[20]	Philips iU Elite	Qlab	1~5	1.2	1.2	60	肾皮质	0.4

-示未进行报道。CEUS:超声造影;ROI:感兴趣区

表3 纳入文献的质量评价

第一作者	选择			可比性			结局		总分(分)
	暴露组的代表性	非暴露组的选择	暴露的定义	研究开始前没有研究对象发生结局	基于设计或分析的队列可比性	结局的评估	随访时间是否足够长	随访的完整性	
Araújo ^[10]	*	*	*	*	-	*	*	*	7
Elec ^[11]	*	*	*	*	-	*	-	*	6
Goyal ^[12]	*	*	*	*	-	*	-	*	6
Song ^[13]	*	*	*	*	*	*	*	*	8
Yang ^[14]	*	*	*	*	*	*	*	*	6
张蔚蓝 ^[15]	*	*	*	*	*	*	*	*	8
戴云 ^[16]	*	*	*	*	*	*	*	*	8
冯梓燕 ^[17]	*	*	*	*	-	*	-	*	6
李凤 ^[18]	*	*	*	*	*	*	-	*	7
张意珍 ^[19]	*	*	*	*	*	*	*	*	8
刘洪 ^[20]	*	*	*	*	*	*	-	*	7

-示不满足该条目评分

杂因素;4篇文献^[10-11,14,19]控制了供肾来源,全部来源于活体或尸体;5篇文献^[12-13,15,17-18]描述了CEUS检查由固定的高年资医师完成,并完成CEUS数据的分析,控制了操作者因素的影响。QUADAS-2评价文献总体质量为中至高等,偏倚风险低且临床适用性高。纳入的所有文献均清晰描述了病例的来源及选择过程,其中3篇文献^[12,14,20]因进行了部分活检具有较高的偏倚风险,1篇文献^[18]因未描述CEUS检查时间在流域和时间域存在很大的偏倚风险。见图1。

四、Meta分析结果

1. 分组及CEUS定量参数比较:纳入的11篇文献中,肾功能障碍组340例,肾功能稳定组637例。与肾功能稳定组比较,肾功能障碍组AUC、PI均减低,TPP延长,差异均有统计学意义[SMD=-1.01(95%可信区间:-1.38~-0.63)、-0.75(95%可信区间:-1.07~-0.43)、0.33(95%可信区间:0.02~0.63),均P<0.05];两组AT、RT、MTT比较差异均无统计学意义。见图2。

2. 亚组分析:根据使用造影剂剂量的不同对CEUS参数PI进行亚组分析,结果显示,使用大剂量造影剂(≥2.4 ml,大剂量组)的3篇文献^[13,15,18]及小剂量造影

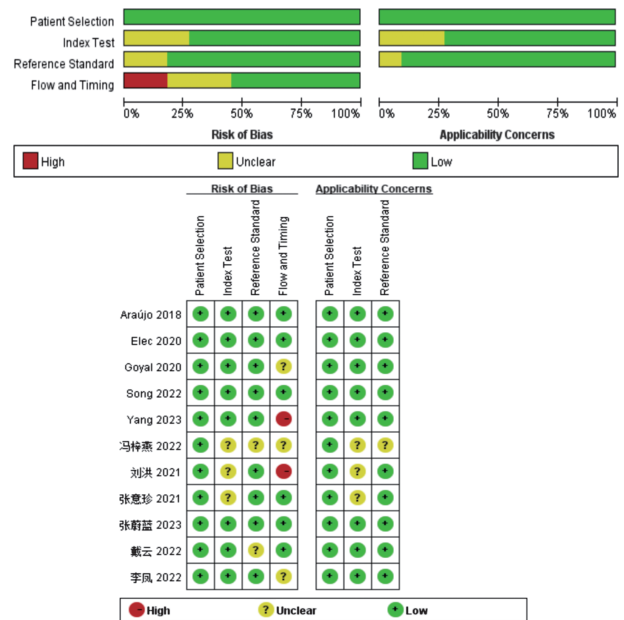


图1 纳入文献的偏倚风险评价

剂(<2.4 ml,小剂量组)的4篇文献^[14,16,19-20]中,肾功能障碍组PI均仍低于肾功能稳定组,差异均有统计学意义[SMD=-0.49(95%可信区间:-0.83~-0.14)、-0.98(95%可信区间:-1.22~-0.73),均P<0.05]。见图3。

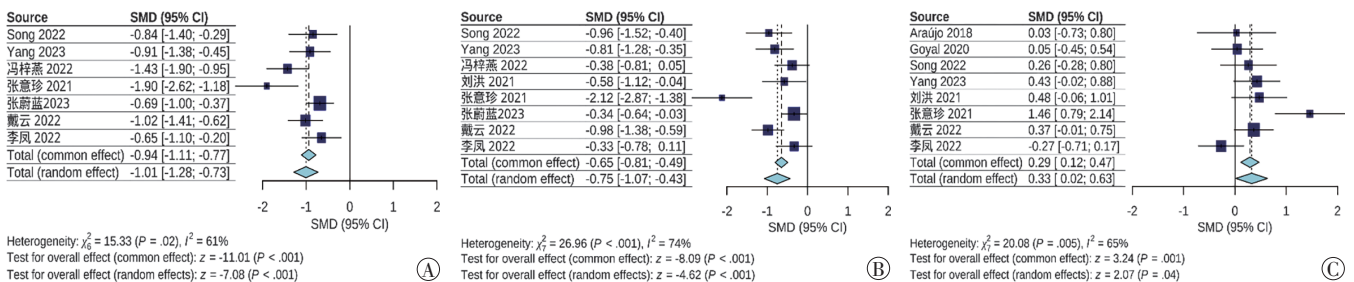
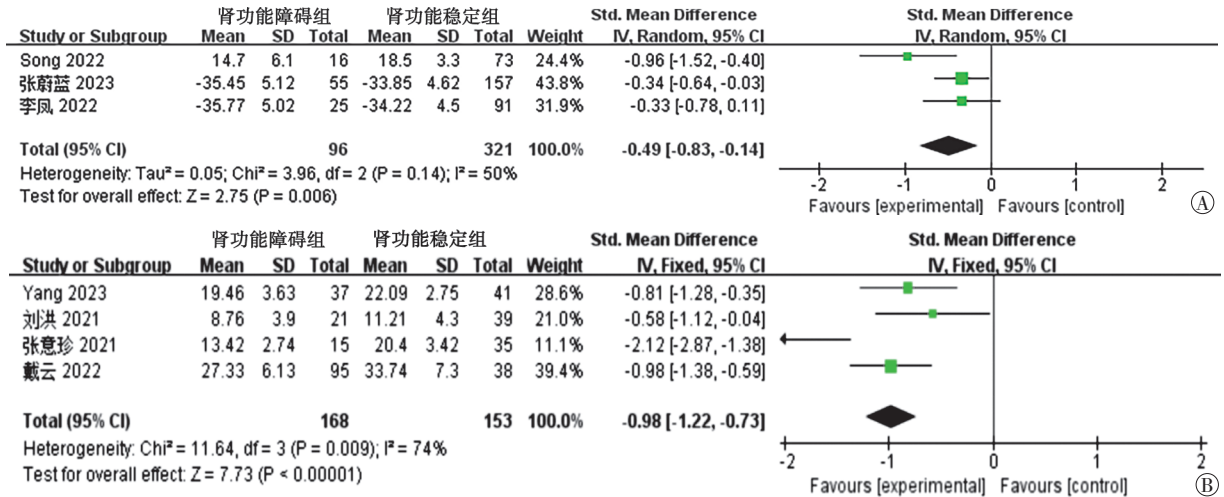


图2 CEUS定量参数的Meta分析森林图

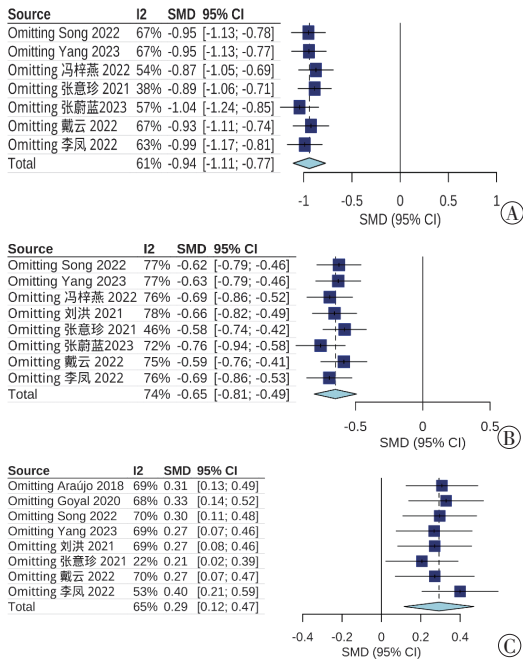
A: AUC; B: PI; C: TTP



A: 大剂量组; B: 小剂量组

图3 亚组分析森林图

3. 敏感性分析: 采用分段排除法对基本特性和 CEUS 定量参数进行敏感性分析, 排除张意珍等^[19]文献后, CEUS 定量参数 AUC、PI、TTP 的 I² 值分别由 61%、74%、65% 降低为 38%、46%、22%, 表明该文献可能是异质性的来源。排除该文献后, 与肾功能稳定组比较, 肾功能障碍组 AUC、PI 仍减低, TTP 延长, 差异均有统计学意义 [SMD=-0.89(95% 可信区间: -1.06~-0.71)、-0.58(95% 可信区间: -0.74~-0.42)、0.21(95% 可信区间: 0.02~0.39), 均 P<0.05]。见图 4。



A: AUC; B: PI; C: TTP

图4 CEUS 定量参数的敏感性分析

讨论

肾组织穿刺活检被认为是肾移植术后肾功能障

碍病因诊断“金标准”, 但其属于有创操作, 可能会加剧移植肾损伤, 且肾组织穿刺活检获取肾组织较为局限, 可能无法代表整个移植肾的病变程度。磁共振血管成像可以评估移植肾血管有无狭窄, 核素肾动态显像可以显示分肾功能, 然而这两种检查费用昂贵, 且后者还具有电离辐射、造影剂有肾毒性等, 限制了其临床应用。因此, 移植术后早期通过无创检查技术评价移植肾功能十分重要。研究^[21-22]表明, CEUS 在诊断肾移植术后肾皮质功能方面具有较高的准确性。本研究通过 Meta 分析 CEUS 在定量评价肾移植术后肾皮质功能的临床价值, 旨在为临床早期诊断肾移植术后肾功能障碍提供参考。

本研究通过 Meta 分析结合现有的前瞻性及回顾性研究, 对肾移植术后患者的肾皮质微循环灌注变化进行分析。使用全面的检索策略, 经过筛选后纳入了中至高等质量的文献, 并使用 2 个统计软件, 以确保汇总分析结果的可靠性。结果显示, 与肾功能稳定组比较, 肾功能障碍组 AUC、PI 均减低, TTP 延长, 差异均有统计学意义 [SMD=-1.01(95% 可信区间: -1.38~-0.63)、-0.75(95% 可信区间: -1.07~-0.43)、0.33(95% 可信区间: 0.02~0.63), 均 P<0.05]; 两组 AT、RT、MTT 比较差异均无统计学意义, 表明 TTP、PI、AUC 较 AT、RT、MTT 变化更敏感, 是早期诊断肾功能不全的有效指标。提示移植肾功能下降时, 肾皮质时间-强度曲线上缓慢, 皮质区域整体灌注总量减少。分析原因为肾移植术后早期肾小球毛细血管祥内皮下新基底膜形成、内皮下间隙增宽, 以及微循环血管内血栓导致皮质血流灌注阻力增加, 故表现为 PI、AUC 均减低。AUC 是对肾皮质灌注全过程的整体定量评估, 与其他灌注参数

相比参考价值更高。肾功能障碍患者 TTP 较肾功能稳定患者明显延长的原因可能为肾功能障碍时肾内肾单位缺血病变,肾内微血管受损皱缩,微循环阻力增加,导致对比剂显影延迟。因此,CEUS 定量参数可用于预测肾功能障碍的发生,降低移植肾失功等不良事件发生的风险。

本研究 Meta 分析结果的异质性较高,CEUS 定量参数 AUC、PI、TTP 的 I^2 值分别为 61%、74%、65%。在排除张意珍等^[19]文献后, I^2 值降低为 38%、46%、22%,表明该文献可能是异质性的来源。分析原因为张意珍等^[19]研究中肾功能障碍组与肾功能稳定组 CEUS 定量参数 AUC、PI、TTP 的 SMD 均较其他文献更大。同时亚组分析结果显示,在大剂量组及小剂量组中 I^2 值未见明显减少,异质性仍较大,说明造影剂剂量并非异质性产生的来源。综合分析后考虑与下列原因有关:①不同研究使用的超声设备品牌、探头频率不同,且进行 CEUS 检查的医师工作经验不同;②纳入的文献多为回顾性研究,在选择病例及分析 CEUS 定量参数时多未说明是否使用盲法,可能会导致病例的选择偏倚;③各文献中 ROI 大小未统一,可能影响 CEUS 检测结果。

本研究的局限性:①仅纳入了中、英文文献,可能导致语言偏倚;②部分纳入文献^[10-11]的样本量 < 50 例,可能导致研究结果偏倚;③仅 2 篇文献^[14,16]的 CEUS 参数齐全。

综上所述,CEUS 可定量评价肾皮质微灌注的变化,为移植术后肾功能障碍的早期诊断提供参考。

参考文献

- [1] 张小燕,王国辉,韩士超,等.国内外异种器官移植的现状与进展[J].器官移植,2024,15(2):276-281.
- [2] Vink P, Ramon Torrell JM, Sanchez Fructuoso A, et al. Immunogenicity and safety of the adjuvanted recombinant zoster vaccine in chronically immunosuppressed adults following renal transplant: a phase 3, randomized clinical trial [J]. Clin Infect Dis, 2020, 70(2): 181-190.
- [3] Etta PK. Delayed graft function complicated by anuria in a kidney transplant patient [J]. Kidney360, 2022, 3(4): 788-789.
- [4] Winther S, Svensson M, Jørgensen HS, et al. Diagnostic performance of coronary ct angiography and myocardial perfusion imaging in kidney transplantation candidates [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2015, 8(5): 553-562.
- [5] 李建华,冯蕾.超声造影评价肾脏实质血流灌注的研究进展[J].医学综述,2010,16(14):2225-2227.
- [6] 张华,梁伟翔,余江秀,等.超声造影定量分析对移植肾排斥反应的诊断价值[J].中国医学影像学杂志,2014,22(9):678-680,685.
- [7] Lerchbaumer MH, Fischer T, Uluk D, et al. Diagnostic value of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in kidney allografts—12 years of experience in a tertiary referral center [J]. Clin Hemorheol Microcirc, 2022, 82(1): 75-83.
- [8] Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews [J]. BMJ, 2021, 372: n71.
- [9] 唐亮,潘梦文,崔其亮,等.应用 TREC_s 筛查新生儿严重联合免疫缺陷的 Meta 分析 [J]. 中国循证医学杂志, 2023, 23(6): 665-671.
- [10] Araújo NC, Suassuna JHR. Time-intensity curve analysis of contrast-enhanced ultrasound is unable to differentiate renal dysfunction in the early post-transplant period—a prospective study [J]. BMC Nephrol, 2018, 19(1): 351.
- [11] Elec FI, Elec AD, Bolboaca S, et al. Contrast-enhanced ultrasonography in the initial evaluation of the kidney graft function: a pilot study [J]. Med Ultrason, 2020, 22(3): 272-278.
- [12] Goyal A, Hemachandran N, Kumar A, et al. Evaluation of the graft kidney in the early postoperative period: performance of contrast-enhanced ultrasound and additional ultrasound parameters [J]. J Ultrasound Med, 2021, 40(9): 1771-1783.
- [13] Song J, Yao Y, He Y, et al. Contrast-enhanced ultrasonography value for early prediction of delayed graft function in renal transplantation patients [J]. J Ultrasound Med, 2023, 42(1): 201-210.
- [14] Yang W, Mou S, Cui X, et al. Value of conventional ultrasound and contrast-enhanced ultrasound for the assessment of renal allograft dysfunction and prognosis [J]. Clin Transplant, 2023, 37(9): e14999.
- [15] 张蔚蓝,李凤,黄伟俊,等.基于常规超声及超声造影定量参数的 Logistic 回归模型预测移植肾功能延迟恢复的临床价值 [J]. 临床超声医学杂志, 2023, 25(5): 378-383.
- [16] 戴云,徐超丽,宋秋怡,等.常规超声联合超声造影定量评价移植肾血流灌注对生存预后的预测价值 [J]. 东南国防医药, 2022, 24(6): 596-601.
- [17] 冯梓燕,梁思宇,韩伟,等.超声造影在移植肾功能延迟恢复中的应用 [J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2022, 43(4): 412-418.
- [18] 李凤,张蔚蓝,黄伟俊,等.超声及超声造影定量分析在移植肾术后肾功能延迟恢复评价中的应用 [J]. 海南医学, 2022, 33(4): 494-497.
- [19] 张意珍,马苏亚,谢晓红,等.超声造影定量参数早期诊断心脏死亡供体肾移植术后功能延迟的价值 [J]. 现代实用医学, 2021, 33(10): 1313-1315, 1402.
- [20] 刘洪,刘东亮,周果,等.CEUS 对早期移植肾功能延迟恢复预测价值的临床研究 [J]. 实用器官移植电子杂志, 2021, 9(5): 364-371.
- [21] 黄伟俊,李凤,张蔚蓝,等.超声造影在移植肾功能延迟恢复中的应用 [J]. 中国超声医学杂志, 2016, 32(10): 914-917.
- [22] 宋洁琼,张锦程,林世龙,等.超声造影对移植肾功能延迟恢复的早期预测价值 [J]. 中国临床医学, 2021, 28(2): 278-282.

(收稿日期:2024-03-27)