**股动脉解剖是微创心脏手术肢体局部缺血的危险因素**

译者：叶莉芬 浙江大学医学院附属儿童医院

审校：周荣华 四川大学华西医院

【摘要】

目的：微创心脏手术（minimally invasive cardiac surgery ，MICS）时股动脉插管体外循环可以导致肢体缺血。本研究评估了股动脉解剖和MICS肢体缺血的关系。

方法：81例2010-2018年期间单侧股动脉插管体外循环（CPB）下实施MICS的患者纳入研究。患者按照股动脉直径和异位侧枝的解剖结构如旋股内侧或外侧动脉分以下几型：A型：股深动脉直径（deep femoral artery，DFA）≥股浅动脉直径（superficial femoral artery，SFA）；B型：DFA＜SFA伴股总动脉（common femoral artery，CFA）异位侧枝；C型：DFA＜SFA伴CFA分岔异位侧枝；D型：DFA＜SFA不伴侧枝。术后肌酸激酶浓度和股肌横截面积之比（CK/MA）作为肢体缺血的评估指标。高CK/MA值作为预测因子被用于评估。

结果：本研究没有发现严重肢体缺血病例。术后中位肌酸激酶和CK/MA值分别是1954 (1305–2872) IU/l 和 15.2 (9.2–19.8) IU/l/cm2。多因素回归分析发现D型解剖结构（OR值： 4.19, 95% 置信区间: 1.26–14.0；*p* = 0.020）和长时间CPB（OR 1.01, 95% CI ：1.00–1.02;*p* = 0.045）是高CK/MA的独立危险因素。

结论：D型解剖结构和长时间CPB是股动脉体外循环MICS术后肢体缺血的风险因素。

**关键词**  微创心脏手术；股动脉插管；肢体缺血；危险因素

**前言**

MICS期间经股动静脉插管建立体外循环（CPB）日益成为一种安全有效的体外转流方法。然而还是存在一些担忧：插管可能限制了股动脉远端的顺行血流，导致末端肢体缺血，可能需要外科手术介入，最坏的可能性是截肢。肢体缺血可以通过腿部近红外光谱（NIRS）监测和远端选择性灌注改善。股动脉内径差异和插管尺寸一直是灌注的焦点。另一方面，肢体缺血和股动脉解剖结构的关系还没有被研究。我们假设股动脉插管期间，来自DFA侧支循环的血流比通过股动脉和插管间隙的顺行血流对于远端肢体的灌注更为重要。因此，我们从股动脉解剖的角度来评估MICS手术肢体缺血的危险因素。

**方法**

**研究设计**

这项回顾性队列研究于2019年10月18日获得了日本大分（oita）大学伦理委员会批准（编号：1696），知情同意被放弃。2010年4月至2018年8月所有入院实施CPB下MICS的患者，共100例，年龄16-82岁，经筛选后排除了18名患者：2例双侧股动脉插管；15例使用了人工血管a prosthetic graft conduit；1例腋动脉插管。此外, 由于研究初期的技术问题排除了1例下肢严重缺血患者，这位病人有一根7.0毫米、异位起源于股浅动脉远端的旋股外侧动脉，被误判为DFA，采用切开法将动脉插管插置入SFA，而且体外循环时间太长，导致了严重的肢体缺血和骨筋膜综合征。其余81例病人被纳入研究。病人一般资料，股动脉解剖资料，术前、术中和术后资料通过病历记录获得。

**手术处理与技术**

所有患者术前均行计算机断层扫描(CT)，并根据股总动脉(CFA)大小和体表面积确定合适大小动脉插管。大部分患者使用18 Fr插管，体表面积为1.7 m2的患者使用20 Fr，股动脉较小的患者使用16 Fr。患者全程置于偏左侧卧位；主动脉瓣手术过程中，右臂置于头部上方，在腹股沟处做一个2厘米的切口(通常在右侧)以暴露股动脉，在右侧第3肋间隙沿腋窝前线作一小切口行主动脉瓣手术。经右前胸切口在第4肋间隙开胸，行二尖瓣、三尖瓣或房间隔缺损手术。2010年至2013年采用股动脉切开插管技术，2013年后采用经皮股动脉穿刺（Seldinger）技术。在切开插管时，将CFA近端和远端阻断后行横向动脉切开并插入动脉插管，以免受CFA分支的影响。手术过程中股动脉远端仍然被阻断。此外，若CFA分叉处有侧支血管，亦需阻断该分支以防出血。采用Seldinger法时，经食道超声心动图引导，将导丝经股动脉荷包从近端尽可能引入至降主动脉，然后将插管置入。除以上提及的1例严重肢体缺血病人外，所有患者动脉插管均可从CFA插入。所有采用以上两种置管技术的患者均未行选择性股动脉远端灌注。在食管超声引导下，在股动脉切口远端，经右股静脉经皮置入22 Fr静脉插管，如有需要，可增加右侧颈内静脉插管。CPB开始后阻断主动脉，顺行灌注停搏液。手术结束后，拔除插管，直接缝合股动脉，或收紧荷包缝合线封闭股动脉。

**股动脉的解剖学分类**

术前CT测量双侧CFA、SFA和DFA的直径。此外，还证实了旋股外侧或内侧动脉起源于CFA或其分支，这些分支被定义为异位侧支。根据其直径和是否存在异位侧支，将其分为A型（DFA≥SFA）、B型（DFA<SFA伴CFA异位侧支）、C型（DFA<SFA，在SFA和DFA分叉处有异位侧支）和D型（DFA<SFA，无异位侧支）（图1）。

**结果**

以术后最高肌酸激酶（CKmax）作为术后肢体缺血的指标。但肌酸激酶水平因性别和种族而有显著差异，可能的原因之一是肌肉质量；因此将CKmax除以股肌的横截面积，用作肌肉质量的指标，以排除肌肉质量的个体差异影响。术前CT测量坐骨下方的肌肉面积。CK/MA最高的25%被定义为高CK/MA，由于严重下肢缺血的发生很少见，且很难识别亚临床肢体缺血，因此将其作为肢体缺血的替代标志物。通过从CFA的直径中减去动脉插管的直径来确定CFA在插管后剩余的管腔的大小（CFA间隙值），以评估CFA和动脉插管之间的尺寸差异。在使用切开技术的病例中CFA间隙值被定义为0 mm，因为CFA位于插管远端血流被阻断。



图1. 股动脉解剖分类。C股总动脉，S股浅动脉，D股深动脉，ESB异位侧分支

**双侧股动脉解剖**

162条肢体双侧股动脉直径及解剖分型术前CT结果见表1。SFA和DFA的大小几乎相同。A型占一半以上，D型约占四分之一。右股动脉直径略大于左股动脉，无显著性差异，且右侧股动脉较左侧股动脉增多，D型较少。双侧动脉最常见的解剖类型是A-A型（29例，36%），其次是A-D型（19例，23%），A-C型（9例，11%）和D-D型（6例，7%），B-D为4例（5%），A-B为4例（5%），C-D为4例（5%），B-B为3例（4%），B-C为2例（2%），C-C为1例（1%）。

**患者和手术特点**

术前和术中患者特征见表2。所有患者踝肱动脉压指数均在正常范围内，术前CT未发现动脉硬化或动脉粥样斑块对股动脉插管的干扰。大多数插管部位在右侧，其中DFA比SFA大，A型是最常见的解剖结构。最常用18Fr动脉插管，CFA间隙为2.5±1.6mm。11例患者采用切开技术，其中解剖类型为A型8例（72.7%），C型1例（9.1%），D型2例（18.1%）。57例（70.4%）经右前胸手术，24例（29.6%）经腋下手术。

表1. 双侧股动脉的大小和解剖分类

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 变量 | 总体 | 右侧 | 左侧 | p值 |
| **四肢** | 162 | 82 | 82 |  |
| CFA直径，mm | 8.9±1.5 | 8.9±1.5 | 8.8±1.4 | 0.451 |
| SFA直径，mm | 6.4±1.2 | 6.5±1.3 | 6.3±1.1 | 0.477 |
| DFA直径，mm | 6.4±1.3 | 6.6±1.2 | 6.3±1.3 | 0.207 |
| **股动脉解剖学分类a** |  |  |  |
| A型 | 90（55%） | 48（59%） | 42（51%） |  |
| B型 | 16（10%） | 7（9%） | 9（11%） |  |
| C型 | 17（10%） | 8（10%） | 9（11%） |  |
| D型 | 39（24%） | 18（23%） | 21（26%） |  |

数据为数量(百分比)或平均值±标准差

a股动脉解剖：A型，DFA≥SFA；B型，DFA<SFA伴CFA异位侧支；C型，DFA<SFA，CFA分叉处有异位侧支；D型，DFA<SFA，无异位侧支。

CFA 股总动脉、SFA股浅动脉、DFA股深动脉

表2. 患者术前、术中特点

|  |  |
| --- | --- |
| 变量 | 值 |
| 病例数 | 81 |
| 年龄（岁） | 62.0 (51.0–68.0) |
| 性别，男性 | 40（49.4%） |
| 体质指数BMI（kg/m2） | 22.4 (20.1–25.0) |
| 体表面积（m2） | 1.57 (1.42–1.72) |
| 肌酐(mg/dl) | 0.76 (0.62–0.83) |
| 肾小球滤过率估计值，ml/min/1.73 m2 | 75.8 (62.4–82.7) |
| 肺活量（%） | 97.3 ± 17.0 |
| 第1秒用力呼气容积（%） | 78.1 ± 8.3 |
| 踝臂指数 | 1.17 (1.10–1.26) |
| 脉搏波传导速度(cm/s) | 1418 (1164–1655) |
| 股动脉插管部位解剖a |  |
| 插管部位，右侧 | 75 (92.6%) |
| CFA直径，mm | 9.0 ± 1.5 |
| SFA直径，mm | 6.4 ± 1.3 |
| DFA直径，mm | 6.6 ± 1.2 |
| A型 | 50 (61.7%) |
| B型 | 6 (7.4%) |
| C型 | 8 (9.9%) |
| D型 | 17 (21.0%) |
| 股肌面积(cm2) | 135 (115–161) |
| 手术分类 |  |
| 二尖瓣成形术 | 34 (42.0%) |
| 二尖瓣成形术+Maze术 | 2 (2.5%) |
| 主动脉瓣置换术 | 24 (29.6%) |
| 房间隔缺损修补术 | 14 (17.3%) |
| 房间隔缺损修补术+三尖瓣成形术 | 6 (7.4%) |
| 粘液瘤切除 | 1 (1.2%) |
| 手术时长（min） | 332 (291–378) |
| CPB时长（min） | 197 ± 65 |
| 主动脉阻断时长（min） | 157 ± 59 |
| 术中出血量（ml） | 150 (100–260) |
| 切开术 | 11 (13.6%) |
| 动脉插管大小(Fr) | 18 (18–20) |
| CFA间隙值(mm)b | 2.5 ± 1.6 |

数据为数字（百分比）、中位数（第25和75个四分位数）或平均值±标准差

a股动脉解剖：A型，DFA≥SFA；B型，DFA<SFA伴CFA异位侧支；C型，DFA<SFA，CFA分叉处有异位侧支；D型，DFA<SFA，无异位侧支。

bCFA间隙（CFA与动脉插管之间的间隙）：CFA直径—动脉插管直径

eGFR肾小球滤过率估计值，%VC肺活量，FEV1.0%第1s用力呼气容积%，CFA股总动脉，SFA股浅动脉，DFA股深动脉，ASD房间隔缺损，TAP三尖瓣成形术，CPB体外循环

**预后**

所有病例均没有发生肢体缺血事件（除了前文描述的一个案例），也没有观察到围手术期心肌梗塞事件。磷酸肌酸酶CKmax的中位数为1954 (1305 -2872)IU / l，CK /MA值的中位数为15.2 (9.2-19.8)IU / l /cm2。解剖类型A与D，C与D比较，有显著统计学差异，p值分别为0.041和0.043；而解剖类型B与D并没有统计学差异。在单因素分析中(见表3)，解剖类型D与CPB时间和高CK/MA值相关，解剖类型A与其相关性相对较弱；而股动脉直径、股动脉插管的尺寸、CFA间隙值与高CK/MA值没有相关性。在多因素分析中，解剖类型D (OR 4.19, 95% CI 1.26–14.0,  p  =  0.020) 和CPB时间 (OR 1.01, 95% CI 1.00–1.02,  p=0.045) 是高CK/MA值的独立预测因子（见表4）

表3. 高CK/MA危险因素单因素分析（CK/MA a≥19.8 IU/L/cm2）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 高CK/MA组 | 低CK/MA组 | p值 |
|  | (N = 21) | (N = 60) |  |
| 年龄（岁） | 61.0 (46.0–65.0) | 62.5 (53.0–69.0) | 0.217 |
| 性别，男性 | 11 (52%) | 29 (48%) | 0.749 |
| 体质指数BMI（kg/m2） | 22.7 (20.2–25.1) | 22.2 (20.1–24.7) | 0.673 |
| 体表面积（m2） | 1.60 (1.44–1.78) | 1.50 (1.41–1.71) | 0.367 |
| 踝臂指数 | 1.16 (1.09–1.26) | 1.17 (1.11–1.27) | 0.460 |
| 脉搏波传导速度(cm/s) | 1553 (1237–1711) | 1408 (1161–1607) | 0.440 |
| 股动脉解剖学分类b |  |  |  |
| CFA直径，mm | 9.2 ± 1.1 | 8.9 ± 1.6 | 0.406 |
| SFA直径，mm | 6.7 ± 1.0 | 6.4 ± 1.4 | 0.359 |
| DFA直径，mm | 6.6 ± 1.1 | 6.6 ± 1.3 | 0.970 |
| A型 | 9 (43%) | 41 (68%) | 0.041 |
| B型 | 2 (10%) | 4 (7%) | 0.675 |
| C型 | 1 (5%) | 7 (12%) | 0.329 |
| D型 | 9 (43%) | 8 (13%) | 0.006 |
| 股肌面积(cm2) | 134 (119–171) | 136 (114–157) | 0.301 |
| 动脉插管大小(Fr) | 18.0 (18.0–20.0) | 18.0 (18.0–20.0) | 0.657 |
| CFA间隙值(mm)c | 2.9 ± 1.0 | 2.3 ± 1.7 | 0.109 |
| CPB时长（min） | 231.7 ± 47.7 | 185.0 ± 65.2 | 0.004 |
| 术中出血量（ml） | 180 (120–160) | 150 (84–250) | 0.179 |

数据为数字（百分比）、中位数（第25和75个四分位数）或平均值±标准差

a CK/MA：术后肌酸激酶峰值除以股肌面积

b股动脉解剖：A型，DFA≥SFA；B型，DFA<SFA伴CFA异位侧支；C型，DFA<SFA，CFA分叉处有异位侧支；D型，DFA<SFA，无异位侧支。

cCFA间隙（CFA与动脉插管之间的间隙）：CFA直径—动脉插管直径

CFA：股总动脉，SFA：股浅动脉，DFA：股深动脉，CPB：体外循环

表4. 高CK/MA（CK/MAa≥19.8IU/L/cm2）危险因素多因素分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 变量 | OR值（优势比） | 95% CI（可信区间） | p值 |
| CFA间隙值b | 1.120 | 0.759-1.654 | 0.567 |
| CPB时长 | 1.010 | 1.000-1.020 | 0.045 |
| D型 | 4.194 | 1.256-14.01 | 0.020 |

a CK/MA：术后肌酸激酶峰值除以股肌面积

bCFA间隙（CFA与动脉插管之间的间隙）：CFA直径—动脉插管直径

CI :置信区间，CFA：股总动脉，CPB：体外循环

**结论**

本研究发现长时间CPB和股动脉D型解剖是高CK/MA值的独立预测因子，也是股动脉插管引起的下肢远端缺血的独立预测因子。目前，防止下肢远端缺血的主要措施是选用能保证术中流量的最小型号的插管，以避免股动脉远端血流梗阻。虽然选择较小的插管是想在股动脉和插管间流出间隙以保障下肢有足够的血流灌注，然而，在一项体外生命支持系统的模拟实验中发现股动脉插管后产生的高速血流在插管的尖端产生了负压（根据Bernoulli原理），这个负压使插管远端产生了逆向血流。因此，股动脉与插管之间的间隙并不一定存在正向血流灌注下肢。在本研究中，并没有发现保留股动脉间隙能避免下肢缺血事件的发生。除此之外，还有另外一个佐证这个观点的证据：在本中心已开展多年的胸主动脉手术中，尽管术中用切开法夹闭远端股动脉，然而，因股动脉插管导致下肢缺血的事件几乎没有发生。

当股动脉远端被夹闭时，下肢的血液供应通过侧支循环来维持，血流供应从髂内动脉和腰动脉到股深动脉，然后到旋股外侧动脉和股浅动脉。Jonathan等报道了一例因长时间股动脉置管导致的严重下肢缺血伴筋膜室综合征的病例，这个病例发生的原因是股动脉远端钳闭干扰了股深动脉的起始部位血流。另一项发表于1986年的关于外科手术治疗股动脉感染性假性动脉瘤的研究发现，结扎腹股沟内的单支动脉(如:CFA、SFA或DFA)且不进行动脉重建，与四肢截肢率无关联性;而另一方面，股动脉两个分支都结扎的患者中有33%需要进行截肢手术。从这些事实来看，在经股动脉插管的CPB手术中，保持CFA侧枝的开放以维持侧枝循环是避免下肢缺血事件发生的重要环节。

既往的研究证据表明，并不是所有的同时结扎SFA和DFA的病例需要截肢，其原因可能是侧枝循环的解剖存在个体差异。因此，本研究调查了股动脉解剖变异与下肢缺血的关系，根据SFA和DFA的直径关系以及是否存在异位侧枝，将股动脉解剖类型分为四种。A型解剖，DFA≥SFA是最常见的，这个类型较少发生CK/MA升高。D型解剖，DFA < SFA倾向于与术后高CK/MA相关，提示可能发生亚临床的下肢缺血。虽然可能涉及到其他因素的影响，D型解剖与A性解剖相比，因为该类型的DFA直径比SFA直径小，其经DFA所提供的侧枝循环是不充分的。此外，B型解剖与D型解剖相比较，在CK/ MA水平上并没有统计学差异。这一结果表明，在某些B型解剖中，股动脉插管可能干扰了CFA的异位侧枝循环，从而使其侧枝循环血量减少。

综上所诉，在经股动脉插管的CPB手术中，下肢缺血事件的发生是非常罕见的，应避免在股深动脉的近端和侧枝血管附近插管从而避免影响侧枝循环血供。然而,本研究提示不同的股动脉解剖结构可能引起亚临床肢体缺血。因此,在手术前可行CT或者超声检查，测量股动脉的直径并了解CFA的侧枝解剖。如果术前发现股动脉是D型解剖结构，那么，为了让手术更安全，应该选择尽可能小的股动脉插管，在估计CPB时间比较长的情况下，需要考虑用人工血管或选择性远端灌注法来保障下肢灌注。在另一方面，因为A型解剖可以获得来自DFA的足够的侧支循环，即使股动脉插管后顺行血流受到限制，手术还是可以安全进行的。

我们的研究有一定的局限性。第一，这是一个回顾观察性研究且是在单个研究中进行的，这意味着存在混淆变量没有被考虑进去，并且可能影响了结果。此外,样本的数量小导致了D型解剖OR的CI值非常大。第二，虽然应该将有症状的下肢缺血认定为研究终点，但因其发生率非常低，因此我们选用CK/MA值作为研究终点。之前的一些研究使用了术后肌酸激酶升高作为MICS中预测下肢缺血的指标，但是肌酸激酶升高不仅可以由肢缺血引起，也可能由心肌缺血和手术创伤引起。因此，在本研究中为了分析肌酸激酶升高的影响因素，观察了心肌梗塞事件并与开胸肺部手术进行了比较。本研究没有观察到围手术期心肌梗死事件，且结果显示肌酸激酶值高于开胸的肺部手术【术后肌酸激酶，752 （598-904 IU/l)】。因此，本研究大部分的肌酸激酶值能反映下肢缺血的情况。此外，我们采用CK/MA比值来降低下肢肌肉容积对结果的影响。尽管如此,术后肌酸激酶水平受各种因素影响，CK/MA可能不能准确反映下肢缺血的情况。近红外光谱技术(NIRS)目前被用于监测下肢缺血的情况，但是一些研究发现近红外光谱值（SrO2）与术后磷酸肌酸水平没有相关性。因此，需要进行进一步的研究，比如肌酸激酶升高和SrO2下降之间的因果关系以及其发生机制。第三，我们使用CFA间隙值（CFA gap）作为CFA和动脉插管之间的留存间隙大小的数据。但是，CFA直径是由术前在CT上测量的，而在实际情况中，CPB术中可能由于低血压（50-60mmhg）或者血管痉挛影响实际间隙值的大小;因此,它可能不能准确反映术中CFA间隙值的大小差异。事实上，我们的研究发现CFA间隙值在低CK/MA组比在高CK/MA组数值大。因此,这个结果提示用术前计算CFA直径减去实际插管直径计算得出的CFA间隙值不能作为术后肢体缺血的预测因子。

**结论**

本研究发现股动脉D型解剖结构和CPB时间延长是MICS手术中股动脉插管致无症状下肢缺血的独立预测因子。为了提高MICS手术的安全性，术前行股动脉解剖学检查是有必要的，假如股动脉是D型解剖，那么应该对该手术可能引起的下肢局部缺血引起重视。