

机械联合徒手胸外按压在院内心搏骤停患者心肺复苏中应用效果的 Meta 分析

张璇¹ 周满红² 朱妮² 廖雪丽¹ 陈琦¹ 陈碧华³

¹ 遵义医科大学附属医院全科医学科, 贵州遵义 563003; ² 遵义医科大学附属医院急诊科, 贵州遵义 563003;

³ 陆军军医大学生物医学工程与影像学系, 重庆 400000

通信作者: 陈琦, Email: zyfychenqi@163.com

【摘要】 目的 系统评价采用机械联合徒手胸外按压与单纯徒手胸外按压对院内心搏骤停 (IHCA) 患者心肺复苏 (CPR) 结局指标的影响。方法 以“心脏骤停、心搏骤停、心脏停搏、猝死、人工复苏、人工按压、人工胸外按压、徒手心肺复苏、徒手复苏、徒手按压、徒手胸外按压、徒手、人工、复苏仪、复苏机、复苏器、心肺复苏、LUCAS、Autopulse、Thumper、MSCPR-1A”为检索词, 检索从建库开始至 2019 年 3 月 11 日在中国生物医学文献数据库 (CBM)、维普数据库 (VIP)、万方数据库、中国知网数据库 (CNKI) 公开发表的和以“heart arrest、cardiac arrest、cardiopulmonary arrest、Cardiopulmonary Resuscitation、Resuscitation、Cardio-Pulmonary Resuscitation、CPR、compression、mechanical、automatic、automated、load distributing band、LBD、Autopulse、LUCAS”为主题词检索从建库开始至 2019 年 3 月 11 日在美国国立医学图书馆 (PubMed)、荷兰医学文摘 (EMbase)、科学网 (Web of Science)、Cochrane 图书馆等数据库公开发表的机械联合徒手胸外按压在 IHCA 患者 CPR 中应用效果的文献。结局指标包括自主循环恢复 (ROSC) 率、出院存活率、并发症发生率。由 2 名评价者独立提取文献资料, 按照 Cochrane 偏倚风险评价工具对纳入的随机对照试验 (RCTs) 进行质量评价, 对纳入的观察性研究按照文献质量评估表 (NOS) 评估文献质量。使用 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析, 采用漏斗图评估发表偏倚。结果 共纳入 21 篇文献, 其中 RCT 11 篇, 观察性研究 10 篇; 共纳入研究对象 2 005 例。Meta 分析结果显示: 与徒手胸外按压组比较, 联合胸外按压组 ROSC 率和出院存活率均明显升高 [ROSC 率: 优势比 (OR) = 2.50, 95% 可信区间 (95%CI) = 2.03 ~ 3.09, $P < 0.000 01$; 出院存活率: $OR = 2.71$, 95%CI = 1.91 ~ 3.85, $P < 0.000 01$]; 并发症发生率降低 ($OR = 0.30$, 95%CI = 0.13 ~ 0.68, $P = 0.004$)。漏斗图提示, ROSC 无明显发表偏倚; 出院存活率、并发症发生率因纳入研究较少, 无法评估漏斗图的对称性。结论 针对 IHCA 患者采用联合胸外按压可提高 ROSC 率及出院存活率, 降低并发症发生率。建议在对 IHCA 患者实施救治时, 最好采用联合按压方式, 即 CA 早期立即采用徒手胸外按压, 然后尽早更换机械胸外按压装置。

【关键词】 心肺复苏; 机械胸外按压; 徒手胸外按压; 院内心搏骤停; Meta 分析

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金 (81701300)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.05.017

Application effects of mechanical chest compression combined with manual chest compression in cardiopulmonary resuscitation for patients with in-hospital cardiac arrest: a Meta-analysis Zhang Xuan¹, Zhou Manhong², Zhu Ni², Liao Xueli¹, Chen Qi¹, Chen Bihua³

¹Department of General Medicine, Affiliated Hospital of Zunyi Medical University, Zunyi 563003, Guizhou, China;

²Department of Emergency, Affiliated Hospital of Zunyi Medical University, Zunyi 563003, Guizhou, China; ³Department of Biomedical Engineering and Imaging, Army Medical University, Chongqing 400000, China

Corresponding author: Chen Qi, Email: zyfychenqi@163.com

【Abstract】 **Objective** To systematically evaluate the effects of mechanical chest compression (CC) combined with manual CC and single-manual CC on the outcome indexes of cardiopulmonary resuscitation (CPR) for patients with in-hospital cardiac arrest (IHCA). **Methods** The relevant publicly published literatures about the effects of mechanical CC combined with manual CC and single-manual CC on the outcome of CPR were searched by using the following Chinese keywords for retrieval: "cardiac arrest, asystole, sudden death, artificial recovery, artificial press, artificial CC, unarmed CPR, unarmed resuscitation, unarmed compressions, unarmed chest compressions, unarmed, artificial, resuscitation instrument, resuscitation machine, resuscitator, CPR, LUCAS, Autopulse, Thumper, MSCPR-1A" in databases such as China Biomedical Literature (CBM), VIP, Wanfang, and China National Knowledge Internet (CNKI) from their dates of foundation to March 11, 2019, and using the following key words in English "heart arrest, cardiac arrest, cardiopulmonary arrest, Cardiopulmonary Resuscitation, Resuscitation, Cardio-Pulmonary Resuscitation, CPR, compression, mechanical, automatic, automated, load distributing band, LBD, Autopulse, LUCAS" to retrieve all the published articles especially concerning the topics on the application effects of mechanical combined with manual CC for IHCA patients' CPR in the America National Library database (PubMed), Excerpta Medica (EMbase), Web of Science, and Cochrane Library from the establishment of the databases to March 11, 2019. The indexes of outcomes included return of spontaneous circulation (ROSC) rate, survival rate after hospital discharge and incidence of complications. The literatures were extracted independently by two reviewers, the qualities of the included randomized controlled trials (RCTs) were evaluated according to the Cochrane bias risk assessment tool, and the qualities of the included observational studies were evaluated according to the literature quality assessment form (NOS). Meta analysis was performed by using RevMan 5.3 software, and publication bias was assessed by using funnel

plot. **Results** Twenty-one studies were enrolled, including 11 RCT articles and 10 observational studies; there were 2 005 participants. The results of this Meta-analysis showed that compared with manual CC, the ROSC rate and after discharge survival rate of IHCA patients were obviously higher in combined CC group [ROSC: odds ratio (*OR*) = 2.50, 95% confidence interval (95%*CI*) = 2.03–3.09, $P < 0.000\ 01$; discharge survival rate: $OR = 2.71$, 95%*CI* = 1.91–3.85, $P < 0.000\ 01$]; the incidence of complications of combined CC was lower than that in single manual CC ($OR = 0.30$, 95%*CI* = 0.13–0.68, $P = 0.004$). The funnel plots indicated that there was no apparent bias in the ROSC; because the enrolled studies were relatively few, it was difficult to evaluate the symmetrical characteristics of the funnel plots for discharge survival rate and the complication rate. **Conclusions** For IHCA patients, combined CC can improve ROSC, discharge survival rate, and reduce the occurrence of complications. It is suggested that during the actual rescue of IHCA patients, it is better to use combined CC, that is to say, manual CC should be adopted immediately in the early stage and then replace the mechanical CC device as soon as possible.

【Key words】 Cardiopulmonary resuscitation; Mechanical chest compression; Manual chest compression; In-hospital cardiac arrest; Meta-analysis

Fund program: Youth Science Foundation Program of National Natural Science Foundation in China (81701300)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.05.017

心搏骤停(CA)是指各种原因引起的心脏泵血功能突然停止,导致全身血液循环中断、呼吸停止和意识丧失的综合征,其发病率较高。我国CA的整体抢救水平较发达国家和地区低,复苏成功率亦不甚理想^[1],低于美国的44%^[2]。心肺复苏(CPR)是抢救CA患者的重要治疗手段,研究表明,早期高质量的胸外按压是CPR成功的关键^[3]。而复苏成功率不高的主要原因是在CPR过程中实施了质量不高的胸外按压^[4]。但实施高质量的徒手胸外按压对施救者的能力及体力是一项巨大的挑战。有研究表明,即使是专业的急救人员,其实际操作过程与标准CPR指南的要求也存在较大的差异,按压频率和深度与理论要求相差甚远^[5]。因此,人们开始重视机械胸外按压装置的作用。然而,目前关于在院内CA(IHCA)患者抢救过程中,只有少量的研究支持使用机械胸外按压装置。Couper等^[6]的系统评价显示低质量的证据支持在IHCA时使用机械胸外按压装置;而Lameijer等^[7]发表的系统评价虽然提示早期使用机械胸外按压装置可改善患者预后,但文献的代表性相对不足。考虑到在实际救治过程中,机械装置部署的延迟性,IHCA均在初期立即采用徒手胸外按压,再更换机械胸外按压。故本研究将机械联合徒手胸外按压与单纯徒手胸外按压进行对比研究,评估在联合胸外按压与徒手胸外按压的优劣。

1 资料和方法

1.1 检索策略:以“心脏骤停、心搏骤停、心脏停搏、猝死、人工复苏、人工按压、人工胸外按压、徒手心肺复苏、徒手复苏、徒手按压、徒手胸外按压、徒手、人工、复苏仪、复苏机、复苏器、心肺复苏、LUCAS、Autopulse、Thumper、MSCPR-1A”为中文检索词,检索从建库开始至2019年3月11日在中国生物医学文献数据库(CBM)、维普数据库(VIP)、万方数据库、中国知网(CNKI)公开发表的文献;以“heart arrest、

cardiac arrest、cardiopulmonary arrest、Cardiopulmonary Resuscitation、Resuscitation、Cardio-Pulmonary Resuscitation、CPR、compression、mechanical、automatic、automated、load distributing band、LBD、Autopulse、LUCAS”为英文检索词检索,检索从建库开始至2019年3月11日在美国国立医学图书馆(PubMed)、荷兰医学文摘(EMbase)、科学网(Web of science)、Cochrane图书馆公开发表的文献。

1.2 纳入标准:①研究类型为临床随机对照试验(RCT)和观察性研究;②研究对象为临床确诊为IHCA,发病后由院内经过规范培训的医务人员为其进行CPR;③根据按压方式不同分为联合胸外按压组和徒手胸外按压组;④主要观察指标为自主循环恢复(ROSC)率、出院存活率、并发症发生率;⑤将全文和摘要形式的文献均纳入本次分析中。

1.3 排除标准:未获得全文;原始数据记录不完整;单纯机械与徒手胸外按压对比的研究;院外CA。

1.4 文献资料提取和质量评价:由2名评价者分别独自检索、阅读所获文献题目及摘要,将不相关的文献排除后,对可能符合纳入标准的文献获取全文并阅读,交叉核对纳入研究的结果,如有分歧通过讨论或与第3位研究员协商确定。资料提取主要包括:①一般资料:作者、发表年份、国家、研究时间、实验类型、使用设备等;②结局指标:ROSC、出院存活率、并发症发生率。综合评价纳入文献,因肋骨骨折为CPR最常见的并发症,故将其作为并发症发生率的观察指标;文中未提及ROSC者,将CPR成功作为ROSC。由2名研究者严格按照Cochrane偏倚风险评价工具对纳入的RCT进行质量评价;对纳入的观察性研究按照文献质量评估表(NOS)进行评价。

1.5 统计学处理:使用Rev Man 5.3软件处理数据,计量资料以优势比(*OR*)及95%可信区间(95%*CI*)

比较结果。对纳入研究结果的异质性采用 I^2 检验,当各研究间无明显统计学异质性时($P>0.1$, $I^2\leq 50\%$)使用固定效应模型进行合并分析。如研究间有统计学异质性($P\leq 0.1$, $I^2>50\%$),则通过亚组分析并使之达到同质后,再通过固定效应模型进行合并分析。采用漏斗图评估发表偏倚。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 文献检索结果:初检共获得 8 271 篇文献,其中英文文献 6 847 篇,中文文献 1 424 篇。经过筛查最终纳入 21 篇^[8-28]文献。

2.2 纳入研究的特征及质量评价:共纳入 21 篇文献,其中 RCT 11 篇^[8-9, 11, 14, 17-18, 20, 25-28],观察性研究 10 篇^[10, 12-13, 15-16, 19, 21-24]。共纳入患者 2 005 例。纳入研究的特征表如表 1。按照 Cochrane 偏倚风险评价工具对纳入的 RCT 研究进行质量评价,评分在 1~3 分;按照 NOS 评分量表对纳入的观察性研究进行质量评价,评分在 5~7 分。

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 ROSC 率(图 1):有 20 篇文献研究^[8-12, 14-28]报告了 ROSC 率,联合胸外按压组 869 例,徒手胸外按压组 852 例,两组 ROSC 率分别为 54.3% 和 33.8%,各研究间无明显统计学异质性($P=0.45$, $I^2=1\%$),故采用固定效应模型合并分析,结果显示,联合胸外按压组 ROSC 较徒手胸外按压组明显升高

($OR=2.50$, $95\%CI=2.03\sim 3.09$, $P<0.000\ 01$)。

2.3.2 出院存活率(图 2):有 8 篇文献研究^[8, 13-14, 18-20, 23, 28]报告了出院存活率,联合胸外按压组 362 例,徒手胸外按压组 592 例,各研究间无明显统计学异质性($P=1.00$, $I^2=0\%$),故采用固定效应模型合并分析,两组出院存活率分别为 34.5% 和 14.7%,结果显示,联合胸外按压组出院存活率较徒手胸外按压组明显升高($OR=2.71$, $95\%CI=1.91\sim 3.85$, $P<0.000\ 01$)。

2.3.3 并发症发生率(图 3):有 4 篇文献研究^[8, 14, 16-17]报告了并发症发生率,联合胸外按压组 253 例,徒手胸外按压组 224 例,各研究间无明显统计学异质性($P=0.31$, $I^2=17\%$),故采用固定效应模型合并分析,两组并发症发生率分别为 3.5% 和 10.7%,结果显示,联合胸外按压组并发症发生率明显低于徒手胸外按压组($OR=0.30$, $95\%CI=0.13\sim 0.68$, $P=0.004$)。

2.4 文献发表偏倚(图 4):漏斗图分析显示,ROSC 呈左右对称的倒漏斗型分布,无明显发表偏倚;出院存活率、并发症发生率因纳入研究较少,无法评估漏斗图的对称性;总体来讲,考虑到本研究纳入研究数量偏少,因此并不能完全排除文献发表偏倚。

3 讨论

本次 Meta 分析共纳入 21 篇文献^[8-28],报告了 ROSC、出院存活率及并发症发生率。结果显示,与徒手胸外按压比较,采用联合胸外按压可提高 IHCA

表 1 机械联合徒手胸外按压在 IHCA 患者 CPR 中应用效果 Meta 分析的纳入文献基本特征

作者	发表年份(年)	国家	研究时间	实验类型	使用设备	样本量(例)	CA 发生时间	机械胸外按压前徒手胸外按压时间	联合/徒手(例/例)	结局指标
Taylor 等 ^[8]	1978	美国	-	RCT	Thumper	50	≤ 10 min	< 10 min	26/24	①②③
Halperin 等 ^[9]	1993	美国	-	RCT	Pneumatic vest device	34	≤ 20 min	-	17/17	①
Gutteridge 等 ^[10]	2012	美国	2010 年至 2011 年	观察性研究	LUCAS	89	-	-	51/38	①
洪海斌等 ^[11]	2013	中国	2010 年至 2012 年	RCT	美国蓝仕威克	33	≤ 5 min	-	18/15	①
黄淳君 ^[12]	2015	中国	2011 年至 2012 年	观察性研究	Autopulse	38	-	≤ 2 min	20/18	①
Spiro 等 ^[13]	2015	英国	2011 年至 2013 年	观察性研究	Autopulse	285	-	-	22/260	②
路小光等 ^[14]	2010	中国	2009 年至 2010 年	RCT	Thumper	150	≤ 10 min	-	76/74	①②③
朱有胜等 ^[15]	2014	中国	2009 年至 2012 年	观察性研究	美国蓝仕威克	150	-	< 15 s	76/74	①
沈耀亮等 ^[16]	2014	中国	2010 年至 2013 年	观察性研究	美国蓝仕威克	101	≤ 2 min	-	54/47	①③
孙立群等 ^[17]	2015	中国	2011 年至 2014 年	RCT	Weil 微型胸外按压机	176	≤ 1 min	< 2 min	97/79	①②
王西富等 ^[18]	2016	中国	2014 年至 2016 年	RCT	LUCAS	95	-	30 min	47/48	①②
成静 ^[19]	2018	中国	2013 年至 2015 年	观察性研究	美国蓝仕威克	158	-	< 15 s	79/79	①②
王原平等 ^[20]	2003	中国	-	RCT	-	42	≤ 10 min	-	20/22	①②
Nasir 等 ^[21]	2012	美国	-	观察性研究	Life-Stat	10	-	-	4/6	①
刘礼彬等 ^[22]	2013	中国	2012 年 1~12 月	观察性研究	Thumper1007	101	< 4 s	-	38/64	①
梁章荣等 ^[23]	2017	中国	2015 年至 2016 年	观察性研究	美国蓝仕威克	90	≤ 3 min	-	45/45	①②
林揆斌等 ^[24]	2017	中国	2010 年至 2016 年	观察性研究	Thumper	106	≤ 3 min	-	49/57	①
刘景峰等 ^[25]	2013	中国	2011 年至 2012 年	RCT	Thumper	32	≤ 3 min	2 min	16/16	①
张玉莲等 ^[26]	2011	中国	2009 年至 2011 年	RCT	Autopulse(zoll)	122	≤ 5 min	-	65/57	①
彭沪等 ^[27]	2012	中国	2010 年至 2011 年	RCT	Autopulse	59	≤ 3 min	5 min	29/30	①
徐伟等 ^[28]	2018	中国	2014 年至 2017 年	RCT	SunLife	84	-	-	44/40	①②

注:①为 ROSC,②为出院存活率,③为并发症发生率;“-”为不详

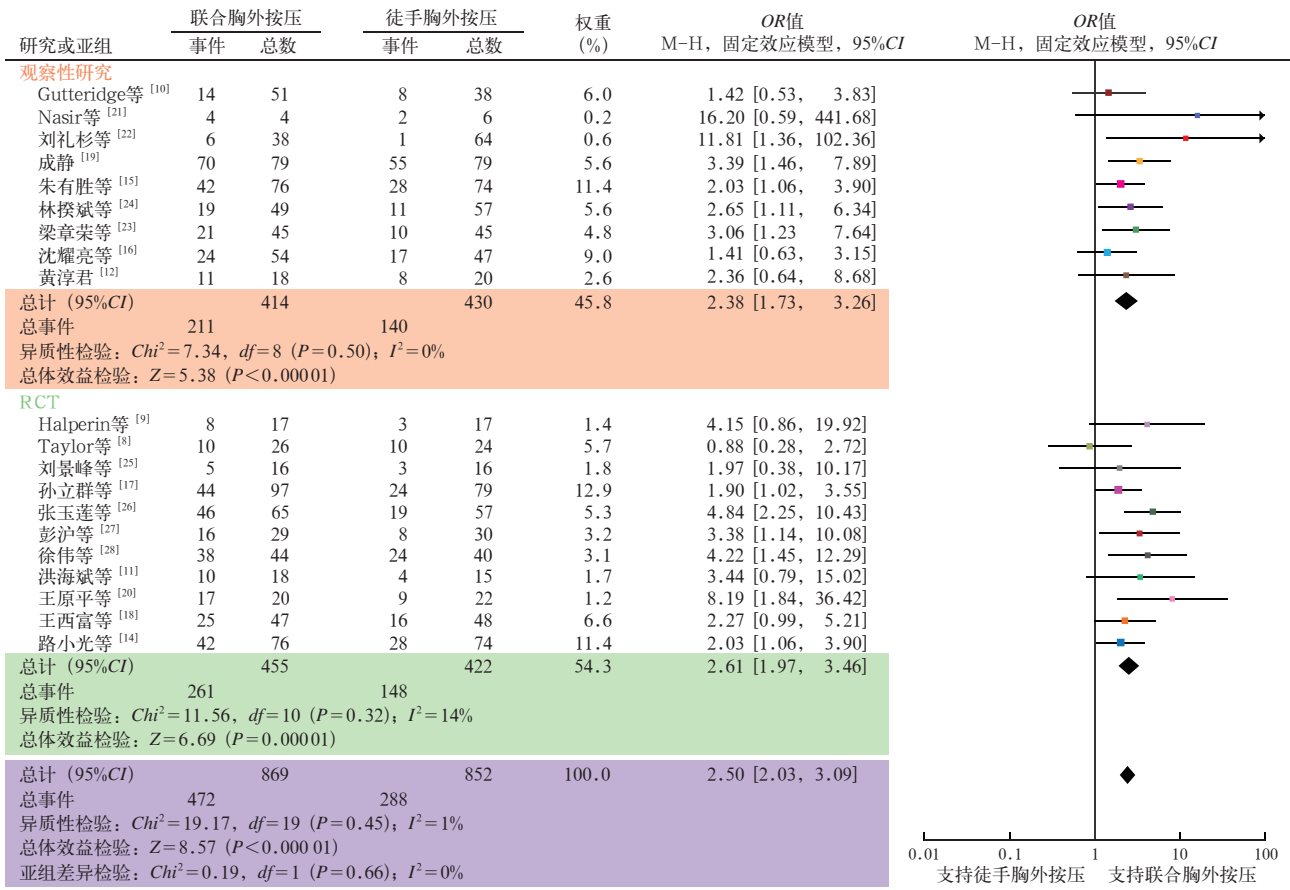


图 1 机械联合徒手胸外按压对比徒手胸外按压对 IHCA 患者 ROSC 率影响的 Meta 分析

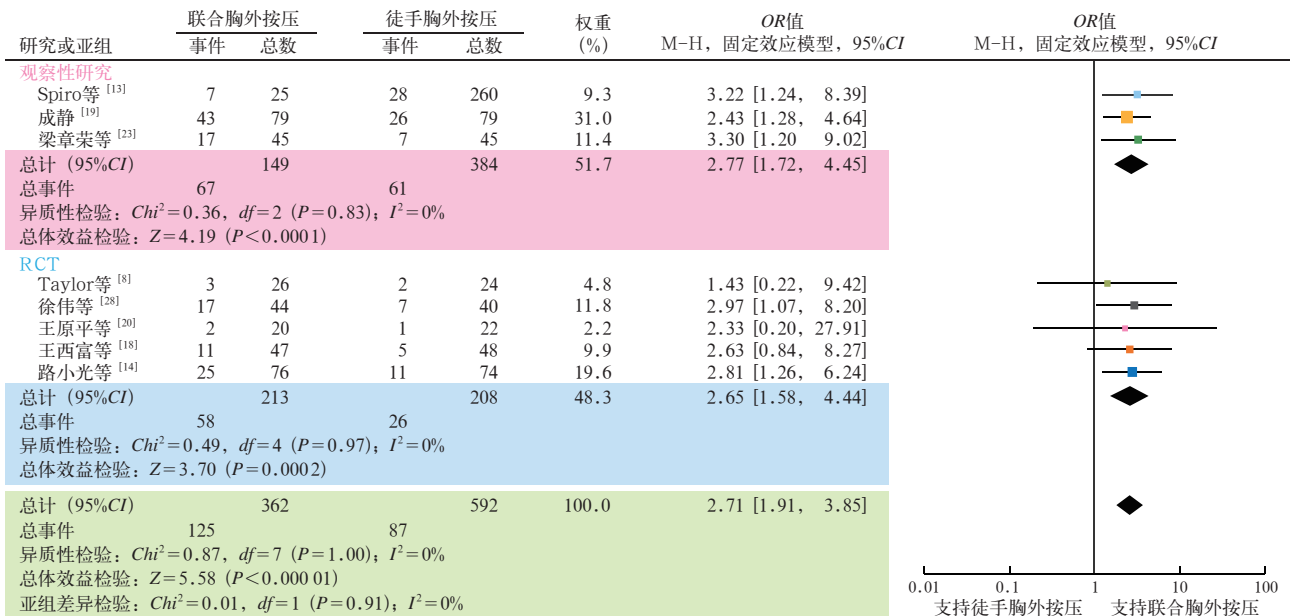


图 2 机械联合徒手胸外按压对比徒手胸外按压对 IHCA 患者出院存活率影响的 Meta 分析

患者 ROSC、出院存活率,降低并发症发生率。本次 Meta 分析显示,在 IHCA 患者 CPR 期间采用联合胸外按压优于徒手胸外按压,这与已被证实了的不推荐在院外 CA 患者中常规使用机械胸外按压装置的研究结果^[29]相反。出现这种明显差异的原因可

能是因为对 IHCA 患者,医护人员可在最短时间开始徒手 CPR,同时由训练有素的团队及时有效地部署机械装置并尽早转为机械胸外按压,从而达到了更有效的复苏效果;而在院外 CA 患者的急救过程中,急救团队到达复苏现场不可避免延迟,机械装置

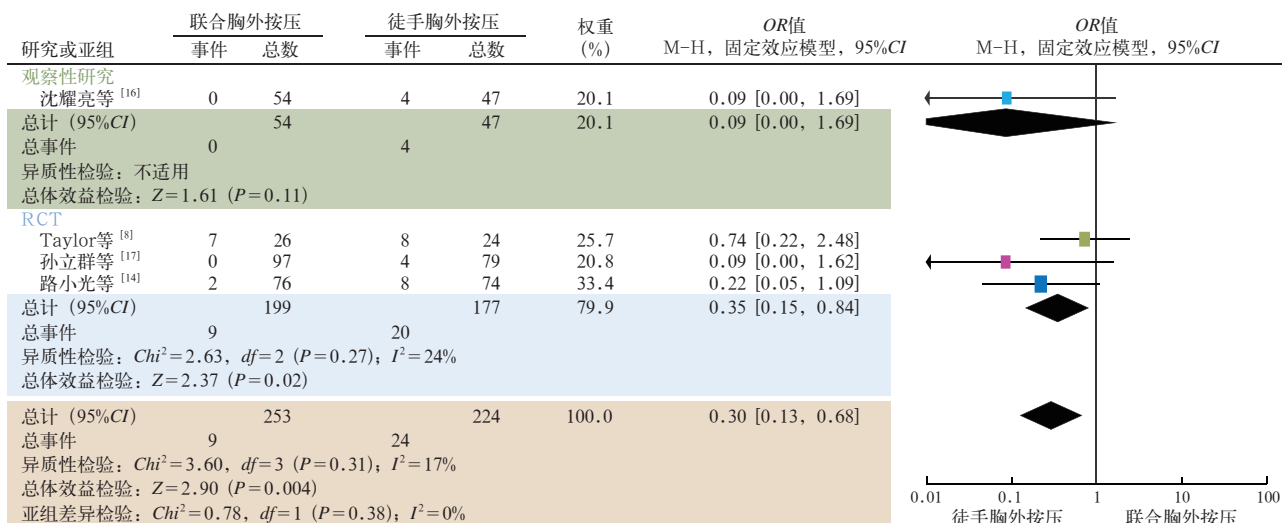


图 3 机械联合徒手胸外按压对比徒手胸外按压对 IHCA 患者并发症发生率影响的 Meta 分析

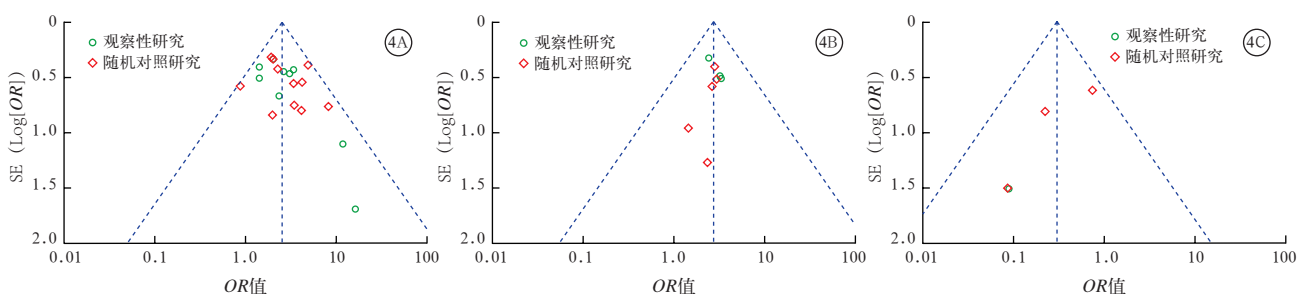


图 4 机械联合徒手胸外按压对比徒手胸外按压对 IHCA 患者 ROSC 率(A)、出院存活率(B)、并发症发生率(C)影响的 Meta 分析漏斗图

的部署也需要一定的时间,从而错过了最佳抢救时机; Bonnes 等^[30]也曾指出,随着急救团队响应时间的延长,机械 CPR 的效益逐渐降低。目前国内外关于在 IHCA 中使用机械胸外按压装置的研究较少。Lameijer 等^[7]发表的在 IHCA 中使用机械胸外按压装置的系统评价纳入了 14 篇文献,其中 9 篇是病例报告或病例分析,且报道的存活率很高,为 39.3% (35/89), 91% 的幸存者神经功能完全恢复,但其采取了相对有限的检索策略,仅检索出了 141 篇文献,存在较大的发表偏倚。Couper 等^[6]进行的在 IHCA 中使用机械胸外按压装置的系统评价和 Meta 分析中,共检索出 2 659 篇文献,通过其他方式检索出了 481 篇,最终确定 9 篇文献,其中 3 篇文献为 RCT, 6 篇文献为观察性研究,并得出在 IHCA 患者中使用机械胸外按压装置与改善 30 d 出院存活率之间有一定联系,而且能提高短期存活率;但每个研究的证据质量均较低。本次 Meta 分析阅读了 Lameijer 等^[7]和 Couper 等^[6]的文章,并阅读其纳入研究,将符合纳入标准的文献继续纳入本次研究中;同时纳入了近年来国内较大部分研究,对我国 CPR 的研究与临床工作有一定指导意义。本次 Meta 分析显示,

在 IHCA 患者急救过程中采用联合胸外按压在提高 ROSC、出院存活率方面优于徒手胸外按压,并发症发生率低于徒手胸外按压,即支持在 IHCA 患者急救过程中使用机械胸外按压装置;与 Lameijer 等^[7]和 Couper 等^[6]的结果相似。但机械装置确实有使用上的局限性,往往不能立即采用。综合评价,对于 IHCA 患者实际救治而言,建议采用联合胸外按压方式。本次评价的局限性:规模较小;在纳入文献的选择上,未对 IHCA 患者进行年龄段以及病因的区分;未明确划分 CA 患者转为机械按压前的徒手按压时间;纳入研究证据质量较低。

参考文献

- [1] Shao F, Li CS, Liang LR, et al. Incidence and outcome of adult in-hospital cardiac arrest in Beijing, China [J]. Resuscitation, 2016, 102: 51-56. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.02.002.
- [2] Peberdy MA, Kaye W, Ornato JP, et al. Cardiopulmonary resuscitation of adults in the hospital: a report of 14 720 cardiac arrests from the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation [J]. Resuscitation, 2003, 58 (3): 297-308. DOI: 10.1016/s0300-9572(03)00215-6.
- [3] 吴黎明. 高质量心肺复苏: 探索与挑战 [J]. 中华危重病急救医学, 2013, 25 (11): 642-645. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.11.002. Wu LM. High-quality cardiopulmonary resuscitation: exploration and challenge [J]. Chin Crit Care Med, 2013, 25 (11): 642-645. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.11.002.
- [4] 王波帆. 公众对心肺复苏急救知识掌握情况的调查 [J]. 中国社区医师 (医学专业), 2010, 12 (13): 219. DOI: 10.3969/j.issn.1007-614x.2010.13.242.

- Wang BF. Investigation on the knowledge of cardiopulmonary resuscitation among the public [J]. *Chin Community Doct*, 2010, 12 (13): 219. DOI: 10.3969/j.issn.1007-614x.2010.13.242.
- [5] 金帅, 赵敏. 两种胸外按压速率下心肺复苏对抢救心脏骤停患者的疗效分析 [J]. *山西医药杂志 (下半月版)*, 2012, 41 (18): 957-958. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9926.2012.18.051.
- Jin S, Zhao M. Analysis of the curative effect of cardiopulmonary resuscitation under two kinds of chest compression rates in the rescue of patients with cardiac arrest [J]. *Shanxi Med J*, 2012, 41 (18): 957-958. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9926.2012.18.051.
- [6] Couper K, Yeung J, Nicholson T, et al. Mechanical chest compression devices at in-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis [J]. *Resuscitation*, 2016, 103: 24-31. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.03.004.
- [7] Lameijer H, Immink RS, Broekema JJ, et al. Mechanical cardiopulmonary resuscitation in in-hospital cardiac arrest: a systematic review [J]. *Eur J Emerg Med*, 2015, 22 (6): 379-383. DOI: 10.1097/MEJ.0000000000000304.
- [8] Taylor GJ, Rubin R, Tucker M, et al. External cardiac compression. A randomized comparison of mechanical and manual techniques [J]. *JAMA*, 1978, 240 (7): 644-646. DOI: 10.1001/jama.240.7.644.
- [9] Halperin HR, Tsilik JE, Gelfand M, et al. A preliminary study of cardiopulmonary resuscitation by circumferential compression of the chest with use of a pneumatic vest [J]. *N Engl J Med*, 1993, 329 (11): 762-768. DOI: 10.1056/NEJM199309033291104.
- [10] Gutteridge D, Talluri SK, Bangalore BS, et al. Measuring survival-to-discharge rates for in-hospital cardiac arrest with the use of the LUCAS-CPR cardiopulmonary resuscitation (CPR) assist device [J]. *J Gen Intern Med*, 2012, 27: 244-245.
- [11] 洪海斌, 庄炯宇, 蔡家骥, 等. 心肺复苏机在急诊 CPR 中对 PetCO₂、有创动脉舒张压的影响探讨 [J]. *中国医药科学*, 2013, 3 (10): 51-52, 72.
- Hong HB, Zhuang JY, Cai JJ, et al. Influence of cardiopulmonary resuscitation machine in emergency CPR on PetCO₂ and wounded artery diastolic pressure [J]. *China Med Pharm*, 2013, 3 (10): 51-52, 72.
- [12] 黄淳君. Autopulse 胸外按压器在急诊心肺复苏中的应用 [J]. *现代实用医学*, 2015, 27 (7): 877-878. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0800.2015.07.021.
- Huang CJ. Application of Autopulse extrathoracic compressor in emergency cardiopulmonary resuscitation [J]. *Mod Pract Med*, 2015, 27 (7): 877-878. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0800.2015.07.021.
- [13] Spiro JR, White S, Quinn N, et al. Automated cardiopulmonary resuscitation using a load-distributing band external cardiac support device for in-hospital cardiac arrest: a single centre experience of AutoPulse-CPR [J]. *Int J Cardiol*, 2015, 180: 7-14. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.11.109.
- [14] 路小光, 康新, 宫殿博, 等. 1007 型萨勃勒心肺复苏机在急诊心肺复苏应用中的前瞻性对照研究 [J]. *中华危重病急救医学*, 2010, 22 (8): 496-497. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2010.08.016.
- Lu XG, Kang X, Gong DB, et al. The clinical efficacy of Thumper modal 1007 cardiopulmonary resuscitation: a prospective randomized control trial [J]. *Chin Crit Care Med*, 2010, 22 (8): 496-497. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2010.08.016.
- [15] 朱有胜, 褚俊, 韩永生, 等. 不同胸外心脏按压方式对老年患者心肺复苏效果的影响 [J]. *中国临床保健杂志*, 2014, 17 (5): 472-474. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6790.2014.05.009.
- Zhu YS, Chu J, Hang YS, et al. The effects of continuous mechanical chest compressions on cardiopulmonary resuscitation in elderly patients with cardiac respiratory arrest [J]. *Chin J Clin Healthcare*, 2014, 17 (5): 472-474. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6790.2014.05.009.
- [16] 沈耀亮, 王晓峰, 叶宏伟. 两种心肺复苏方式的临床效果比较 [J]. *中国处方药*, 2014, 12 (4): 70-71. DOI: 10.3969/j.issn.1671-945X.2014.04.055.
- Shen YL, Wang XF, Ye HW. The comparison of clinical effects of two cardiopulmonary resuscitation methods [J]. *J China Prescr Drug*, 2014, 12 (4): 70-71. DOI: 10.3969/j.issn.1671-945X.2014.04.055.
- [17] 孙立群, 孙伏喜, 周游, 等. 微型胸外按压机对院内心肺复苏过程中血流动力学的影响 [J]. *实用医学杂志*, 2015, 31 (23): 3880-3883. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5725.2015.23.020.
- Sun LQ, Sun FX, Zhou Y, et al. Effect of miniaturized chest compresses on hemodynamics during cardiopulmonary resuscitation in hospital [J]. *J Pract Med*, 2015, 31 (23): 3880-3883. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5725.2015.23.020.
- [18] 王西富, 卢建华. 心肺复苏机在急性冠脉综合征致心脏骤停患者超长心肺复苏中的应用 [J]. *深圳中西医结合杂志*, 2016, 26 (14): 101-103. DOI: 10.16458/j.cnki.1007-0893.2016.14.049.
- Wang XF, Lu JH. Application of cardiopulmonary resuscitation machine in super-long cardio-pulmonary resuscitation in patients with cardiac arrest caused by acute coronary syndrome [J]. *Shenzhen J Integr Tradit Chin West Med*, 2016, 26 (14): 101-103. DOI: 10.16458/j.cnki.1007-0893.2016.14.049.
- [19] 成静. 心肺复苏仪与徒手胸外按压在老年心搏骤停患者复苏中的临床效果 [J]. *中国老年学杂志*, 2018, 38 (12): 2847-2849. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2018.12.013.
- Cheng J. Clinical effect of cardiopulmonary resuscitation instrument and manual chest compression on resuscitation in elderly patients with cardiac arrest [J]. *Chin J Gerontol*, 2018, 38 (12): 2847-2849. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2018.12.013.
- [20] 王原平, 胡凤林, 陈雪珍, 等. 心肺复苏仪胸外心脏按压对心肺复苏成功的影响 [J]. *岭南急诊医学杂志*, 2003, 8 (1): 13-15. DOI: 10.3969/j.issn.1671-301X.2003.01.007.
- Wang YP, Hu FL, Chen XZ, et al. Influence on success in cardiopulmonary resuscitation at external cardiac compress using cardiopulmonary resuscitation instrument [J]. *Lingnan J Emerg Med*, 2003, 8 (1): 13-15. DOI: 10.3969/j.issn.1671-301X.2003.01.007.
- [21] Nasir A, Richman P, Parnia S. A study evaluating the role of automated cardiopulmonary resuscitation in achieving return of spontaneous circulation, optimal cerebral perfusion and neurological outcomes in in-hospital cardiac arrest [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2012, 185: B49. DOI: 10.1164/ajrcm-conference.2012.185.1_MeetingAbstracts.A3153.
- [22] 刘礼杉, 魏蔚. 徒手心肺复苏与心肺复苏机在呼吸心跳骤停患者 CPR 救治中的疗效比较 [J]. *昆明医科大学学报*, 2013, 34 (12): 84-86. DOI: 10.3969/j.issn.1003-4706.2013.12.022.
- Liu LS, Wei W. Comparison of the curative effect of bare-handed cardiopulmonary resuscitation and cardiopulmonary resuscitator in rescue of respiratory and cardiac arrest patients [J]. *J Kunming Med Univ*, 2013, 34 (12): 84-86. DOI: 10.3969/j.issn.1003-4706.2013.12.022.
- [23] 梁章荣, 陈景利, 陆少华, 等. Utstein 模式下心肺复苏仪对心搏骤停患者复苏的临床效果 [J]. *广西医学*, 2017, 39 (6): 815-817. DOI: 10.11675/j.issn.0253-4304.2017.06.17.
- Liang ZR, Chen JL, Lu SH, et al. Clinical effect of cardiopulmonary resuscitation instrument on recovery among patients with cardiac arrest in Utstein mode [J]. *Guangxi Med J*, 2017, 39 (6): 815-817. DOI: 10.11675/j.issn.0253-4304.2017.06.17.
- [24] 林揆斌, 罗秋育. 心肺复苏器在心跳骤停抢救中的应用 [J]. *现代医院*, 2017, 17 (9): 1358-1360. DOI: 10.3969/j.issn.1671-332X.2017.09.034.
- Lin KB, Luo QY. Application of cardiopulmonary resuscitation device in rescue of cardiac arrest [J]. *Mod Hosp*, 2017, 17 (9): 1358-1360. DOI: 10.3969/j.issn.1671-332X.2017.09.034.
- [25] 刘景峰, 段美丽, 苏伟, 等. 呼气末二氧化碳分压评估两种心肺复苏方式的临床效果 [J]. *临床和实验医学杂志*, 2013, 12 (2): 103-104. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4695.2013.02.009.
- Liu JF, Duan ML, Su W, et al. Evaluation of effect of two CPR means by end-tidal carbon dioxide partial pressure [J]. *J Clin Exp Med*, 2013, 12 (2): 103-104. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4695.2013.02.009.
- [26] 张玉莲, 张浩. Autopulse (zoll) 型心肺复苏仪与人工心肺复苏效果比较 [J]. *中国全科医学*, 2011, 14 (35): 4093-4094. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2011.35.030.
- Zhang YL, Zhang H. Comparison between CPR Autopulse (zoll) type of instrument and manual CPR technique in implementing cardiopulmonary resuscitation [J]. *Chin Gen Pract*, 2011, 14 (35): 4093-4094. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2011.35.030.
- [27] 彭沪, 陈远卓, 高成金, 等. 胸外按压器械 AutoPulse 及 PetCO₂、脉搏、SPO₂ 监测在急诊 CPR 中的应用评价 [J]. *同济大学学报 (医学版)*, 2012, 33 (3): 47-50. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0392.2012.03.011.
- Peng H, Chen YZ, Gao CJ, et al. Evaluation of external chest compression device AutoPulse, monitoring of end-tidal carbon dioxide partial pressure and pulse oxygen saturation in patients with cardiac arrest undergoing CPR [J]. *J Tongji Univ (Med Sci)*, 2012, 33 (3): 47-50. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0392.2012.03.011.
- [28] 徐伟, 毛恩强. 心肺复苏机救治院内心搏骤停患者的疗效 [J]. *河北医学*, 2018, 24 (2): 269-273. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6233.2018.02.024.
- Xu W, Mao EQ. Efficacy of cardiopulmonary resuscitation machine in the treatment of patients with cardiac arrest in hospital [J]. *Hebei Med*, 2018, 24 (2): 269-273. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6233.2018.02.024.
- [29] 秦历杰. 《2015 年美国心脏协会心肺复苏及心血管急救指南更新》解读 [J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2017, 31 (10): 937-939. DOI: 10.13507/j.issn.1674-3474.2017.10.001.
- Qin LJ. 2015 American Heart Association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care interpretation [J]. *J Pract Diagn Ther*, 2017, 31 (10): 937-939. DOI: 10.13507/j.issn.1674-3474.2017.10.001.
- [30] Bonnes JL, Brouwer MA, Navarese EP, et al. Manual cardiopulmonary resuscitation versus CPR including a mechanical chest compression device in out-of-hospital cardiac arrest: a comprehensive meta-analysis from randomized and observational studies [J]. *Ann Emerg Med*, 2016, 67 (3): 349-360. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2015.09.023.