

• 心脏介入 Cardiac intervention •

脉冲场消融与冷冻球囊消融治疗心房颤动的
Meta 分析

邵宝兴, 陈良华, 郝 燕

【摘要】 目的 比较脉冲场消融(pulsed field ablation, PFA)与冷冻球囊消融(cryoballoon ablation, CBA)治疗心房颤动(atrial fibrillation, AF)的有效性及安全性。**方法** 检索 PubMed、Web of Science、Cochrane 及 Embase 数据库获得相关文献,检索时间从建库至 2024 年 5 月 31 日。使用 Stata 18.0 软件进行 Meta 分析。**结果** 共纳入了 12 篇文献。AF 患者 3 765 例,采用 PFA 治疗 1 430 例,采用 CBA 治疗 2 335 例。PFA 组与 CBA 组相比,总手术时间($MD = -0.85, 95\%CI: -1.43 \sim -0.28, P = 0.004$)、膈神经损伤($OR = 0.09, 95\%CI: 0.04 \sim 0.24, P < 0.001$)、食管损伤($OR = 0.20, 95\%CI: 0.04 \sim 0.90, P = 0.036$)方面,差异有统计学意义;X 线透视时间($MD = 0.31, 95\%CI: -0.02 \sim 0.63, P = 0.066$)、房性心律失常复发率($OR = 0.73, 95\%CI: 0.53 \sim 1.01, P = 0.057$)、心包填塞($OR = 2.37, 95\%CI: 0.97 \sim 5.81, P = 0.058$)方面,差异无统计学意义。年龄亚组分析显示,在 ≤ 65 岁患者中,PFA 在减少房性心律失常复发率方面,差异有统计学意义($OR = 0.61, 95\%CI: 0.42 \sim 0.89, P = 0.01$);在 > 65 岁患者中,差异无统计学意义($OR = 1.04, 95\%CI: 0.69 \sim 1.56, P = 0.853$)。**结论** 与 CBA 相比,PFA 手术时间更短、膈神经及食管损伤更少,但 X 线透视时间、房性心律失常及心包填塞等差异无统计学意义。

【关键词】 心房颤动;脉冲场消融;冷冻球囊消融;肺静脉隔离

中图分类号:R541.75 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2025)-004-0362-08

Pulsed field ablation versus cryoballoon ablation in the treatment of atrial fibrillation: a meta-analysis

SHAO Baoxing, CHEN Lianghua, HAO Yan. Department of Cardiology, Affiliated Central Hospital of Shandong First Medical University, Jinan, Shandong Province 250013, China

Corresponding author: HAO Yan, E-mail: haoyan03_08@sina.com

【Abstract】 Objective To compare the effectiveness and safety of pulsed field ablation (PFA) and cryoballoon ablation (CBA) in treating atrial fibrillation (AF). **Methods** A computerized retrieval of academic papers concerning the comparison of the effectiveness and safety between PFA and CBA in treating AF from the databases of PubMed, Web of Science, Cochrane and Embase was conducted. The retrieval time period was from the establishment of the database to May 31, 2024. Stata 18.0 software was used to make meta-analysis. **Results** A total of 12 articles including 3 765 AF patients were included in this analysis. Of the 3 765 AF patients, 1 430 received PFA and 2 335 received CBA. In the PFA group, the total operation time ($MD = -0.85, 95\%CI = -1.43 \text{ to } -0.28, P = 0.004$), the phrenic nerve injury ($OR = 0.09, 95\%CI = 0.04-0.24, P < 0.001$), and the esophageal injury ($OR = 0.20, 95\%CI = 0.04-0.90, P = 0.036$) were statistically significant different from those in the CBA group; while the X-ray fluoroscopy time ($MD = 0.31, 95\%CI = -0.02 \text{ to } 0.63, P = 0.066$), the recurrence rate of atrial arrhythmia ($OR = 0.73, 95\%CI = 0.53-1.01, P = 0.057$), and the incidence of pericardial tamponade ($OR = 2.37, 95\%CI = 0.97-5.81, P = 0.058$) were not significantly different from those in the CBA group. Age-subgroup analysis revealed that in patients ≤ 65 years of age PFA could more remarkably

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2025.04.004

基金项目: 山东省自然科学基金(ZR2022MH158)

作者单位: 250013 山东济南 山东第一医科大学附属中心医院内科(邵宝兴); 山东第一医科大学附属省立医院内科(陈良华、郝 燕)

通信作者: 郝 燕 E-mail: haoyan03_08@sina.com

reduce the recurrence rate of atrial arrhythmia than CBA ($OR = 0.61, 95\%CI = 0.42-0.89, P = 0.01$), while in patients >65 years of age the difference in reducing the recurrence rate of atrial arrhythmia between PFA and CBA was not statistically significant ($OR = 1.04, 95\%CI = 0.69-1.56, P = 0.853$).

Conclusion In treating AF, PFA is superior to CBA in shortening the operation time as well as in reducing the injury of phrenic nerve and esophagus, and there is no significant difference between CBA and PFA in the X-ray fluoroscopy time, the recurrence rate of atrial arrhythmia, and the incidence of cardiac tamponade.

【Key words】 atrial fibrillation; pulse field ablation; cryoballoon ablation; pulmonary vein isolation

冷冻球囊消融(cryoballoon ablation, CBA)治疗心房颤动(atrial fibrillation, AF)已被证明是安全有效的^[1-2]。然而,由于热能的无差别扩散,CBA可能损伤相邻结构(膈神经和食管等)^[3-4]。脉冲场消融(pulsed field ablation, PFA)使用高能电脉冲通过电穿孔诱导细胞死亡,这种新型能源对心肌细胞具有选择性,在保留邻近结构的同时还能足够消融病灶周围^[5-7]。本研究比较 PFA 和 CBA 的手术效率、有效性和安全性。

1 材料与方法

1.1 文献纳入与排除标准

纳入标准:①研究对象为 AF 患者进行首次消融且仅行肺静脉隔离(pulmonary vein isolation, PVI);②消融方式为 PFA 和 CBA;③研究目的为分析 AF 患者不同消融手术的效率、安全性或有效性;④研究类型为随机对照试验和观察性研究。排除标准:①综述、动物实验、病例报告等;②重复消融或接受额外部位(左心房后壁、顶部线、三尖瓣峡部等)消融的文献;③没有直接比较 PFA 与 CBA 的文献;④重复发表的文献。

1.2 干预措施与结局指标

试验组为 PFA,对照组为 CBA。手术效率指标:总手术时间和 X 线透视时间;有效性指标:术后随访的房性心律失常复发率;安全性指标:围手术期并发症(膈神经损伤、食管损伤及心包填塞);房性心律失常复发:90 d 空白期后持续超过 30 s 的房性心律失常。

1.3 文献检索策略

检索 PubMed、Web Of Science、Cochrane、Embase 等数据库;英文检索式:atrial fibrillation OR AF OR non-valvular atrial fibrillation AND irreversible electroporation therapy OR pulsed field ablation OR irreversible electroporation therapies AND thermal ablation OR cryoballoon OR

cryoballoon ablation。截止日期为 2024 年 5 月 31 日。

1.4 文献筛选与资料提取

将检索的文献导入 Zotero 软件去重,阅读文献和摘要进行初筛,排除明显不相关的文献后阅读全文进行复筛。提取资料包括:纳入研究的基本信息、研究对象的基线资料、研究类型、总样本量、试验组数据、对照组数据、随访时间和结局指标。

1.5 文献质量评价

使用纽卡斯尔-渥太华量表(NOS)^[8]评估纳入文献的质量。NOS 评分总分为 9 分, ≥ 7 分为高质量,5~6 分为中等质量, < 5 分为低质量。

1.6 统计学方法

使用 Stata 18.0 软件进行 Meta 分析。采用 Q 检验和 I^2 检验评估纳入文献的统计学异质性,若 $P \geq 0.1$ 且 $I^2 \leq 50\%$ 表明各文献间不存在统计学异质性,采用固定效应模型进行 Meta 分析;若 $P < 0.1$ 或 $I^2 > 50\%$ 表明各文献间存在统计学异质性,采用随机效应模型进行 Meta 分析。若纳入某结局指标的文献 ≤ 7 篇,采用随机效应模型进行 Meta 分析^[9]。对年龄进行亚组分析;对各结局指标进行敏感性分析;对报道某结局指标 > 10 篇的文献,采用 Egger 检验评价其发表偏倚。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 文献检索结果

共检索到相关文献 685 篇,根据纳入和排除标准进行筛选,最终共纳入 12 篇文献^[10-21],文献筛选流程见图 1。

2.2 纳入文献的基本特征和质量评价结果

共纳入 12 篇文献,均为观察性研究;共有 3 765 例患者,其中 PFA 组 1 430 例,CBA 组 2 335 例。纳入文献的基本特征及 NOS 质量评价结果见表 1。

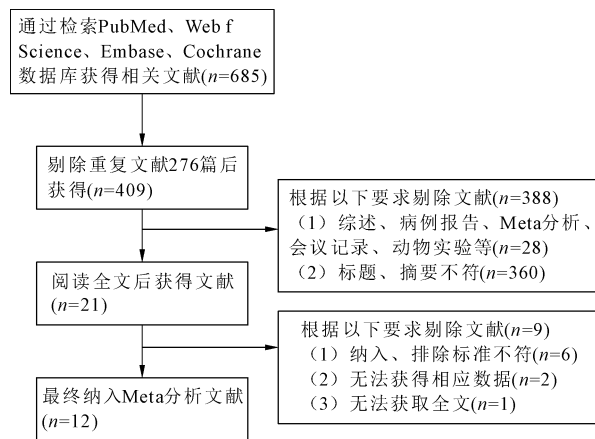


图1 文献筛选流程

2.3 Meta 分析结果

手术效率指标:有 12 项研究^[10-21] 比较了 PFA 和 CBA 的总手术时间,各文献间存在统计学异质性($P<0.001, I^2=97.90\%$),采用随机效应模型进行 Meta 分析,结果显示,PFA 组较 CBA 组总手术时间明显缩短($MD=-0.85, 95\%CI:-1.43\sim-0.28, P=0.004$),见图 2。有 10 项研究^[10-16, 18, 20-21] 比较了 PFA 和 CBA 的 X 线透视时间,各文献间存在统计学异质性($P<0.001, I^2=91.20\%$),采用随机效应模型进行 Meta 分析,结果显示,PFA 组较 CBA 组 X 线透视时间无明显缩短($MD=0.31, 95\%CI:-0.02\sim0.63, P=0.066$),见图 3。

表1 纳入文献的基本特征

参数	Badertscher 等 ^[10]	Della Rocca 等 ^[11]	Schipper 等 ^[12]	Urbanek 等 ^[13]	Chaumont 等 ^[14]	Katov 等 ^[15]
平均年龄(岁)	64	62.1	68	69.5	62	71
男性	115	328	74	226	187	54
LVEF(%)	58±8.8	58.8±5.9	54.1±10.8	NA	无法计算	59±8.5
高血压	99	228	76	273	119	77
糖尿病	18	40	18	61	30	16
中风或 TIA	NA	25	NA	25	15	10
冠心病	15	34	31	55	15	49
LAD(mm)	40±6.4	41.8±4.9	39.2±5.95	40.5±4.25	无法计算	45±5
研究类型	观察性研究	观察性研究	观察性研究	观察性研究	观察性研究	观察性研究
AF 类型(%)	阵发性(64)	阵发性(100)	NA	阵发性(61)	阵发性(73)	NA
PFA 组	106	174	54	200	151	50
CBA 组	75	348	54	200	150	50
随访时间(月)	12	12	12	12	12	NA
手术效率指标	①②	①②	①②	①②	①②	①②
有效性指标	③	③	③	③	无法获取数据	NA
安全性指标	④⑤	④⑤	④⑤⑥	④⑤⑥	④⑤	④⑤
NOS 评分	8	8	8	8	8	7

参数	Maurhofer 等 ^[16]	van de Kar 等 ^[17]	Cochet 等 ^[18]	Grosse Meininghaus 等 ^[19]	Rattka 等 ^[20]	Wahedi 等 ^[21]
平均年龄(岁)	62.4	64.5	无法计算	68	63.5	66
男性	88	1 161	无法计算	31	93	61
LVEF(%)	60±4.7	55	无法计算	NA	55±4.3	NA
高血压	76	NA	无法计算	48	99	65
糖尿病	11	134	无法计算	8	31	11
中风或 TIA	6	NA	无法计算	NA	9	5
冠心病	22	NA	无法计算	NA	NA	20
LAD(mm)	42±3.4	NA	NA	NA	NA	42±7.0
研究类型	观察性研究	观察性研究	观察性研究	观察性研究	观察性研究	观察性研究
AF 类型(%)	阵发性(100)	阵发性(64.6)	阵发性(100)	阵发性(43)	阵发性(55)	阵发性(65)
PFA 组	40	473	18	20	94	50
CBA 组	80	1 241	7	33	47	50
随访时间(月)	12	6	NA	NA	12	NA
手术效率指标	①②	①	①②	①	①②	①②
有效性指标	③	NA	NA	NA	③	NA
安全性指标	④⑤⑥	④⑤	④⑥	④⑤⑥	④⑤	④⑤⑥
NOS 评分	8	8	7	7	8	7

LVEF 为左心室射血分数;TIA 为短暂性脑缺血发作;LAD 为左心房直径;AF 为心房颤动;PFA 为脉冲场消融;CBA 为冷冻球囊消融;①总手术时间;②X 线透视时间;③房性心律失常复发;④膈神经损伤;⑤心包填塞;⑥食管损伤;NA 为未提供;NOS 为纽卡斯尔-渥太华量表

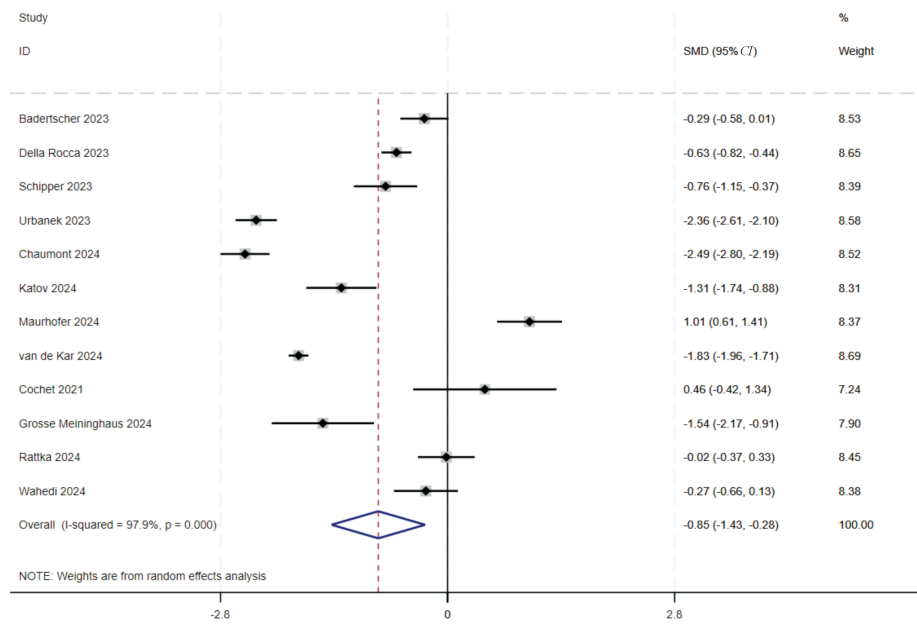


图 2 两组患者总手术时间森林图

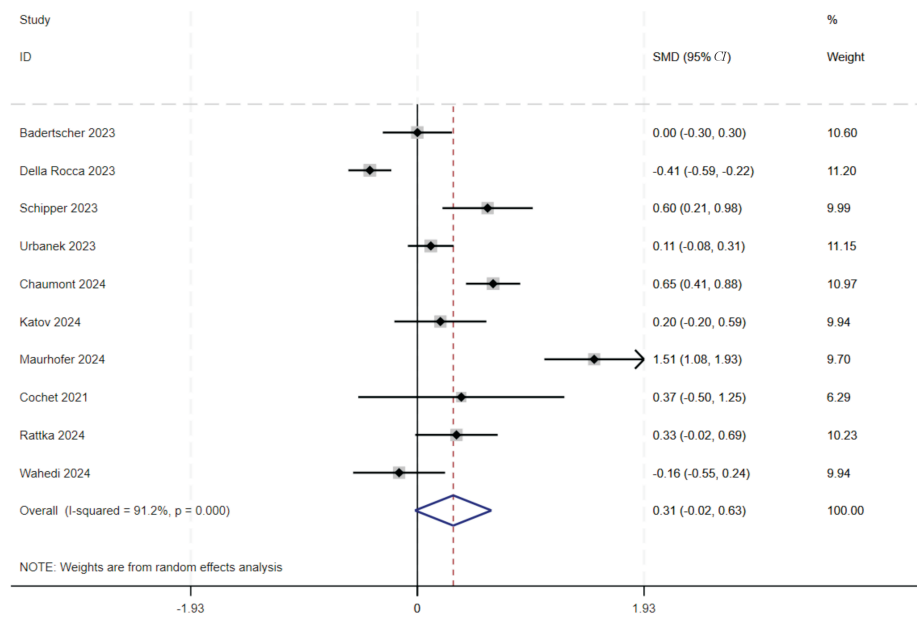


图 3 两组患者 X 线透视时间森林图

有效性指标:有 6 项研究^[10-13,16,20]比较了 PFA 和 CBA 的房性心律失常复发率,各文献间不存在统计学异质性($P = 0.202, I^2 = 31.10\%$),但纳入文献 <7 篇,故采用随机效应模型进行 Meta 分析,结果显示,两组在房性心律失常复发方面差异无统计学意义($OR = 0.73, 95\%CI: 0.53 \sim 1.01, P = 0.057$),见图 4。在房性心律失常复发率方面对平均年龄(≤ 65 岁和 >65 岁)进行了亚组分析,结果在 ≤ 65 岁患者中有 4 项研究^[10-11,14,18]差异有统计学意义($OR = 0.61, 95\%CI: 0.42 \sim 0.89, P = 0.01$),表明在 ≤ 65 岁患者中,PFA 能减少房性心律失常复发;

在 >65 岁患者中有 2 项研究^[12-13]差异无统计学意义($OR = 1.04, 95\%CI: 0.69 \sim 1.56, P = 0.853$),表明在 >65 岁患者中,PFA 与 CBA 在减少房性心律失常复发率方面无差异,见图 5。

安全性指标:有 12 项研究^[10-21]比较了 PFA 和 CBA 的膈神经损伤,各文献间不存在统计学异质性($P = 0.979, I^2 = 0\%$),采用固定效应模型进行 Meta 分析,结果显示,PFA 组较 CBA 组在膈神经损伤方面差异有统计学意义($OR = 0.09, 95\%CI: 0.04 \sim 0.24, P < 0.001$),见图 6。有 11 项研究^[10-17,19-21]比较了 PFA 和 CBA 的心包填塞,各文献间不存在统

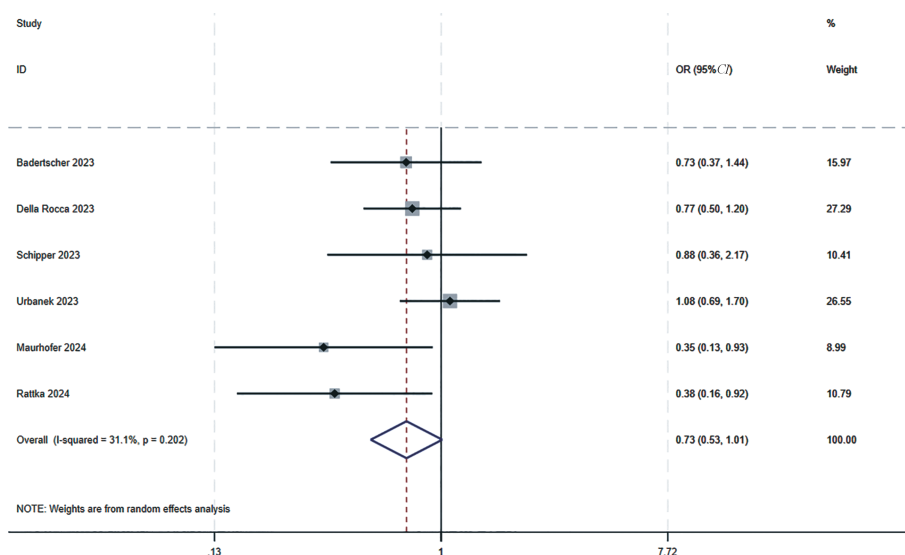


图 4 两组患者术后 3 个月房性心律失常复发率森林图

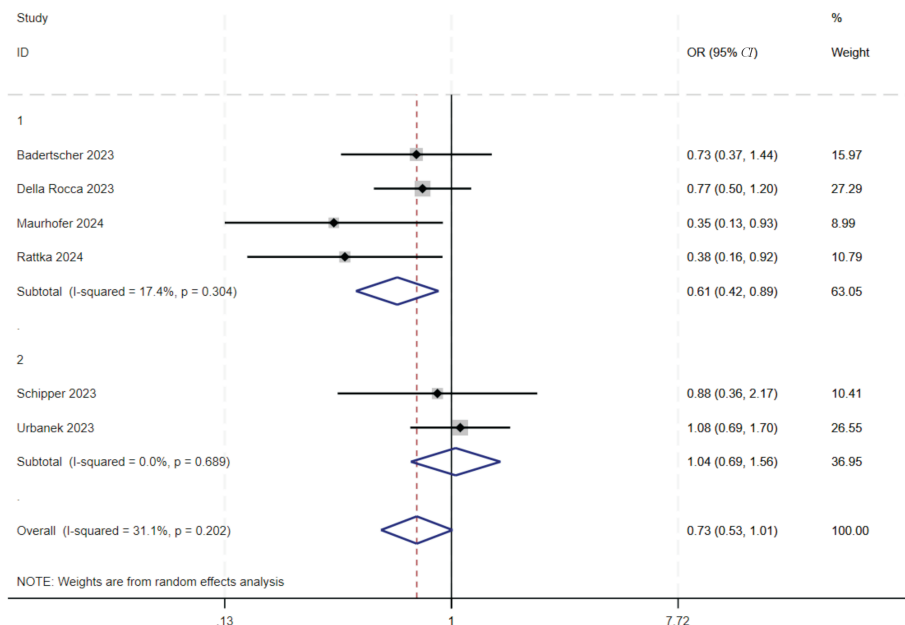


图 5 两组患者术后 3 个月房性心律失常复发率亚组分析森林图

计学异质性 ($P = 0.906$, $I^2 = 0\%$), 采用固定效应模型进行 Meta 分析, 结果显示, PFA 组与 CBA 组在心包填塞方面差异无统计学意义 ($OR = 2.37$, $95\% CI: 0.97 \sim 5.81$, $P = 0.058$), 见图 7。有 6 项研究^[12-13, 16, 18-19, 21]比较了 PFA 和 CBA 的食管损伤, 各文献间不存在统计学异质性 ($P = 0.265$, $I^2 = 24.60\%$), 但纳入文献 < 7 篇, 故采用随机效应模型进行 Meta 分析, 结果显示, PFA 组与 CBA 组在食管损伤方面差异有统计学意义 ($OR = 0.20$, $95\% CI: 0.04 \sim 0.90$, $P = 0.036$), 见图 8。

2.4 敏感性分析

对各结局指标进行敏感性分析均基本一致, 表

明结果稳定可靠。以总手术时间为例的分析结果见图 9。

2.5 发表偏倚分析

对总手术时间、膈神经损伤及心包填塞结局指标进行 Egger 检验评价发表偏倚, 其中总手术时间和心包填塞无明显发表偏倚 ($P = 0.128, 0.787$), 而膈神经损伤有明显发表偏倚 ($P = 0.002$)。

3 讨论

PFA 利用了细胞不可逆电穿孔原理。在手术导航下, 微创针电极定位到目标组织周围, 高压脉冲在电极附近的空里传递, 在细胞膜上产生大量纳

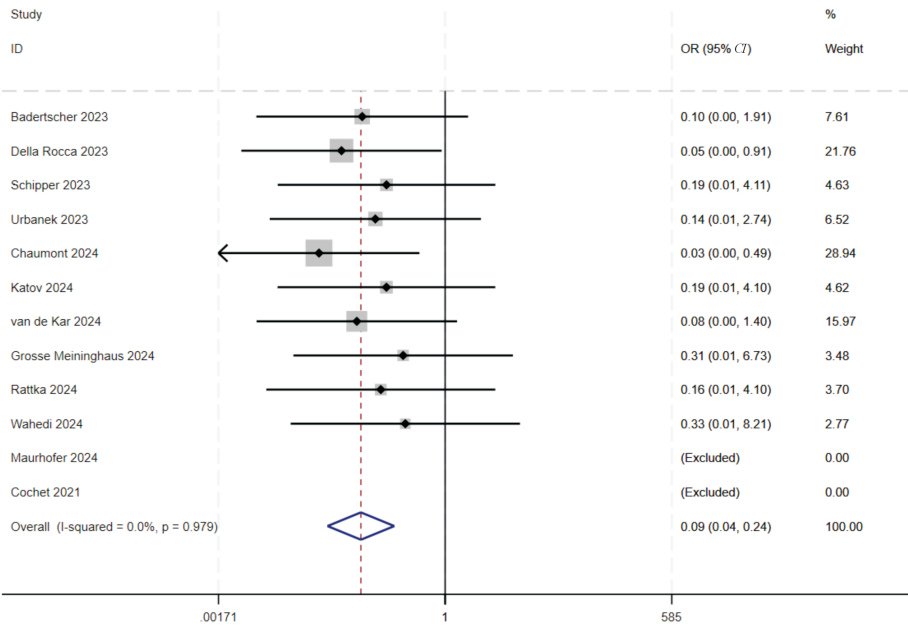


图 6 两组患者术后膈神经损伤森林图

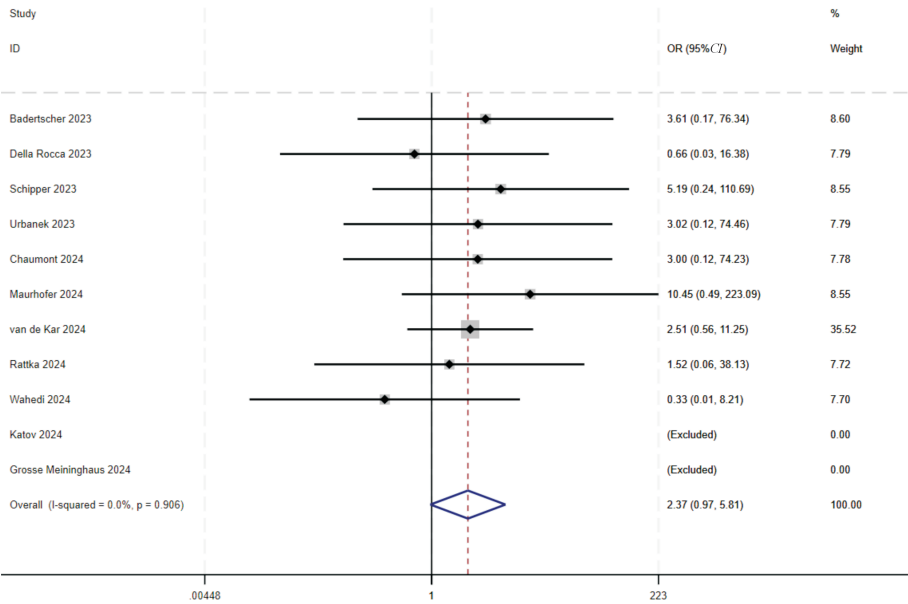


图 7 两组患者术后心包填塞森林图

米级的不可逆电穿孔,导致细胞程序性死亡,使目标区域的组织被消融^[7]。PFA 有组织选择性,这是因为不同类型细胞的消融阈值存在显著差异。心肌细胞具有较低的阈值,因此可以使用较低的电场强度实现消融,而消融区域内血管和神经具有较高的阈值,因此得以保存。这种独特的非热消融机制,使消融区域内的重要结构不被损伤,并可促进治疗后的组织恢复和功能再生,使 PFA 与 CBA 等传统消融技术不同。CBA 是点对点射频消融术(RFA)的一种替代方案,使用一氧化二氮气体作为冷却剂实现 PVI^[22]。

本 Meta 分析显示,与 CBA 相比,PFA 的总手术时间更短。除了可能减少费用和提升医患双方的满意度外,缩短总手术时间还可减少术后认知功能障碍的发生^[23]。本 Meta 分析中的某些研究比较了有标测的 PFA 和无标测的 CBA 的手术时间,对分析结果有一定影响。尽管存在这些潜在的偏差,但分析结果仍显示 PFA 组的总体手术时间更短。这种差异可能是由于 CBA 期间冷冻前最佳 PVI 有时需要复杂的定位以及相对较长的冷冻时间^[13]。而两种技术的 X 线透视时间无差异,表明两种技术都依赖于 X 线透视引导在左心房内导航。

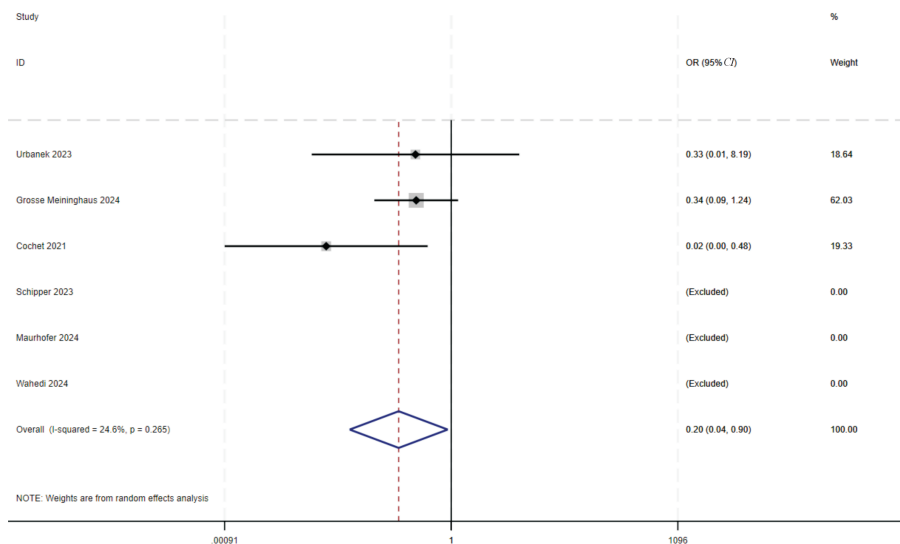


图 8 两组患者术后食管损伤森林图

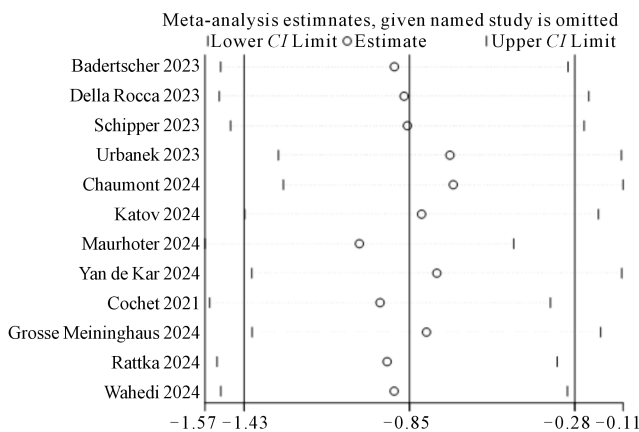


图 9 两组患者总手术时间敏感性分析图

在阵发性 AF 患者中, CBA 可使 70%~80% 的患者在 1 年内无房性心律失常复发^[22]。ADVENT 试验^[24]对阵发性 AF 患者的 PFA 和传统热消融进行了比较, 发现 PFA 的一年成功率为 73%, 接受热消融的患者为 71%。本 Meta 分析发现 PFA 组与 CBA 组的房性心律失常复发率差异无统计学意义。在房性心律失常复发率的 6 项研究中, 有 5 项研究^[10-12, 16, 20]表明 PFA PVI 后复发率较低, 另 1 项研究^[13]表明 PFA PVI 后复发率较高, 主要是由于 PFA 组有更多的持续性 AF。仅对阵发性 AF 患者进行分析时, CBA 组和 PFA 组的 1 年预后相似 ($P=0.72$)。此外, 对 6 项研究进行年龄分析, 结果在 ≤ 65 岁患者中, PFA 能减少房性心律失常复发; 在 >65 岁患者中, PFA 与 CBA 在减少房性心律失常复发方面没有差异。这主要是由于随着年龄的增大, 高血压、瓣膜病、肥厚型心肌病、甲状腺功能亢进及肺心病等增多。此外, 年龄越大, 左心房的结构重

塑及电重塑会更加严重^[25]。

PFA 技术的关键在于其能够选择性地靶向特定组织, 这有助于最大限度地减少对邻近结构的损伤, 降低并发症的风险。本 Meta 分析表明, 与 PFA 组相比, CBA 组膈神经损伤和食管损伤的发生率较高。主要是由于 CBA 使用极低温, 累及膈神经和食管的风险较高^[26]。相比之下, PFA 使用非热能脉冲, 选择性地靶向心肌细胞, 并最大限度地降低膈神经损伤和食管损伤的风险^[27]。PFA 后心包填塞发生率较高, 需要引起重视。由于 FARADRIVE™ 可控鞘的外径为 16.8 F, 可能会增加创伤风险。

本 Meta 分析的局限性: ①由于 PFA 与 CBA 的随机对照试验较少, 只纳入了观察性研究。②在不同的研究中, 各结局指标的定义可能存在一定的差异, 导致本研究结果存在一定的偏差。如 Van de Kar 等^[17]将手术时间定义为从到达手术室到离开手术室的时间, 而 Della Rocca 等^[11]将其定义为从穿刺到导管取出的时间。此外, 研究之间消融方案的差异, 如 CBA 策略、麻醉类型和随访期不同, 也会导致一定的偏差。房性心律失常复发是通过随访结束时复发的总数来估计的, 没有考虑复发的时间。③本研究仅使用了 FARAPULSE™ PFA 系统。

[参考文献]

- [1] Lippi G, Sanchis-Gomar F, Cervellin G. Global epidemiology of atrial fibrillation: an increasing epidemic and public health challenge[J]. Int J Stroke, 2021, 16: 217-221.
- [2] January CT, Wann LS, Calkins H, et al. 2019 AHA/ACC/

- HRS focused update of the 2014 AHA/ACC/HRS guideline for the management of patients with atrial fibrillation; a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society[J]. *Heart Rhythm*, 2019, 16; e66-e93.
- [3] Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al. 2020 ESC guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European association for cardio-thoracic surgery(EACTS)[J]. *Eur Heart J*, 2021, 42: 373-498.
- [4] 蔡谦谦, 李天成, 周蓉, 等. 冷冻球囊消融与射频消融治疗阵发性心房颤动效果 Meta 分析[J]. *介入放射学杂志*, 2017, 26: 109-113.
- [5] 张明悦, 叶萍, 刘春苹. 脉冲场心脏消融研究进展[J]. *中国心血管杂志*, 2023, 28: 71-74.
- [6] Stewart MT, Haines DE, Miklavcic D, et al. Safety and chronic lesion characterization of pulsed field ablation in a Porcine model[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2021, 32: 958-969.
- [7] Yavin H, Brem E, Zilberman I, et al. Circular multielectrode pulsed field ablation catheter lasso pulsed field ablation; lesion characteristics, durability, and effect on neighboring structures[J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2021, 14; e009229.
- [8] Stang A. Critical evaluation of the newcastle-ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses[J]. *Eur J Epidemiol*, 2010, 25: 603-605.
- [9] von Hippel PT. The heterogeneity statistic I(2) can be biased in small meta-analyses[J]. *BMC Med Res Methodol*, 2015, 15: 35.
- [10] Badertscher P, Weidlich S, Knecht S, et al. Efficacy and safety of pulmonary vein isolation with pulsed field ablation vs. novel cryoballoon ablation system for atrial fibrillation[J]. *Europace*, 2023, 25; euad329.
- [11] Della Rocca DG, Marcon L, Magnocavallo M, et al. Pulsed electric field, cryoballoon, and radiofrequency for paroxysmal atrial fibrillation ablation: a propensity score-matched comparison[J]. *Europace*, 2023, 26; euae016.
- [12] Schipper J, Dittrich S, Erhoefer S, et al. Comparison of pulsed field ablation and cryoballoon ablation in atrial fibrillation[J]. *Europace*, 2023; 25.
- [13] Urbanek L, Bordignon S, Schaack D, et al. Pulsed field versus cryoballoon pulmonary vein isolation for atrial fibrillation: efficacy, safety, and long-term follow-up in a 400-patient cohort[J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2023, 16: 389-398.
- [14] Chaumont C, Hayoun C, Savoure A, et al. Pentaspline pulsed field ablation catheter versus cryoballoon for atrial fibrillation ablation; results from a prospective comparative study[J]. *J Am Heart Assoc*, 2024, 13; e033146.
- [15] Katov L, Teumer Y, Bothner C, et al. Pulmonary vein isolation with pulsed field ablation and size-adjustable cryo-balloon; a comparative procedural analysis of first-time use[J]. *J Clin Med*, 2024, 13; 3113.
- [16] Maurhofer J, Kueffer T, Madaffari A, et al. Pulsed-field vs. cryoballoon vs. radiofrequency ablation: a propensity score matched comparison of one-year outcomes after pulmonary vein isolation in patients with paroxysmal atrial fibrillation[J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2024, 67; 389-397.
- [17] van de Kar MRD, Slingerland SR, van Steenberghe GJ, et al. Pulsed field versus cryoballoon ablation for atrial fibrillation; a real-world observational study on procedural outcomes and efficacy[J]. *Neth Heart J*, 2024, 32; 167-172.
- [18] Cochet H, Nakatani Y, Sridi-Cheniti S, et al. Pulsed field ablation selectively spares the oesophagus during pulmonary vein isolation for atrial fibrillation[J]. *Europace*, 2021, 23: 1391-1399.
- [19] Grosse Meininghaus D, Freund R, Koerber B, et al. Pulsed-field ablation does not induce esophageal and periesophageal injury; a new esophageal safety paradigm in catheter ablation of atrial fibrillation[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2024, 35: 86-93.
- [20] Rattka M, Mavrakis E, Vlachopoulou D, et al. Pulsed field ablation and cryoballoon ablation for pulmonary vein isolation; insights on efficacy, safety and cardiac function[J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2024, 67; 1191-1198.
- [21] Wahedi R, Willems S, Feldhege J, et al. Pulsed-field versus cryoballoon ablation for atrial fibrillation-Impact of energy source on sedation and analgesia requirement[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2024, 35; 162-170.
- [22] Kuck KH, Brugada J, F rnkranz A, et al. Cryoballoon or radiofrequency ablation for paroxysmal atrial fibrillation[J]. *N Engl J Med*, 2016, 374; 2235-2245.
- [23] Medi C, Evered L, Silbert B, et al. Subtle post-procedural cognitive dysfunction after atrial fibrillation ablation[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 62; 531-539.
- [24] Reddy VY, Gerstenfeld EP, Natale A, et al. Pulsed field or conventional thermal ablation for paroxysmal atrial fibrillation[J]. *N Engl J Med*, 2023, 389; 1660-1671.
- [25] Yang L, Zhang M, Hao Z, et al. Sacubitril/valsartan attenuates atrial structural remodelling in atrial fibrillation patients[J]. *ESC Heart Fail*, 2022, 9; 2428-2434.
- [26] Muthalaly RG, John RM, Schaeffer B, et al. Temporal trends in safety and complication rates of catheter ablation for atrial fibrillation[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2018, 29; 854-860.
- [27] Bradley CJ, Haines DE. Pulsed field ablation for pulmonary vein isolation in the treatment of atrial fibrillation[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2020, 31; 2136-2147.

(收稿日期: 2024-07-11)

(本文编辑: 新宇)