

# 基于冠状动脉 CTA 的血流储备分数对冠心病心肌缺血诊断价值的 Meta 分析

詹友军, 彭俊红, 胡浩, 周利华

**【摘要】 目的:**采用 Meta 分析评估基于冠状动脉 CTA 的血流储备分数( $\text{FFR}_{\text{CT}}$ )对冠心病心肌缺血的诊断价值。**方法:**检索 Pubmed、Medline、Embase、中国知网、万方、维普数据库中自建库至 2018 年 7 月关于  $\text{FFR}_{\text{CT}}$  诊断冠心病心肌缺血的中英文文献。以  $\text{FFR} \leq 0.8$  为心肌缺血阈值,按照诊断试验的纳入和排除标准筛选文献,进行质量评价并提取特征信息,数据分析采用 Meta-Disc1.4 软件和 Stata12.0 软件,根据异质性检验结果选择相应效应模式,汇总诊断效应量并绘制受试者工作特征曲线(SROC)。**结果:**共纳入中英文文献 10 篇,纳入研究的患者共 830 例,血管 1793 支,不存在发表偏倚( $P > 0.05$ )。在血管水平汇总后的敏感度、特异度、阳性似然比、阴性似然比、诊断比值比及 95% 可信区间(95%CI)分别为 0.84(0.81~0.87)、0.76(0.74~0.79)、3.76(2.69~5.26)、0.22(0.17~0.29)、19.03(10.48~34.54),汇总 SROC 曲线下面积为 0.89;在患者水平汇总后的敏感度、特异度、阳性似然比、阴性似然比、诊断比值比及 95% 可信区间(95%CI)分别为 0.89(0.85~0.92)、0.72(0.67~0.76)、3.00(2.60~3.47)、0.16(0.12~0.22)、19.69(13.40~28.93),汇总 SROC 曲线下面积为 0.91。**结论:**以  $\text{FFR} \leq 0.8$  为心肌缺血阈值,在血管水平和患者水平上  $\text{FFR}_{\text{CT}}$  诊断冠心病心肌缺血均有较高的诊断准确度, $\text{FFR}_{\text{CT}}$  可以作为一种无创性筛查冠心病患者心肌缺血的有效手段。

**【关键词】** 冠心病;心肌缺血;血流储备分数;  $\text{FFR}_{\text{CT}}$ ; Meta 分析;体层摄影术,X 线计算机

**【中图分类号】** R541.4;R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)05-0495-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.05.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**The diagnostic value of  $\text{FFR}_{\text{CT}}$  in myocardial ischemia of coronary artery disease: a meta-analysis** ZHAN You-jun, PENG Jun-hong, HU Hao, et al. Department of Radiology, the Wuhan Fourth Hospital, Puai Hospital Affiliated to Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430033, China

**【Abstract】 Objective:** To evaluate the diagnostic value of CT-FFR in myocardial ischemia of coronary artery disease (CAD) by meta-analysis. **Methods:** We searched the databases of PubMed, Medline, Embase, CNKI, Wanfang and VIP were searched from the date of establishment to July 2018 for all studies (in Chinese and English) about assessing the diagnostic value of CT-FFR in myocardial ischemia of CAD. Ischemia was defined as  $\text{FFR} \leq 0.8$ . The eligible studies were selected according to inclusion and exclusion criteria of diagnostic tests, and the quality of included studies were assessed and the special information was identified. Data analysis was performed using Meta-Disc1.4 software and Stata 12.0 software. Based on the results of heterogeneity test, proper effect model was selected to calculate the pooled diagnostic effect quantity. Summary receiver operating characteristic (SROC) curve was obtained, and area under the curve (AUC) was calculated. **Results:** A total of 10 literatures were enrolled, including 830 patients and 1793 vessels. There was no publication bias ( $P > 0.05$ ). On a per-vessel basis, the pooled sensitivity, specificity, positive likelihood ratio, negative likelihood ratio and diagnostic odds ratio for CT-FFR were 0.84 (95%CI: 0.81~0.87), 0.76 (95%CI: 0.74~0.79), 3.76 (95%CI: 2.69~5.26), 0.22 (95%CI: 0.17~0.29), 19.03 (95%CI: 10.48~34.54), the pooled AUC was 0.89. On a per-patient basis, the pooled sensitivity, specificity, positive likelihood ratio, negative

作者单位: 430033 武汉, 武汉市第四医院, 华中科技大学同济医学院附属普爱医院放射科

作者简介: 詹友军(1983-), 男, 湖北黄冈人, 医师, 主要从事胸部影像诊断工作。

通讯作者: 周利华, E-mail: 376786377@qq.com

likelihood ratio and diagnostic odds ratio for CT-FFR were 0.89 (95%CI:0.85~0.92), 0.72 (95%CI:0.67~0.76), 3.00 (95%CI:2.60~3.47), 0.16 (95%CI:0.12~0.22), 19.69 (95%CI:13.40~28.93), the pooled AUC was 0.91. **Conclusion:** With a definition of ischemia as  $FFR \leq 0.8$ , CT-FFR obtains high diagnostic efficacy in myocardial ischemia of CAD on a per-vessel basis and on a per-patient basis. CT-FFR can be used as a noninvasive novel method to screen CAD patients with myocardial ischemia.

**【Key words】** Coronary disease; Myocardial ischemia; Fractional flow reserve; CT-FFR; Meta-analysis; Tomography, X-ray computed

冠心病(coronary artery disease, CAD)在心血管疾病死亡率中位居首位,已位居我国居民死亡率的第2位,准确评价CAD患者心肌血流灌注动力学改变对患者治疗方案的选择及改善预后均具有重要意义<sup>[1]</sup>。有创性冠状动脉造影(invasive coronary arteriography, ICA)检查中经压力导管所测得的血流储备分数(fraction flow reserve, FFR)是目前评价冠状动脉血流动力学功能的金标准<sup>[2]</sup>,但因其有创性临床应用受限,基于冠状动脉CT血管成像(coronary computed tomography angiography, CCTA)数据应用高级流体力学分析软件获得基于冠状动脉CTA的血流储备分数( $FFR_{CT}$ )值的无创方法成为近年来研究的热点,国外已有相关研究证实 $FFR_{CT}$ 对于CAD患者心肌缺血具有良好的诊断价值,国内研究目前报道尚少。笔者通过Meta分析的方法系统性评价目前国内外关于 $FFR_{CT}$ 对冠心病心肌缺血的诊断研究结果,从而对该方法的诊断效能做出综合、客观、准确的评价。

## 材料与方法

### 1. 资料来源

检索的数据库包括 Pubmed、Medline、Embase、中国知网、万方、维普数据库。英文检索词为(“computed tomography” or “CT”) and (“fractional flow reserve” or “FFR”); 中文检索词为“CT”和“血流储备”或“FFR”、“ $FFR_{CT}$ ”。检索时间均从建库截止至2018年7月。为尽量查全文献,采用网上检索与手动检索相结合的方式,并对纳入文献的参考文献进行二次检索。

### 2. 纳入与排除标准

纳入标准:①研究类型。公开发表的 $FFR_{CT}$ 评价冠心病心肌缺血的应用价值的文献,限中英文。②研究对象。接受冠状动脉CTA和ICA检查及FFR测量的拟诊或确诊冠心病患者,样本病例数 $\geq 30$ 例,病变血管 $\geq 30$ 支。③金标准。经ICA检测的FFR, FFR和 $FFR_{CT}$ 诊断心肌缺血的阈值为0.8。④可以直接或间接提取四格表数据包括真阳性值(true positive, TP)、假阳性值(false positive, FP)、假阴性值

(false negative, FN)、真阴性值(true negative, TN)等指标。

排除标准:①重复发表的文献(保留数据最全最新的文献);②综述、评述、病例报告及文摘类研究;③无法获取全文或数据不全;④动物实验。

### 3. 文献资料提取和质量评价

由两位主治医师及以上职称的医师独立进行文献筛选和资料提取,并交叉核对,如遇分歧则通过讨论协商达成一致意见。提取的资料特征主要包括第一作者、发表时间、国籍、研究类型、设备类型、样本量等,提取的四格表数据信息包括TP、FP、FN、TN或敏感度(sensitivity, Se)、特异度(specificity, Sp)等指标。

按照Cochrane协作网推荐的诊断准确性研究质量评价(Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Study, QUADAS)<sup>[3]</sup>工具由3位评价员独立评价纳入文献的质量。对14个评价条目做出“是”(低度偏倚或适用性好)、“否”(高度偏倚或适用性差)或“不清楚”(缺乏相关信息或偏倚情况不确定)的判断,满足“是”的条目 $\geq 10$ 条的纳入文献视为质量较高的文献。

### 4. 统计学分析

采用Meta-Disc1.4软件进行统计学分析。采用Cochran-Q检验及 $I^2$ 值检验异质性大小,若 $I^2 < 50\%$ 可认为研究结果间有较低异质性,若 $I^2 \geq 50\%$ 则存在高度异质性。以诊断比值比(diagnostic odds ratio, DOR)为效应量,当 $I^2 \geq 50\%$ 时采用随机效应模型合并效应量,反之采用固定效应模型。采用Spearman相关分析检验有无阈值效应引起的异质性,若Spearman相关系数呈高度正相关且 $P$ 值 $< 0.05$ ,提示存在阈值效应,反之则提示不存在由阈值效应引起的异质性。如存在阈值效应,拟合受试者工作特征(summary receiver operating characteristic, SROC)曲线为数据合并的最佳方式。若无阈值效应,则计算合并敏感度(Se)、特异度(Sp)、阳性似然比(positive likelihood ratio, LR+)、阴性似然比(negative likelihood ratio, LR-)、诊断比值比(DOR)、汇总ROC(SROC)曲线下面积(area under curve, AUC)并绘制森林图。采用Stata12.0软件以DOR为效应量,应用

Deek's 漏斗图对称性检验检测发表偏倚,若漏斗图不对称(斜率系数的  $P$  值 $<0.05$ ),则提示存在发表偏倚。

结 果

1. 文献检索结果

通过初步检索获得可能相关的文献 336 篇,经过阅读标题、摘要及全文逐层严格筛选排除,最终纳入 10 篇文献<sup>[4-13]</sup>,其中英文 7 篇,中文 3 篇;前瞻性研究 7 篇,回顾性研究 3 篇。10 篇文献共纳入研究的患者 830 例,病变血管 1793 支。10 篇文献均进行了血管水平研究,其中 6 篇同时进行了患者水平研究。纳入研究的 10 篇文献的基本特征见表 1。

2. 纳入文献的质量评价

按照诊断试验的设计特征,主要评价标准共计 14 项,评价结果见表 2。纳入研究的 10 篇文献中 7 篇满足 14 条评价标准,1 篇满足 13 条标准,2 篇满足 12 条标准,提示纳入的 10 篇文献均具有较高质量。

3. 统计分析结果

发表偏倚分析:按血管水平和患者水平分别对纳入的研究绘制 Deek's 漏斗图(图 1、2),结果显示  $P$  值分别为 0.15 和 0.20(均 $>0.05$ ),提示本研究纳入的文献无明显的发表偏倚。

阈值效应分析:Spearman 相关检验结果显示血管水平 Spearman 相关系数为 $-0.10$ , $P=0.78$ ,患者水平 Spearman 相关系数为 $0.31$ , $P=0.54$ ,表明在血管水平和患者水平均不存在阈值效应。

异质性分析:以 DOR 为效应量,异质性检验结果显示血管水平  $I^2$  值为 $74.1\%$ ( $P<0.01$ ),存在明显异质性,患者水平  $I^2$  值为 $24.3\%$ ( $P>0.05$ ),存在较低的异质性,故采用随机效应模式合并血管水平效应量,采用固定效应模式合并患者水平效应量。

Meta 分析结果:根据异质性大小采用相应效应模式合并汇总各效应量,以血管为分析单位合并后的 Se、Sp、LR+、LR-、DOR 分别为 $0.84$ ( $95\%CI:0.81\sim0.87$ )、 $0.76$ ( $95\%CI:0.74\sim0.79$ )、 $3.76$ ( $95\%CI:2.69\sim5.26$ )、 $0.22$ ( $95\%CI:0.17\sim0.29$ )、 $19.03$ ( $95\%CI:10.48\sim34.54$ ),Se、Sp 森林图见图 3、4。以

表 1 纳入研究的 10 篇文献的基本研究特征及诊断参数

| 第一作者                                            | 国籍   | 发表时间 | 平均年龄(岁)  | FFR 阈值 | 试验设计 | 检查时间间隔 | 设备排数     | 研究水平 | 样本量 | TP  | FP | FN | TN  |
|-------------------------------------------------|------|------|----------|--------|------|--------|----------|------|-----|-----|----|----|-----|
| Koo <sup>[4]</sup>                              | 韩国   | 2011 | 62.7±8.5 | ≤0.8   | 前瞻性  | ≤1 月   | ≥64 排 CT | 血管   | 159 | 51  | 18 | 7  | 83  |
| Min <sup>[5]</sup>                              | 美国   | 2012 | 62.9±8.7 | ≤0.8   | 前瞻性  | ≤2 月   | ≥64 排 CT | 患者   | 103 | 50  | 9  | 4  | 40  |
| Nørgaard <sup>[6]</sup>                         | 丹麦   | 2014 | 64±10    | ≤0.8   | 前瞻性  | ≤2 月   | ≥64 排 CT | 血管   | 407 | 121 | 96 | 30 | 160 |
|                                                 |      |      |          |        |      |        |          | 患者   | 252 | 116 | 56 | 13 | 67  |
| Coenen <sup>[7]</sup><br>Miyoshi <sup>[8]</sup> | 荷兰   | 2015 | 61.4±9.2 | ≤0.8   | 前瞻性  | ≤2 月   | 双源 CT    | 血管   | 484 | 84  | 51 | 16 | 333 |
|                                                 | 日本   | 2015 | 69±9     | ≤0.8   | 前瞻性  | ≤2 月   | ≥64 排 CT | 患者   | 254 | 69  | 37 | 11 | 137 |
| Coenen <sup>[9]</sup>                           | 荷兰   | 2017 | 60.9±9.1 | ≤0.8   | 前瞻性  | ≤2 周   | 双源 CT    | 血管   | 189 | 70  | 38 | 10 | 71  |
| Ko <sup>[10]</sup>                              | 澳大利亚 | 2017 | 60.0±8.5 | ≤0.8   | 前瞻性  | 未知     | 320 排 CT | 血管   | 88  | 18  | 19 | 0  | 51  |
| 单冬凯 <sup>[11]</sup>                             | 中国   | 2018 | 56.7±8.7 | ≤0.8   | 回顾性  | 未知     | 双源 CT    | 患者   | 57  | 16  | 15 | 0  | 26  |
|                                                 |      |      |          |        |      |        |          | 血管   | 142 | 55  | 30 | 12 | 45  |
| 余蒙蒙 <sup>[12]</sup>                             | 中国   | 2018 | 61.0±8.2 | ≤0.8   | 回顾性  | ≤2 周   | 64 排 CT  | 血管   | 56  | 14  | 5  | 4  | 33  |
|                                                 |      |      |          |        |      |        |          | 患者   | 56  | 16  | 6  | 7  | 27  |
| 刘春雨 <sup>[13]</sup>                             | 中国   | 2018 | 60.5±9.3 | <0.8   | 回顾性  | 未知     | 双源 CT    | 血管   | 39  | 15  | 4  | 3  | 17  |
|                                                 |      |      |          |        |      |        |          | 患者   | 162 | 49  | 21 | 6  | 86  |
|                                                 |      |      |          |        |      |        |          | 血管   | 125 | 42  | 16 | 7  | 60  |
|                                                 |      |      |          |        |      |        |          | 患者   | 50  | 10  | 1  | 1  | 38  |

表 2 诊断性试验质量评价标准 QUADAS 工具评价汇总 (篇)

| 条目 | 研究设计特征                              | 是  | 否 | 不清楚 |
|----|-------------------------------------|----|---|-----|
| 1  | 病例谱是否包含了各种病例及易混淆的疾病病例?              | 10 | 0 | 0   |
| 2  | 研究对象的选择标准是否明确?                      | 8  | 0 | 2   |
| 3  | 金标准是否能准确区分有病、无病状态?                  | 10 | 0 | 0   |
| 4  | 金标准和待评价试验检测的间隔时间是否足够短,以避免出现疾病病情的变化? | 7  | 0 | 3   |
| 5  | 是否所有的样本或随机选择的样本均接受了金标准试验?           | 10 | 0 | 0   |
| 6  | 是否所有病例无论待评价试验的结果如何,均接受了相同的金标准试验?    | 10 | 0 | 0   |
| 7  | 金标准试验是否独立于待评价试验(即待评价试验不包含在金标准中)?    | 10 | 0 | 0   |
| 8  | 待评价试验的操作是否描述得足够清楚且可进行重复?            | 10 | 0 | 0   |
| 9  | 金标准试验的操作是否描述得足够清楚且可进行重复?            | 10 | 0 | 0   |
| 10 | 待评价试验的结果判读是否是在不知晓金标准试验结果的情况下进行?     | 10 | 0 | 0   |
| 11 | 金标准试验的结果判读是否是在不知晓待评价试验结果的情况下进行?     | 10 | 0 | 0   |
| 12 | 当解释试验结果时可获得的临床资料是否与实际应用中可获得的临床资料一致? | 10 | 0 | 0   |
| 13 | 是否报告了难以解释/中间试验结果?                   | 10 | 0 | 0   |
| 14 | 对退出研究的病例是否进行解释?                     | 10 | 0 | 0   |

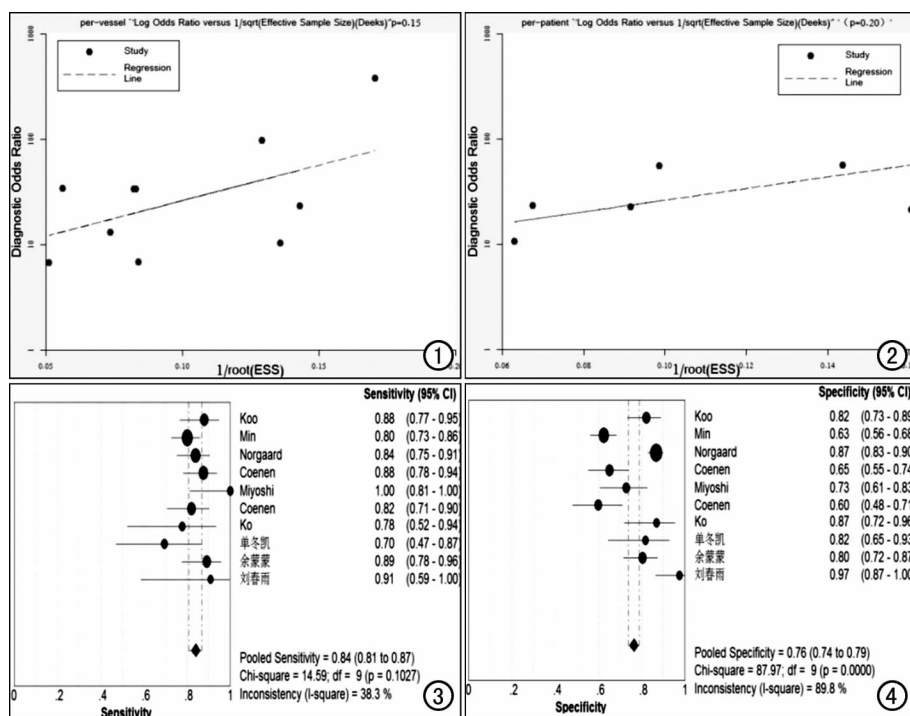


图 1 血管水平 Deeks'漏斗图( $P=0.15$ )。图 2 患者水平 Deeks'漏斗图( $P=0.20$ )。图 3 血管水平合并后的敏感度森林图。图 4 血管水平合并后的特异度森林图。

患者为分析单位合并后的 Se、Sp、LR+、LR-、DOR 分别为 0.89 (95% CI: 0.85~0.92)、0.72 (95% CI: 0.67~0.76)、3.00 (95% CI: 2.60~3.47)、0.16 (95% CI: 0.12~0.22)、19.69 (95% CI: 13.40~28.93, 表 3), Se、Sp 森林图见图 5、6。在血管水平和患者水平汇总 SROC 曲线下面积(AUC)分别为 0.89 和 0.91(图 7、8)。

表 3 FFR<sub>CT</sub>在血管水平和患者水平各效应量合并汇总

| 指标         | 血管                 | 患者                 |
|------------|--------------------|--------------------|
| 合并样本量      | 1973(支)            | 830(例)             |
| Se(CI95%)  | 0.84 (0.81~0.87)   | 0.89(0.85~0.92)    |
| Sp(CI95%)  | 0.76(0.74~0.79)    | 0.72(0.67~0.76)    |
| LR+(CI95%) | 3.76(2.69~5.26)    | 3.00(2.60~3.47)    |
| LR-(CI95%) | 0.22(0.17~0.29)    | 0.16(0.12~0.22)    |
| DOR(CI95%) | 19.03(10.48~34.54) | 19.69(13.40~28.93) |
| AUC        | 0.89               | 0.91               |

## 讨论

随着近年来 CT 设备和技术的不断更新, CCTA 检查凭借良好的诊断敏感度和阴性预测值已成为 CAD 无创性筛查的首选方法, 通常认为冠脉狭窄  $\geq 50\%$  为冠状动脉血流梗阻性病变的诊断标准, 相关研究表明冠脉中重度狭窄(狭窄  $\geq 50\%$ )患者中近一半不引起心肌缺血, 常致患者行不必要的 ICA 检查<sup>[14-15]</sup>。FFR 是指冠状动脉存在狭窄病变时, 该血管所获得的血流量与无狭窄时所获得的最大血流量之比。有研究

表明当冠状动脉狭窄处 FFR 值  $> 0.8$  时, 该处心肌血流灌注无明显动力学改变, 可不必进行临床干预<sup>[2]</sup>。

近年来, 国外有研究表明以 CCTA 数据为基础的 FFR<sub>CT</sub> 不仅能有效诊断冠脉血管狭窄程度, 还能检测病变处 FFR 值以提示局部心肌缺血情况, 目前国内外关于 FFR<sub>CT</sub> 诊断准确性方面的研究报道尚不足, 且大部分研究的样本量较小, 诊断结果存在一定程度的差异性。笔者通过 Meta 分析有效扩大样本含量, 减少随机误差, 并且通过对有同类研究目的的多个独立研究结果进行系统性分析, 更科学、客观地评价以 FFR<sub>CT</sub>  $\leq 0.8$  为阈值时 FFR<sub>CT</sub> 对冠心病心肌缺血的诊断价值。

### 1. Meta 分析结果

本研究结果显示, 以血管病变和患者为分析单位时, 合并后的 Se 较高, 分别为 0.84 和 0.89, 表明 FFR<sub>CT</sub> 能很好地筛查出心肌缺血的患者和血管; 合并后的 Sp 分别为 0.76 和 0.72, 提示 FFR<sub>CT</sub> 在判断有无心肌缺血上有重要价值。阳性似然比表明诊断试验出现真阳性结果是假阳性的倍数, 值越大, 表明诊断价值越高; 阴性似然比表明诊断试验出现假阴性结果是真阴性的倍数, 值越小, 表明诊断价值越高, 本研究合并后的 LR+、LR- 分别为 3.76、0.22 和 3.00、0.16, 均提示 FFR<sub>CT</sub> 对心肌缺血的诊断价值较高。诊断比值比表示检测患者出现心肌缺血阳性结果与阴性结果的比值, 合并后的 DOR 值分别为 19.03 和 19.69, 证实了 FFR<sub>CT</sub> 拥有较高的病变检出率。SROC 曲线下面积是综合评价诊断试验诊断准确性的最佳指标, 通常 AUC 值在 0.5 以下、0.5~0.7、0.7~0.9 及 0.9 以上分别表明无诊断价值、较低诊断价值、较高诊断价值及极高诊断价值, 本研究合并后的 AUC 为 0.89 和 0.91, 进一步表明 FFR<sub>CT</sub> 在冠心病心肌缺血上有较高的诊断价值, 值得在临床上推广应用。

### 2. 纳入文献的质量和异质性、发表偏倚分析

本研究共纳入文献 10 篇, 质量评价结果显示 7 篇满足全部标准, 余 3 篇均满足最少 12 条以上评价标准, 表明纳入该研究的文献质量较高, 提示研究结果的可靠度高。异质性分析结果显示患者水平  $I^2$  值为 24.3%, 提示无明显异质性, 血管水平  $I^2$  值为 74.1%,

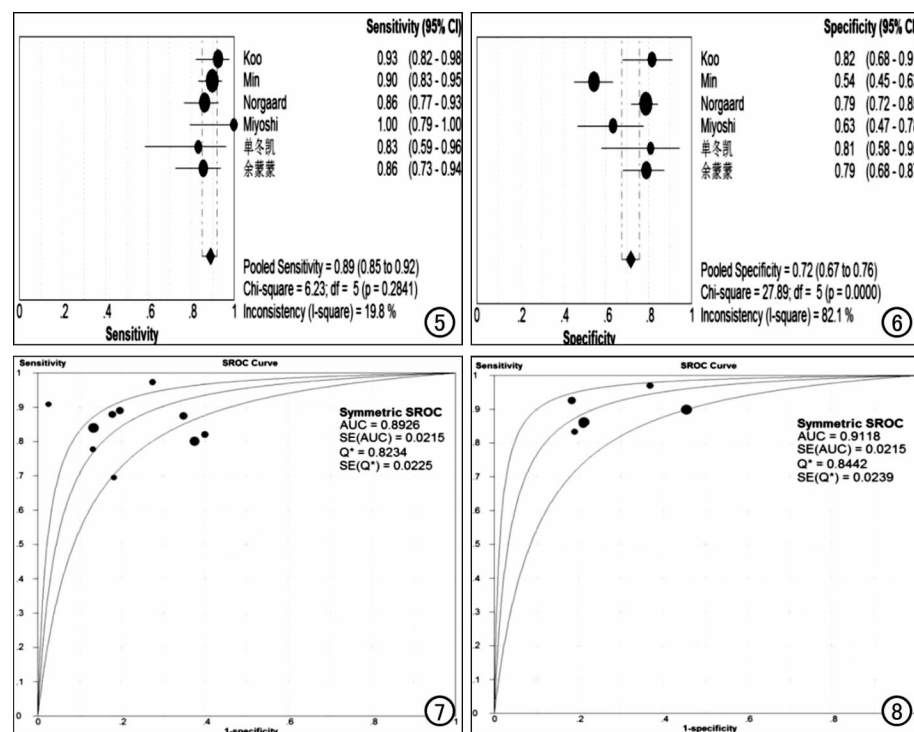


图5 患者水平合并后的敏感度森林图。图6 患者水平合并后的特异度森林图。图7 血管水平的SROC曲线图。图8 患者水平的SROC曲线图。

异质性较大,而 Spearman 相关检验结果显示患者水平和血管水平均不存在阈值效应造成的异质性,说明异质性主要来源于血管水平间,笔者考虑可能因为各研究纳入患者血管病变程度的差异及每例患者冠脉病变血管 CTA 显示支数的差异,有待进一步研究证实。通过绘制 Deeks 漏斗图检验结果显示在血管水平和患者水平均不存在明显发表偏倚,表明纳入的 10 篇文献共 16 项研究结果的可信度较高。

### 3. FFR<sub>CT</sub>对冠心病心肌缺血诊断的临床意义

FFR<sub>CT</sub>通过单次 CCTA 检查数据可一站式评估冠状动脉疾病的形态解剖和 FFR 功能信息,而无需额外采集影像和使用负荷药物。多项研究表明,FFR<sub>CT</sub>在诊断心肌缺血的准确性上明显高于 CCTA 形态学诊断<sup>[4,6-8,10,12]</sup>,FFR 与造影对比指导的冠状动脉介入治疗研究结果也表明约 1/3 狭窄程度为 50%~70% 的病灶其 FFR≤0.80,约 1/5 狭窄程度为 71%~90% 的病灶其 FFR>0.80<sup>[15]</sup>,提示冠状动脉管腔狭窄与心肌缺血之间存在复杂关系,FFR<sub>CT</sub>主要目标是筛查出存在血流灌注异常的血管狭窄性病变,可明显提高 CCTA 诊断心肌缺血的特异性,减少不必要的介入治疗,更精准地指导临床医生选择适当的治疗方案。目前以 FFR≤0.80 为心肌缺血的阈值已被广泛接受并指导临床决策,以 FFR 为指导的有效临床干预可以明显改善患者远期临床预后,降低不良事件的发生率及

支架使用数量<sup>[2,14]</sup>。本研究结果表明 FFR<sub>CT</sub>对 CAD 心肌缺血有较高的诊断效能,刘春雨等<sup>[13]</sup>研究表明冠脉钙化斑块不影响 FFR<sub>CT</sub>的诊断效能,提示 FFR<sub>CT</sub>具有良好的临床应用前景。

### 4. 本研究的局限性

纳入的 10 篇文献中 7 篇为前瞻性研究,3 篇为回顾性研究,存在一定的病例选择偏倚;在血管水平上各研究结果间存在异质性,未进一步分析异质性来源。另外本研究在不同 CT 设备及分析软件、冠脉狭窄程度及 CCTA 检查与 ICA 检查间隔时间不同等方面未做进一步的亚组分析,有待进一步研究。

综上所述,以 FFR≤0.8 为阈值,在血管水平和患者水平上 FFR<sub>CT</sub>诊断冠心病心肌缺血均有良好的敏感度和特异度,诊断结果有较高的准确度,值得临床推广应用。

FFR<sub>CT</sub>在准确评估冠脉形态学狭窄程度的同时还能够筛查出因血管狭窄造成的心肌缺血,具有良好的应用前景,可以作为一种无创性筛查 CAD 患者心肌缺血的有效手段。

### 参考文献:

- [1] 张龙江. FFR<sub>CT</sub>: 是否会有美好的未来[J]. 国际医学放射学杂志, 2018, 41(3): 251-252.
- [2] de Bruyne B, Fearon WF, Pijls NH, et al. Fractional flow reserve-guided PCI for stable coronary artery disease[J]. N Engl J Med, 2014, 371(13): 1208-1217.
- [3] Schlattmann P, Schuetz GM, Dewey M. Wake up and smell the PRISMA, Cochrane, and QUADAS statements[J]. Radiology, 2011, 261(1): 325-326.
- [4] Koo BK, Erglis A, Doh JH, et al. Diagnosis of ischemia-causing coronary stenoses by noninvasive fractional flow reserve computed from coronary computed tomographic angiograms. Results from the prospective multicenter DISCOVER-FLOW (diagnosis of ischemia-causing stenoses obtained via noninvasive fractional flow reserve) study[J]. J Am Coll Cardiol, 2011, 58(19): 1989-1997.
- [5] Min JK, Leipsic J, Pencina MJ, et al. Diagnostic accuracy of fractional flow reserve from anatomic CT angiography[J]. JAMA, 2012, 308(12): 1237-1245.
- [6] Nørgaard BL, Leipsic J, Gaur S, et al. Diagnostic performance of noninvasive fractional flow reserve derived from coronary computed tomography angiography in suspected coronary artery disease: the NXT trial (analysis of coronary blood flow using CT an-

- giography;next steps)[J]. J Am Coll Cardiol,2014,63(12):1145-1155.
- [7] Coenen A,Lubbers MM,Kurata A,et al. Fractional flow reserve computed from noninvasive CT angiography data:diagnostic performance of an on-site clinician-operated computational fluid dynamics algorithm[J]. Radiology,2015,274(3):674-683.
- [8] Miyoshi T,Osawa K,Ito H,et al. Non-invasive computed fractional flow reserve from computed tomography (CT) for diagnosing coronary artery disease-Japanese results from NXT trial (analysis of coronary blood flow using CT angiography:next steps)[J]. Circ J,2015,79(2):406-412.
- [9] Coenen A,Rossi A,Lubbers MM,et al. Integrating CT myocardial perfusion and CT-FFR in the work-up of coronary artery disease [J]. JACC Cardiovasc Imaging,2017,10(7):760-770.
- [10] Ko BS,Cameron JD,Munnur RK,et al. Noninvasive CT-derived FFR based on structural and fluid analysis:a comparison with invasive FFR for detection of functionally significant stenosis[J]. JACC Cardiovasc Imaging,2017,10(6):663-673.
- [11] 单冬凯,杨俊杰,窦冠华,等. 冠状动脉 CT 血管造影获得的无创血流储备分数对心肌缺血的诊断价值[J]. 解放军医学杂志,2018,43(1):33-37.
- [12] 余蒙蒙,李跃华,李文彬,等. 基于机器学习的 FFR<sub>CT</sub>对冠状动脉功能性狭窄的诊断准确性研究[J]. 国际医学放射学杂志,2018,41(3):282-286.
- [13] 刘春雨,李建华,唐春香,等. 钙化对 FFR<sub>CT</sub>诊断冠状动脉疾病准确性影响的研究[J]. 国际医学放射学杂志,2018,41(3):277-281.
- [14] Li J,Elrashidi MY,Flammer AJ,et al. Long-term outcomes of fractional flow reserve-guided vs angiography-guided percutaneous coronary intervention in contemporary practice [J]. Eur Heart J,2013,34(18):1375-1383.
- [15] Tonino PA,De Bruyne B,Pijls NH,et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention[J]. N Engl J Med,2009,360(3):213-224.

(收稿日期:2018-10-28 修回日期:2019-01-02)

## 本刊网站及远程稿件处理系统投入使用

本刊网站与远程稿件处理系统已开发测试完毕,已于 2008 年 3 月 1 号正式开通投入使用。

作者进行网上投稿及查稿具体步骤如下:请登录《放射学实践》网站(<http://www.fsxsj.net>)点击进入首页 → 点击“作者投稿”→ 按提示注册(请务必按系统提示正确填写个人信息,同时记住用户名和密码,以便查询稿件处理进度) → 用新注册的用户名和密码登录 → 点击“作者投稿”进入稿件管理页面 → 点击“我要投稿” → 浏览文件 → 上传文件(浏览文件后请点击后面的“上传”按钮,只有系统提示“稿件上传成功”方可进行下一步录入操作,文章须以 WORD 格式上传,图表粘贴在文章中) → 录入稿件标题、关键词等 → 最后点击“确定”即可完成投稿。投稿后请速寄审稿费(100 元/篇)以使稿件迅速进入审稿处理。

作者自投稿之日起可不定期登录本刊网站查看稿件处理进度,不必打电话或发邮件查询,具体步骤如下:用注册过的用户名和密码登录 → 点击“作者查稿”进入稿件管理页面 → 点击左侧导航栏“我的稿件库” → “稿件状态”显示稿件处理进度 → 点击“查看” → 选择“当前信息”或“全部信息”查看稿件处理过程中的具体信息。稿件退修和催审稿费(版面费)的信息作者亦可在注册时填写的邮箱中看到,作者在邮箱看到相关信息后须进入本系统进行相应处理。

作者如从邮箱和邮局投稿(或网上投稿成功后又从邮箱或邮局再次投稿),本刊须花费大量精力将稿件录入系统中,部分稿件重复多次处理,这给我们的稿件统计及处理工作带来巨大困难。本刊作者需登录本刊网站投稿,如果通过邮箱或邮局投稿,本刊会通知您通过网上投稿。

由于准备时间仓促及经验不足,网站及远程稿件处理系统必然会存在一些缺点和不足之处,希望各位影像同仁不吝赐教,多提宝贵意见,予以指正。

如果您在投稿中遇到什么问题,或者对本系统及网站有好的意见和建议,请及时联系我们。

联系人:石鹤 明桥 联系电话:027-69378385 15926283035