

·临床研究·

# 超声指导下围手术期生理性缺血训练对急性心肌梗死患者心肌损伤影响的临床研究\*

余秋雨<sup>1</sup> 郑瑜<sup>1</sup> 陆晓<sup>1,2</sup>

## 摘要

**目的:**探讨超声指导下围手术期生理性缺血训练(PIT)对急性心肌梗死患者心肌缺血再灌注损伤的影响。

**方法:**纳入急性心肌梗死患者62例,随机分为对照组、传统PIT治疗组(Tra-PIT组)和超声指导下PIT治疗组(Ult-PIT组)。对照组接受经皮冠状动脉介入治疗(PCI)和常规药物治疗,Tra-PIT组、Ult-PIT组在对照组基础上接受围手术期PIT治疗。Tra-PIT组和Ult-PIT组患者采用的PIT加压方案压力分别为收缩压以上20mmHg和超声测量的肱动脉完全闭塞压力(TOP)。三组患者在PCI术后测定血清心肌钙蛋白T(cTnT)浓度测算心肌梗死面积,术后第3日评估6min步行距离(6MWD)、完善心脏超声测量左心室射血分数(LVEF)、评估心肌梗死多维度评估量表(MIDAS)。同时对肱动脉TOP的相关影响因素进行分析。

**结果:**围手术期cTnT评估的心肌梗死面积Ult-PIT组显著低于对照组( $P<0.05$ )。Ult-PIT组患者的术后6MWD显著高于Tra-PIT组和对照组( $P<0.05$ )。术后LVEF与MIDAS分值三组比较无显著性差异( $P>0.05$ )。线性回归分析显示收缩压、舒张压与臂围是TOP的相关影响因素。

**结论:**超声指导下围手术期PIT训练可降低围手术期cTnT评估的心肌梗死面积,使急性心肌梗死患者在围手术期获益。

**关键词** 生理性缺血训练;急性心肌梗死;超声;经皮冠状动脉介入治疗;围手术期

**中图分类号:**R493,R542.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2023)-10-1358-08

Effects of perioperative ultrasound-guided physiological ischemic training on myocardial injury in acute myocardial infarction patients: A clinical study/YU Qiuyu, ZHENG Yu, LU Xiao//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2023, 38(10):1358—1365

## Abstract

**Objective:** To explore effects of perioperative ultrasound-guided physiological ischemic training (PIT) protocol on myocardial ischemia reperfusion injury in patients with acute myocardial infarction (AMI).

**Method:** Sixty-two AMI patients were randomized to control group, traditional PIT group (Tra-PIT group) and ultrasound-guided PIT group (Ult-PIT group). All three groups received percutaneous coronary intervention (PCI) and routine drug therapy. Patients in the Tra-PIT group and Ult-PIT group received perioperative PIT training protocol, and the pressure applied during PIT cuff inflation was 20 mmHg above systolic blood pressure or brachial artery total occlusion pressure (TOP) determined with ultrasound measurement. The concentration of cardiac troponin T (cTnT) were measured after PCI to assess myocardial infarction area. On the third day after PCI, the three groups were assessed by 6-minute walking distance (6MWD), left ventricular ejection fraction (LVEF), and the myocardial infarction dimensional assessment scale (MIDAS). And the related influencing factors of TOP were analyzed.

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2023.10.005

\*基金项目:国家自然科学基金面上项目(82072546)

1 南京医科大学第一附属医院康复医学科,江苏省南京市,210029;2 通讯作者

第一作者简介:余秋雨,女,住院医师;收稿日期:2023-07-17

**Result:** The perioperative cTnT assessed myocardial infarction area in the Ult-PIT group was significantly lower than that in the control group ( $P<0.05$ ). Postoperative 6MWD in Ult-PIT group was significantly higher than that in the Tra-PIT group and control group ( $P<0.05$ ). There was no statistical difference in postoperative LVEF or MIDAS scores among three groups ( $P>0.05$ ). Linear regression analysis showed systolic blood pressure, diastolic blood pressure and arm circumference were the predictive variables of TOP.

**Conclusion:** Perioperative ultrasound-guided PIT provides benefit to the myocardium of AMI patients by reducing cTnT evaluated myocardial infarction size.

**Author's address** The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing, 210029

**Key word** physiological ischemic training; acute myocardial infarction; ultrasound; percutaneous coronary intervention; perioperative period

近年来急性心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)的患病率、死亡率呈现上升趋势<sup>[1]</sup>。经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)通过有效开通闭塞的血管,是目前减少AMI患者心肌梗死面积、降低死亡率最有效的治疗方式之一<sup>[2]</sup>。但是由于再灌注损伤的存在,术后心肌梗死面积扩大、心力衰竭等的发生影响了患者近远期预后<sup>[3]</sup>。因此,寻找一种安全有效的治疗方式来改善AMI患者术后再灌注损伤成为目前的研究热点。

生理性缺血训练(physiological ischemic training, PIT)通过对心脏的远隔组织器官(通常采用上肢)进行数次短暂可逆的加压干预,模拟反复的完全缺血和再灌注过程,被证实可减少心肌梗死面积,起到保护远隔心肌组织的治疗作用<sup>[4-8]</sup>,这一安全无创的干预方式具有宽广的临床前景。国内外目前对AMI患者在PCI围手术期应用PIT的相关研究大多仅在AMI围手术期(即PCI术前、术中或术后)的单一时间点进行PIT干预<sup>[9-13]</sup>,未覆盖整个围手术期,同时目前缺乏精准的个性化加压的PIT方案,各项研究中袖带多以200mmHg或收缩压以上20—50mmHg进行加压<sup>[14-15]</sup>,但在训练过程中患者常会因疼痛无法耐受加压200mmHg的训练方案,而以收缩压以上20—50mmHg加压时,通过超声血流监测只有部分患者肱动脉可以完全夹闭,因此对不同患者施加同一固定值压力可能会引起外周血管不完全缺血,这与PIT达到可逆性完全缺血的原理相悖。既往其他缺血性训练研究表明,超声探测得到目标血管的完全闭塞压力(total occlusion pressure, TOP)是实现最佳血流限制效应同时不增加

额外损伤的一个重要参数<sup>[16-18]</sup>,被应用于指导其他缺血性训练,但是目前尚无研究将TOP应用于PIT中探究其疗效。因此,本研究对AMI患者进行覆盖围手术期的多时间点PIT训练,旨在验证以TOP值加压的超声指导下围手术期PIT方案和以收缩压+20mmHg加压的传统PIT方案,在改善患者心肌损伤方面的疗效优势,为PIT在AMI患者PCI围手术期的应用提供可靠的循证依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取2020年9月—2021年12月南京医科大学第一附属医院收治的行PCI术的62例AMI患者。纳入标准:①根据患者症状和体征,结合心电图及实验室检查,确诊为ST段抬高型心肌梗死(ST segment elevation myocardial infarction, STEMI)和非ST段抬高型心肌梗死(Non-ST segment elevation myocardial infarction, Non-STEMI)<sup>[19]</sup>;②年龄18—80岁;③需行PCI术;④认知正常,可以配合康复治疗;⑤同意签署知情同意书。

排除标准:①既往有STEMI或Non-STEMI;②既往行冠状动脉旁路移植术;③30天内曾行溶栓治疗;④存在心源性休克;⑤存在持续性房颤或房颤史;⑥无法控制的高血压:收缩压>160mmHg或舒张压>100mmHg;⑦存在外周动脉疾病、外周神经疾病、血栓性浅静脉炎、急性静脉血栓形成。研究中患者如无法耐受PIT训练或无法完成抽血、随访则退出试验。

本研究已获得我院伦理委员会批准(批号:2021-SR-107)。

## 1.2 研究方法

**1.2.1 随机与盲法:**通过建立中央随机系统及录入系统进行随机分组及患者信息采集,随机化分组由第三方设计的数据云平台集中进行安排和实施。确诊为AMI拟行PCI术的患者入组后随机分为对照组、传统PIT治疗组(Tra-PIT组)和超声指导下PIT治疗组(Ult-PIT组)。本研究对相关人员实施盲法,具体情况如下:①研究设计者及负责人对患者入组情况不知情;②对患者实施评估的医疗人员对患者入组情况不知情;③数据录入和统计分析专家对患者入组情况不知情;④对患者实施PIT干预的医生及治疗师对患者入组情况知情;⑤患者对自身入组情况知情。

**1.2.2 围手术期PIT治疗:**三组患者均接受PCI术、常规心肌梗死药物治疗,在此基础上,Tra-PIT组患者接受围手术期传统PIT治疗方案,Ult-PIT组患者接受围手术期超声指导下PIT治疗方案。

围手术期传统PIT治疗方案:①使用生理性缺血训练仪测量患者训练前的静息血压;②以收缩压加20mmHg作为气囊内目标压力进行加压训练。每个循环由3min持续加压与3min放气休息组成,PCI术前60min内接受3个循环训练、PCI术中第一次球囊扩张的同时接受1个循环训练、PCI术后10min内接受3个循环训练、术后第一日起每日早晚分别行3个循环训练直至患者出院。

围手术期超声指导下PIT治疗方案:①使用超声仪测量肱动脉TOP值,具体操作如下:A.体位及超声测量准备:患者休息10min后取仰卧位,上肢外展15°并保持与心脏同一水平,手掌向上。生理性缺血训练仪的加压袖带绑缚于上肢的最近端,取鹰嘴近端3cm、肱动脉最大纵断面处选为肱动脉观察区。连接超声仪,使用5MHz线阵探头,调节图像至清晰显示肱动脉,选择脉冲多普勒超声模式,通过听觉和视觉信号判断脉冲是否存在<sup>[17,20-21]</sup>;B.测量肱动脉完全夹闭的TOP值<sup>[20]</sup>;C.测量TOP相关指标:肱动脉直径与血流介导的血管舒张反应<sup>[22-23]</sup>、皮下脂肪和肌肉厚度<sup>[17,20-21,24]</sup>、收缩压与舒张压、臂围、身高、体重。②采用肱动脉TOP值作为加压压力进行PIT治疗,每个循环由3min持续加压与3min放气休息组成,PCI术前60min内接受3个循环训练、PCI术

中第一次球囊扩张的同时接受1个循环训练、PCI术后10min内接受3个循环训练、术后第一日起每日早晚分别行3个循环训练直至患者出院。

## 1.3 评定指标

**1.3.1 心肌梗死面积:**通过测量患者在PCI术后0.5h、术后6h、术后24h、术后48h的血清cTnT浓度,应用各时间点cTnT绘制曲线,采用软件Graphpad prism 8.0计算得到cTnT曲线下面积(area under curve, AUC)评估得到心肌梗死面积的估算值<sup>[25-28]</sup>。

**1.3.2 心肌梗死相关血清学指标:**PCI术后0.5h、术后6h、术后24h、术后48h的血清cTnT浓度<sup>[25-28]</sup>。

**1.3.3 运动耐力:**6min步行试验(6-minute walking test, 6MWT)在术后第三日评估患者的运动耐力<sup>[29]</sup>。

**1.3.4 心功能:**术后第三日采用超声心动图检测患者的心功能,测定左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、左心室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic dimension, LVDd)、左心室收缩末期内径(left ventricular end-systolic dimension, LVDs)和左心室缩短分数(left ventricular fraction shortening, LVFS)<sup>[30]</sup>。

**1.3.5 生活质量:**术后第三日采用心肌梗死多维度评估量表(myocardial infarction dimensional assessment scale, MIDAS)评估患者的生活质量<sup>[31]</sup>。

**1.3.6 安全性指标:**Tra-PIT组、Ult-PIT组患者在训练前、后通过生理性缺血训练仪自动监测实时收缩压、舒张压及心率,实施训练的医师对患者进行围手术期全程监控下PIT干预,对患者的主观不适、局部肢体肿胀、心律失常等不良反应及训练完成度进行记录。

## 1.4 统计学分析

本研究所有数据采用SPSS 26.0进行统计分析。分类变量资料用例数和百分数表示,呈正态分布的计量资料用均数±标准差,非正态分布的计量资料用中位数和四分位间距表示。分类变量资料用卡方检验进行比较;呈正态分布的计量资料用单因素方差分析比较三组有无显著性差异;非正态分布的计量资料用Kruskal-Wallis H检验进行比较;术后cTnT水平的多个时间点测量采用重复测量方差分析进行组间比较,采用逐步多元线性回归模型来确定肱动脉TOP值的影响因素。

## 2 结果

### 2.1 患者的临床资料比较

本研究共纳入62例AMI患者(表1),三组患者在年龄、性别、体质指数、慢性病病史、冠心病家族史、吸烟史、血脂水平等差异无显著性意义( $P>0.05$ )。

### 2.2 心肌梗死面积

应用术后cTnT浓度绘制曲线,计算cTnT曲线下面积分别为对照组38256.00(13357.25—160848.50)ng/L, Tra-PIT组18853.00(6180.50—62598.50)ng/L, Ult-PIT组11264.00(4924.00—69328.00)ng/L。Ult-PIT组显著低于对照组( $P=0.041$ ), Tra-PIT组与Ult-PIT组及对照组( $P>0.05$ )相比较差异均无显著性意义(图1)。

### 2.3 心肌梗死相关血清学指标

三组患者术后不同时间点cTnT水平见图2。术后0.5h cTnT水平Ult-PIT组显著低于Tra-PIT组( $P<0.05$ )与对照组( $P<0.001$ ), Tra-PIT组与对照组相比较差异无显著性意义( $P>0.05$ )。术后6h cTnT

水平Ult-PIT组显著低于对照组( $P<0.05$ )。

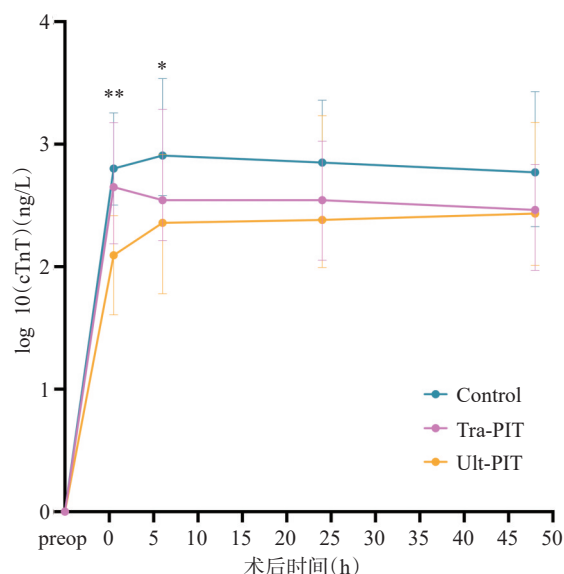
### 2.4 运动耐力

三组术后6MWD分别为对照组(308.64±99.34)m、Tra-PIT组(359.58±90.59)m、Ult-PIT组(426.67±100.97)m(图3), Ult-PIT组患者的6MWD显著高于Tra-PIT组( $P<0.05$ )和对照组( $P=0.001$ )。

### 2.5 心功能

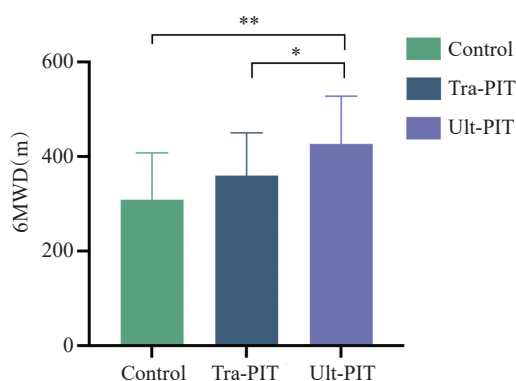
对照组、Tra-PIT组、Ult-PIT组术后心脏超声测得的LVEF、LVDd、LVDs、LVFS三组比较差异无显

图2 三组患者术后不同时间点cTnT水平



注:\*\*Ult-PIT组与Tra-PIT组和对照组相比 $P<0.05$ ; \*Ult-PIT组与对照组相比 $P<0.05$

图3 三组患者术后6min步行距离

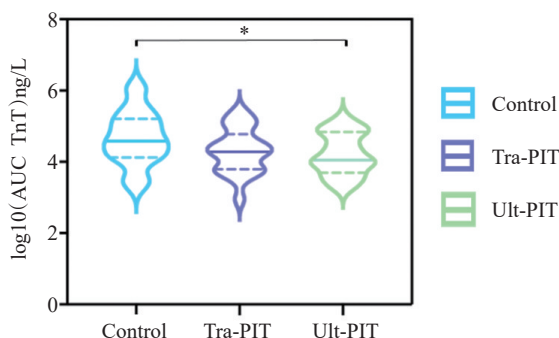


注:\*Ult-PIT组与Tra-PIT组相比 $P<0.05$ ; \*\*Ult-PIT组与对照组相比 $P<0.05$

表1 基线资料

| 观察指标                                 | 对照组<br>(n=22) | Tra-PIT组<br>(n=21) | Ult-PIT组<br>(n=19) | P值    |
|--------------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|-------|
| 年龄(岁)                                | 62.05±10.77   | 63.71±12.03        | 63.95±9.07         | 0.822 |
| 男性[n(%)]                             | 17(77.27)     | 16(76.19)          | 18(94.74)          | 0.231 |
| 体质指数                                 | 24.74±3.19    | 24.95±3.14         | 25.15±2.52         | 0.905 |
| 糖尿病[n(%)]                            | 7(31.82)      | 8(38.10)           | 5(26.32)           | 0.727 |
| 高血压病[n(%)]                           | 15(68.18)     | 9(42.86)           | 10(52.63)          | 0.242 |
| 冠心病家族史<br>[n(%)]                     | 1(4.55)       | 1(4.76)            | 1(5.26)            | 0.994 |
| 吸烟史[n(%)]                            | 10(45.45)     | 8(38.10)           | 11(57.89)          | 0.451 |
| 甘油三酯<br>( $\bar{x}\pm s$ , mmol/L)   | 1.87±0.92     | 2.56±1.92          | 1.53±0.69          | 0.109 |
| 低密度脂蛋白<br>( $\bar{x}\pm s$ , mmol/L) | 2.52±0.90     | 2.49±1.06          | 2.38±0.73          | 0.879 |

图1 三组患者围手术期cTnT曲线下面积小提琴图



注:\*Ult-PIT组与对照组相比 $P<0.05$

著性意义( $P>0.05$ ),见表2。

2.6 生活质量

三组患者术后进行MIDAS生活质量量表评估,对照组、Tra-PIT组、Ult-PIT组得分分别为(61.50±24.84)分,(51.29±17.70)分,(50.53±17.15)分,三组比较差异无显著性意义( $P>0.05$ )。

2.7 安全性指标

Tra-PIT组、Ult-PIT组共40名患者,行PIT训练前收缩压(126.85±16.26)mmHg,舒张压(73.15±12.78)mmHg,心率(73.82±11.34)次/分,行PIT训练后收缩压(129.60±15.49)mmHg,舒张压(76.35±12.94)mmHg,心率(71.50±8.62)次/分。患者均未诉肢体疼痛等PIT训练相关的明显不适,无局部肢体肿胀、心律失常等不良反应,训练组患者围手术期PIT训练干预时间与次数均达到训练方案要求。

2.8 TOP

本研究对入组患者在术前共完成肱动脉超声检测50例(对照组16例、Tra-PIT组15例、Ult-PIT组19例),部分入组患者( $n=12$ )由于术前转运时间较短

未完成肱动脉超声TOP及相关指标的检测。

采用超声测量下肱动脉的TOP值作为因变量,患者超声测量时即刻的收缩压(systolic blood pressure, SBP)、舒张压(diastolic blood pressure, DBP)、肱动脉加压前初始直径 $A_0$ 、肱动脉加压后直径 $A_1$ 、血流介导的血管舒张反应(flow-mediated vasodilatation, FMD)、上肢皮下脂肪厚度(Fat thickness, FTH)与肌肉厚度(muscle thickness, MTH)、身高、体重、上肢臂围作为自变量。

进行逐步回归模型检验,结果提示模型具有显著性意义( $F=18.254, P<0.001$ )。得到回归方程为:

$$TOP=11.205+0.894\times\text{收缩压}-0.635\times\text{舒张压}+2.140\times\text{臂围}$$
$$\text{复相关系数 } R=0.740, \text{决定系数 } R^2=0.547(\text{表3})。$$

表2 三组患者心脏超声结果 ( $\bar{x}\pm s$ )

| 观察指标     | 对照组        | Tra-PIT组   | Ult-PIT组   | P值    |
|----------|------------|------------|------------|-------|
| LVEF(%)  | 57.12±9.59 | 58.97±6.87 | 61.40±6.03 | 0.231 |
| LVDd(mm) | 49.53±6.95 | 48.26±3.45 | 48.16±4.95 | 0.679 |
| LVDs(mm) | 34.79±7.66 | 32.78±3.83 | 32.32±4.87 | 0.347 |
| LVFS(%)  | 30.39±5.94 | 31.97±4.27 | 33.10±3.98 | 0.230 |

表3 肱动脉TOP值的线性回归分析结果

| 模型及自变量    | 偏回归系数B  | 标准误B   | 标准化回归系数β | R     | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> 变化量 | 标准误    | P值     |
|-----------|---------|--------|----------|-------|----------------|--------------------|--------|--------|
| 1         |         |        |          |       |                |                    |        |        |
| 常量        | 45.696  | 14.043 | -        |       |                |                    |        |        |
| SBP(mmHg) | 0.704   | 0.116  | 0.659    | 0.659 | 0.435          | 0.435              | 13.024 | <0.001 |
| 2         |         |        |          |       |                |                    |        |        |
| 常量        | 55.174  | 14.004 | -        |       |                |                    |        |        |
| SBP(mmHg) | 0.937   | 0.148  | 0.878    |       |                |                    |        |        |
| DBP(mmHg) | - 0.530 | 0.224  | - 0.328  | 0.703 | 0.495          | 0.060              | 12.443 | <0.001 |
| 3         |         |        |          |       |                |                    |        |        |
| 常量        | 11.205  | 23.246 | -        |       |                |                    |        |        |
| SBP(mmHg) | 0.894   | 0.143  | 0.837    |       |                |                    |        |        |
| DBP(mmHg) | - 0.635 | 0.219  | - 3.930  |       |                |                    |        |        |
| 臂围(cm)    | 2.140   | 0.925  | 0.249    | 0.740 | 0.547          | 0.052              | 11.904 | <0.001 |

3 讨论

近年来,AMI的发病率和致死率持续上升,在我国造成的疾病负担日益加重<sup>[32]</sup>。随着介入治疗的发展,通过PCI手术开通闭塞的血管、恢复心肌供血,可以极大程度减少梗死对心肌造成的损害。但再灌注这把“双刃剑”同时也进一步诱发心肌缺血再灌注损伤,影响AMI患者的远期预后<sup>[33]</sup>。由于介入干预减少心肌梗死面积与临床预后不显著的改善效果之间存在令人困惑的差距,为解决上述问题,以运

动疗法为核心的心脏康复通过提高患者术后运动耐力和最大摄氧能力并降低死亡率而受到广泛关注<sup>[34-35]</sup>。然而,有氧训练存在一定局限性,在疾病急性期或应用于合并心力衰竭或心律失常的重症患者存在安全隐患<sup>[36]</sup>,因此急需寻求另一种安全可行的额外心脏保护措施。

既往文献报道的PIT通过对远隔局部组织施加可逆性的完全缺血干预可减轻远隔组织的病理性缺血损伤,这一无创干预手段在心脏科研领域已有数

十年的发展<sup>[4-6]</sup>。然而,目前国内外的临床研究对AMI患者PCI围手术期实施PIT干预的时间点不同,多数研究仅在术前、术中或术后实施单次干预,并未覆盖整个疾病周期。Thielmann等<sup>[37]</sup>的研究在术前对心梗患者进行3个循环的PIT干预,结果显示术前PIT干预可降低围手术期血清cTnI曲线下面积与全因死亡率,提示术前PIT干预可提供围手术期的心肌保护作用并改善临床预后,这与多项术前PIT相关临床研究结果一致<sup>[38-40]</sup>;但Hong等<sup>[41]</sup>的研究则提示,患者接受术前PIT干预后肌钙蛋白曲线下面积降低了26%,但差异未达到显著性意义。Gaspar等<sup>[11]</sup>对心肌梗死患者PCI术中进行了PIT干预,与对照组相比LVEF、心源性死亡率和因心衰再入院率明显降低;但该阳性结果与Bjerre等<sup>[42]</sup>对219例STEMI患者PCI术中行PIT干预发现不能降低严重心脑血管事件发生率的阴性结果相悖。Crimi等<sup>[13]</sup>纳入100例STEMI患者的临床研究表明术后PIT可有效降低心肌梗死面积与水肿面积,但Lavi等<sup>[43]</sup>对PCI术后接受PIT干预的AMI患者进行了3年随访发现PIT不能显著改善近期远期预后,一项大型多中心临床研究纳入700例STEMI患者,发现PCI术后PIT干预不能改善术后再次灌注损伤<sup>[12]</sup>。

以上研究仅在疾病的急性期单一时间点进行PIT干预,不同研究得到不完全一致的疗效结果,原因考虑为单个时间点的PIT可能不足以发挥稳定且显著的临床效应,且PIT中的加压压力普遍为200mmHg或收缩压以上20—50mmHg,但针对不同患者施加相同标准的压力可能会引起上肢外周血管不完全缺血(考虑不同患者皮下脂肪和肌肉厚度、上臂臂围存在差异,以及考虑动脉血压存在实时变化等因素),这与PIT的原理相悖。因此该试验参照其他缺血性训练相关试验中运用的TOP的概念<sup>[16-18]</sup>,通过超声探测肱动脉TOP值以确定血流限制的最佳压力,首次创新性地将TOP运用于PIT中指导训练(即将TOP值设置为PIT加压压力目标),并将PIT干预贯穿于术前、术中、术后的整个围手术期,实现一种PIT精准的加压方案达到目标血管完全夹闭的缺血效应,并与传统PIT训练(运用固定值进行加压)相比较,可以更好的佐证运用了精准加压方法的PIT在AMI患者围手术期的心脏保护效应。

本研究通过测定PCI术后48h内血清cTnT浓度,绘制曲线计算曲线下面积以估算围手术期的梗死面积,对照组38256.00[13357.25-160848.50]ng/L, Tra-PIT组18853.00[6180.50-62598.50]ng/L, Ult-PIT组11264.00[4924.00-69328.00]ng/L。对比三组可发现,Ult-PIT组的cTnT曲线下面积显著低于对照组,而Tra-PIT组的cTnT曲线下面积虽然低于对照组,但未达到显著性差异,提示超声指导下围手术期PIT方案可显著降低cTnT估算的心梗面积,该方案通过精准加压的血管效应相比于传统PIT方案的对心肌损伤的保护作用更加显著。术后0.5h cTnT水平Ult-PIT组显著低于Tra-PIT组与对照组,术后6h cTnT水平Ult-PIT组显著低于对照组,提示超声指导下围手术期PIT方案可降低术后cTnT释放水平,起到心肌保护作用。

患者术后6MWD,对照组(308.64±99.34)m、Tra-PIT组(359.58±90.59)m、Ult-PIT组(426.67±100.97)m。Ult-PIT组患者的6MWD显著高于Tra-PIT组和对照组;Tra-PIT组高于对照组但未达到显著性差异。评估术后6MWD在患者出院前完成,该结果反映术后运动耐力的恢复,提示超声指导下围手术期PIT组患者术后短期运动耐力的恢复优于传统PIT组和对照组。术后进行心脏超声测量, Tra-PIT组与Ult-PIT组的LVEF大于对照组、LVDd及LVDs小于对照组,但LVEF、LVDd、LVDs、LVFS三组进行比较均无显著性差异。考虑原因与入组患者数量相对偏少及随访时间较短有关。

三组患者术后生活质量MIDAS量表得分为:对照组(61.50±24.84)分、Tra-PIT组(51.29±17.70)分、Ult-PIT组(50.53±17.15)分,三组比较均无显著性差异。有研究表明,接受PCI术的心梗患者的生活质量随术后时间推移而提高<sup>[44]</sup>。本试验得到的阴性结果可能与患者术后短期躯体健康和精神健康恢复不足有关,若延长随访时间3—6个月,患者心功能、躯体健康和精神健康进一步恢复,同时在进行MIDAS量表评估的基础上完善SF-36健康问卷等评估,即兼顾AMI患者普适性和特异性生活质量的综合评估,可能得到更可靠的结果。

PIT干预前后收缩压和舒张压上升不超过20mmHg,心率上升不超过30次/min,患者训练过程

中及训练后均无明显主观不适,未发生心律失常及加压肢体局部肿胀等不良反应;围手术期PIT干预时间与次数均达到训练方案要求,提示围手术期PIT训练方案具有良好的安全性和依从性。

本研究存在一定的局限性:①本研究是一个单中心随机对照临床研究,样本量偏少,易产生偏倚。②本研究重点观察围手术期PIT对患者短期预后的影响,缺乏出院后的长期随访,无法评估围手术期PIT对AMI患者主要心脑血管事件发生率、运动耐力及心功能等长期预后的影响。因此,仍需要进行扩大样本量的高质量多中心随机对照试验,完善对患者的长期随访以进一步证实其临床效益。

综上所述,AMI患者接受超声指导下围手术期PIT干预可减轻围手术期的心肌损伤,与传统PIT方案相比,超声指导下PIT方案的心肌保护作用具有一定疗效优势。在缺少床旁超声设备探测TOP的情况下,通过公式推算得到TOP,作为加压压力应用于AMI患者的围手术期PIT治疗中是一种可行的替代手段。

## 参考文献

- [1] 中国心血管健康与疾病报告2019概要[J]. 中国循环杂志, 2020, 35(9):833—854.
- [2] Bhatt DL, Lopes RD, Harrington RA. Diagnosis and treatment of acute coronary syndromes: A review[J]. JAMA, 2022, 327(7):662—675.
- [3] Hausenloy DJ, Yellon DM. Myocardial ischemia-reperfusion injury: a neglected therapeutic target[J]. J Clin Invest, 2013, 123(1):92—100.
- [4] Murry CE, Jennings RB, Reimer KA. Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium[J]. Circulation, 1986, 74(5):1124—1136.
- [5] Zheng Y, Lu X, Li J, et al. Impact of remote physiological ischemic training on vascular endothelial growth factor, endothelial progenitor cells and coronary angiogenesis after myocardial ischemia[J]. Int J Cardiol, 2014, 177(3):894—901.
- [6] Zheng Y, Xiao M, Li L, et al. Remote physiological ischemic training promotes coronary angiogenesis via molecular and cellular mobilization after myocardial ischemia[J]. Cardiovasc Ther, 2017, 35(3):doi: 10.1111/1755-5922.12257.
- [7] Xiao M, Lu X, Li J, et al. Physiologic ischaemic training induces endothelial progenitor cell mobilization and myocardial angiogenesis via endothelial nitric oxide synthase related pathway in rabbits[J]. J Cardiovasc Med (Hagerstown), 2014, 15(4):280—287.
- [8] Zhao Y, Li J, Lin A, et al. Improving angiogenesis and muscle performance in the ischemic limb model by physiological ischemic training in rabbits[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2011, 90(12):1020—1029.
- [9] Pryds K, Terkelsen CJ, Sloth AD, et al. Remote ischaemic conditioning and healthcare system delay in patients with ST-segment elevation myocardial infarction[J]. Heart, 2016, 102(13):1023—1028.
- [10] White SK, Frohlich GM, Sado DM, et al. Remote ischemic conditioning reduces myocardial infarct size and edema in patients with ST-segment elevation myocardial infarction[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8(1 Pt B):178—188.
- [11] Gaspar A, Lourenço AP, Pereira M, et al. Randomized controlled trial of remote ischaemic conditioning in ST-elevation myocardial infarction as adjuvant to primary angioplasty (RIC-STEMI)[J]. Basic Res Cardiol, 2018, 113(3):14.
- [12] Hahn JY, Song YB, Kim EK, et al. Ischemic postconditioning during primary percutaneous coronary intervention: the effects of postconditioning on myocardial reperfusion in patients with ST-segment elevation myocardial infarction (POST) randomized trial[J]. Circulation, 2013, 128(17):1889—1896.
- [13] Crimi G, Pica S, Raineri C, et al. Remote ischemic postconditioning of the lower limb during primary percutaneous coronary intervention safely reduces enzymatic infarct size in anterior myocardial infarction: a randomized controlled trial[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2013, 6(10):1055—1063.
- [14] Rentoukas I, Giannopoulos G, Kaoukis A, et al. Cardioprotective role of remote ischemic perconditioning in primary percutaneous coronary intervention: enhancement by opioid action[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2010, 3(1):49—55.
- [15] Hausenloy DJ, Kharbanda RK, Møller UK, et al. Effect of remote ischaemic conditioning on clinical outcomes in patients with acute myocardial infarction (CONDI-2/ERIC-PPCI): a single-blind randomised controlled trial[J]. Lancet, 2019, 394(10207):1415—1424.
- [16] Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, et al. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis[J]. Eur J Appl Physiol, 2012, 112(5):1849—1859.
- [17] Loenneke JP, Allen KM, Mouser JG, et al. Blood flow restriction in the upper and lower limbs is predicted by limb circumference and systolic blood pressure[J]. Eur J Appl Physiol, 2015, 115(2):397—405.
- [18] Loenneke JP, Kim D, Fahs CA, et al. Effects of exercise with and without different degrees of blood flow restriction on torque and muscle activation[J]. Muscle Nerve, 2015, 51(5):713—721.
- [19] 高润霖. 急性心肌梗死诊断和治疗指南[J]. 中华心血管病杂志, 2001(12):9—24.
- [20] Bezerra de Moraes AT, Santos Cerqueira M, Moreira Sales R, et al. Upper limbs total occlusion pressure assessment: Doppler ultrasound reproducibility and determination of predictive variables[J]. Clin Physiol Funct Imaging,

- 2017, 37(4):437—441.
- [21] Hunt JE, Stodart C, Ferguson RA. The influence of participant characteristics on the relationship between cuff pressure and level of blood flow restriction[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2016, 116(7):1421—1432.
- [22] Corretti MC, Anderson TJ, Benjamin EJ, et al. Guidelines for the ultrasound assessment of endothelial-dependent flow-mediated vasodilation of the brachial artery: a report of the International Brachial Artery Reactivity Task Force [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2002, 39(2):257—265.
- [23] Rasmussen JG, Eschen RB, Aardestrup IV, et al. Flow-mediated vasodilatation: variation and interrelationships with plasma lipids and lipoproteins[J]. *Scand J Clin Lab Invest*, 2009, 69(1):156—160.
- [24] Thiebaud RS, Loenneke JP, Fahs CA, et al. The effects of elastic band resistance training combined with blood flow restriction on strength, total bone-free lean body mass and muscle thickness in postmenopausal women[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2013, 33(5):344—352.
- [25] Hausenloy DJ, Mwamure PK, Venugopal V, et al. Effect of remote ischaemic preconditioning on myocardial injury in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery: a randomised controlled trial[J]. *Lancet*, 2007, 370(9587):575—579.
- [26] Lucchinetti E, Bestmann L, Feng J, et al. Remote ischemic preconditioning applied during isoflurane inhalation provides no benefit to the myocardium of patients undergoing on-pump coronary artery bypass graft surgery: lack of synergy or evidence of antagonism in cardioprotection?[J]. *Anesthesiology*, 2012, 116(2):296—310.
- [27] Rahman IA, Mascaro JG, Steeds RP, et al. Remote ischemic preconditioning in human coronary artery bypass surgery: from promise to disappointment?[J]. *Circulation*, 2010, 122(11 Suppl):S53—S59.
- [28] Thibault H, Piot C, Staat P, et al. Long-term benefit of postconditioning. *Circulation*[J]. 2008, 117(8):1037—1044.
- [29] Yu H, Yang H. Effect of early home-based exercise for cardiac rehabilitation on the prognosis of patients with acute myocardial infarction after percutaneous coronary intervention[J]. *Am J Transl Res*, 2021, 13(7):7839—7847.
- [30] Yousef ZR, Redwood SR, Bucknall CA, et al. Late intervention after anterior myocardial infarction: effects on left ventricular size, function, quality of life, and exercise tolerance: results of the Open Artery Trial (TOAT Study) [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2002, 40(5):869—876.
- [31] Wang W, Jiang Y, He HG, et al. A randomised controlled trial on the effectiveness of a home-based self-management programme for community-dwelling patients with myocardial infarction[J]. *Eur J Cardiovasc Nurs*, 2016, 15(6):398—408.
- [32] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 急性ST段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南(2019)[J]. *中华心血管病杂志*, 2019, 47(10):766—783.
- [33] Heusch Gerd. Myocardial ischaemia-reperfusion injury and cardioprotection in perspective[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2020, 17: 773—789.
- [34] Ibanez B, James S, Agewall S, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The task force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC)[J]. *European Heart Journal*, 2018, 39(2):119—177.
- [35] Ozaki Y, Hara H, Onuma Y, et al. CVIT expert consensus document on primary percutaneous coronary intervention (PCI) for acute myocardial infarction (AMI) update 2022[J]. *Cardiovasc Interv Ther*, 2022, 37(1):1—34.
- [36] Leon AS. Exercise following myocardial infarction. Current recommendations[J]. *Sports Medicine (Auckland, NZ)*, 2000, 29(5):301—311.
- [37] Thielmann M, Kottenberg E, Kleinbongard P, et al. Cardioprotective and prognostic effects of remote ischaemic preconditioning in patients undergoing coronary artery bypass surgery: a single-centre randomised, double-blind, controlled trial[J]. *Lancet*, 2013, 382(9892):597—604.
- [38] Hoole SP, Heck PM, Sharples L, et al. Cardiac Remote Ischemic Preconditioning in Coronary Stenting (CRISP Stent) Study: a prospective, randomized control trial[J]. *Circulation*, 2009, 119(6):820—827.
- [39] Venugopal V, Hausenloy DJ, Ludman A, et al. Remote ischaemic preconditioning reduces myocardial injury in patients undergoing cardiac surgery with cold-blood cardioplegia: a randomised controlled trial[J]. *Heart*, 2009, 95(19): 1567—1571.
- [40] Ahmed RM, Mohamed el-HA, Ashraf M, et al. Effect of remote ischemic preconditioning on serum troponin T level following elective percutaneous coronary intervention[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2013, 82(5):E647—E653.
- [41] Hong DM, Mint JJ, Kim JH, et al. The effect of remote ischaemic preconditioning on myocardial injury in patients undergoing off-pump coronary artery bypass graft surgery [J]. *Anaesth Intensive Care*, 2010, 38(5):924—929.
- [42] Bjerre M, Munk K, Sloth AD, et al. High osteoprotegerin levels predict MACCE in STEMI patients, but are not associated with myocardial salvage[J]. *Scand Cardiovasc J*, 2014, 48(4):209—215.
- [43] Lavi S, Abu-Romeh N, Wall S, et al. Long-term outcome following remote ischemic postconditioning during percutaneous coronary interventions-the RIP-PCI trial long-term follow-up[J]. *Clin Cardiol*, 2017, 40(5):268—274.
- [44] 王小艳, 姜冬九, 陈华丽, 等. 经皮冠状动脉介入治疗对急性心肌梗死患者近期生活质量影响的研究[J]. *中国现代医学杂志*, 2008, 18(20):3022—3024, 3027.