

- tients undergoing percutaneous coronary intervention for acute myocardial infarction[J]. *Am J Cardiol*, 2004, 93(8):1033-1035.
- [30] Ali A, Cox D, Dib N, et al. Rheolytic thrombectomy with percutaneous coronary intervention for infarct size reduction in acute myocardial infarction: 30-day results from a multicenter randomized study[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 48(2):244-252.
- [31] Migliorini A, Stabile A, Rodriguez AE, et al. Comparison of AngioJet rheolytic thrombectomy before direct infarct artery stenting with direct stenting alone in patients with acute myocardial infarction. The JETSTENT trial[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 56(16):1298-1306.
- [32] Stone GW, Maehara A, Witzenbichler B, et al. Intracoronary abciximab and aspiration thrombectomy in patients with large anterior myocardial infarction: the INFUSE-AMI randomized trial[J]. *JAMA*, 2012, 307(17):1817-1826.
- [33] Stone GW, Witzenbichler B, Godlewski J, et al. Intracoronary abciximab and thrombus aspiration in patients with large anterior myocardial infarction: one-year results from the INFUSE-AMI trial[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2013, 6(5):527-534.
- [34] Niccoli G, Rigattieri S, de Vita MR, et al. Open-label, randomized, placebo-controlled evaluation of intracoronary adenosine or nitroprusside after thrombus aspiration during primary percutaneous coronary intervention for the prevention of microvascular obstruction in acute myocardial infarction: the REOPEN-AMI study (Intracoronary Nitroprusside Versus Adenosine in Acute Myocardial Infarction)[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2013, 6(6):580-589.
- [35] Windecker S, Kolh P, Alfonso F, et al. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization: The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) Developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI)[J]. *Eur Heart J*, 2014, 35(37):2541-2619.

收稿日期:2015-10-21

压力导丝在慢性完全闭塞病变介入治疗中的临床应用价值

王前程 综述 荆全民 审校

(全军心血管病研究所 沈阳军区总医院心血管内科, 辽宁 沈阳 110015)

【摘要】压力导丝在冠状动脉内测定的血流储备分数(fractional flow reserve, FFR)能客观准确评价心肌缺血与冠状动脉病变的关系,已是目前导管室评价冠状动脉病变是否引起心肌缺血的“金标准”。FFR被公认为评价冠状动脉生理功能的指标。FFR已在冠状动脉单支血管孤立病变、多支血管病变、弥漫性病变、分叉病变、左主干病变、稳定性缺血性心脏病患者及急性冠状动脉综合征患者中得到了广泛应用,且被多个随机对照研究证实。基于FFR做出的冠状动脉介入治疗策略更安全、经济,更能改善患者的症状和预后。目前,国内尚无FFR在慢性完全闭塞病变介入治疗中的应用价值的相关研究;国外仅有关于FFR在慢性完全闭塞病变中应用的个别报道和小样本的观察研究;国内外尚无大规模、大样本的临床研究,现就FFR在慢性完全闭塞病变介入治疗中的应用价值做一探索和研究。

【关键词】压力导丝;慢性完全闭塞病变;血流储备分数;侧支循环

【中图分类号】R541.4;R815

【文献标志码】A

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2016.03.007

Clinical Application of Pressure Wire in Chronic Total Occlusion Intervention

WANG Qiancheng, JING Quanmin

(Department of Cardiovascular Medicine, General Hospital of Shenyang Military Region, Shenyang 110015, Liaoning, China)

【Abstract】Fractional flow reserve (FFR) can be measured in coronary by pressure wire. FFR can evaluate the relationship between myocardial ischemia and coronary lesions objectively. FFR is regarded as “the gold standard” of myocardial ischemia. FFR is recognized as physiological index of myocardial ischemia. FFR has been widely used in coronary isolated lesions, multiple lesions diffuse lesion, bifurcation lesions, left main lesions, stable coronary artery disease and acute coronary syndromes, which had been confirmed by multiple random controlled studies. The strategies of intervention based on FFR were safer and more economic, which also can improve the symptoms of patients. At present, we have not study the clinical application value of pressure wire in chronic total occlusion intervention in domestic center.

作者简介:王前程(1982—),主治医师,在读硕士,主要从事冠心病介入治疗。Email:wangqiancheng82@163.com

通信作者:荆全民(1963—),主任医师,硕士生导师,硕士,主要从事心血管疾病的诊治和冠心病介入、外周血管介入和大动脉夹层覆膜支架隔离术等的治疗研究。Email:jqm8806@126.com

There are only a few case reports and observation research of small sample about the clinical application value of pressure wire in chronic total occlusion intervention abroad, and there is no clinical research of larger sample at home abroad. We will study the application value of pressure wire in chronic total occlusion intervention in this paper.

【Key words】 Pressure wire; Chronic total occlusion; Fractional flow reserve; Collateral circulation

压力导丝是测量血管内压力变化的导丝。目前应用的测量冠状动脉内压力变化的导丝其直径是 0.036 cm, 压力导丝头端有 3 cm 的可塑形段, 可塑形段近端有压力感受器。压力导丝具有较好的空间分辨力, 可感知测量到微小的压力变化。导丝进入冠状动脉时可连续记录冠状动脉内压力, 冠状动脉内测得的压力与压力导丝在主动脉根部的压力比较, 计算出血流储备分数 (fractional flow reserve, FFR)。Pijls 等^[1]于 1993 年提出 FFR 的概念, FFR 是指冠状动脉存在狭窄病变时, 该狭窄冠状动脉供血心肌区提供的最大血流量与理论上同一支冠状动脉无狭窄时所能为心肌提供的最大血流量的比值。计算公式: $FFR = Pd/Pa$ (Pd: 为心肌在最大充血相状态下冠状动脉狭窄远端的平均压; Pa: 为冠状动脉口部或主动脉根部的平均压)。FFR 的测定不受心率、血压和心肌收缩力等血流动力学参数变化的影响, 且测量重复性比较好^[2]。研究证实: FFR 的正常值为 1.0, Pijls 等^[3]将缺血的临界值定为 $FFR < 0.75$ (即 $FFR < 0.75$ 的冠状动脉病变可诱发心肌缺血)。目前 $FFR \leq 0.80$ 是广泛接受的缺血临界值, 有更好的敏感性和可接受的特异性; 对于远段病变、分支病变、严重钙化病变及严重迂曲病变等复杂的病变也可采用 $FFR < 0.75$ 作为评价病变缺血的临界值。经皮冠状动脉球囊成形术后 $FFR \geq 0.90$ 及支架置入术后 $FFR \geq 0.95$ 是冠状动脉介入治疗成功的标准。

1 FFR 测定在冠状动脉介入治疗的临床实践中得到了广泛应用

对于临界病变 (直径狭窄 40% ~ 70% 的病变), 冠状动脉造影被证实不能准确客观地判断心肌缺血与病变的关系^[4-5]。相关研究表明是否存在心肌缺血及心肌缺血的程度决定缺血性心脏病患者的预后, 是否存在心肌缺血是决定是否血运重建的关键因素^[6-7]。FFR 能准确客观地评价冠状动脉病变与心肌缺血的关系, 能评价决定临界病变是否进行冠状动脉介入治疗。DEFER 研究^[8]奠定了 FFR 在冠状动脉单支血管孤立病变介入治疗中的辅助决策地位; FAME-1 研究^[9]奠定了 FFR 指导多支冠状动脉病变经皮冠状动脉介入术 (PCI) 的可靠地位, 同时把 FFR 的应用范围扩展到了非 ST 段抬高型急性冠状动脉综合征多支血管病变的患者中; de Bruyne 等^[10]的研究证实了 FFR

在指导同一冠状动脉多处病变或弥漫性病变介入治疗中的应用价值; Koo 等^[11-12]证明 FFR 应用在冠状动脉分叉病变中, 能制定出更合理的手术策略; Hamilos 等^[13]研究证实 FFR 可用于指导左主干病变的介入治疗。FIME-2 研究^[14]把 FFR 的应用扩展到了稳定性缺血性心脏病患者的介入治疗中; Sachdeva 等^[15-16]把 FFR 的应用范围拓展到了慢性完全闭塞病变 (chronic total occlusion, CTO) 中, 但只是小样本的观察研究, 尚需大样本的研究证实 FFR 在 CTO 中的应用价值。

2 CTO 概述

CTO 是指在冠状动脉粥样硬化病变的基础上管腔完全闭塞 > 3 个月的冠状动脉病变。CTO 在冠心病患者中占有很大的比例, 占冠状动脉造影确诊冠心病患者的 20% ~ 40%^[17], 由于开通 CTO 技术上要求高和不明确哪些患者能从 CTO 的开通中获益, 仅有 8% ~ 15% 的 CTO 患者进行了介入治疗。CTO 的介入治疗仍是目前公认冠状动脉介入治疗的最后“堡垒”, 也是目前国内外冠状动脉介入治疗领域讨论的热点。

3 CTO 的特点及开通的意义

多数 CTO 是冠状动脉粥样斑块破裂后血栓形成, 随后血栓纤维化钙化后形成的。CTO 多有同侧或对侧侧支循环供应闭塞远段心肌区域, 维持闭塞区心肌功能, 但良好的侧支循环提供的血量仅与 90% 狭窄的冠状动脉提供的血量相似。Singla 等^[18]研究发现, CTO 远端即使有良好的侧支, 通过逆向途径测得 CTO 远端的 FFR 值 < 0.75 , 说明 CTO 血管即使存在良好的侧支循环, 其所供应区域的心肌也是处于缺血状态的。侧支循环的开放对于提供侧支的冠状动脉来说, 存在功能性“盗血”现象, 会造成提供侧支冠状动脉所供应区域心肌的供血进一步减少, 所以开通 CTO 有重要的意义。研究表明, 开通 CTO 能显著改善闭塞段以远存活却处于缺血状态或休眠状态的心肌细胞的收缩功能^[19], 从而改善患者早期及晚期的心功能, 提高患者的生活质量。开通 CTO 行药物涂层支架置入术后可使患者长期预后与非闭塞病变患者相似^[20], 从而提高 CTO 患者的生存率。开通 CTO 后亦能减少心律失常的发生, 能改善患者的心绞痛症状; 开通 CTO 不仅能改善病变远端的血供, 而且可能改善为 CTO 提供侧支冠状动脉所支配区域的血供。如果为 CTO 提供侧支循环的冠状动脉存在临界病变时, 开通 CTO 间接

对原供血血管提供侧支支持保护,暂时避免了提供侧支血管临界病变行冠状动脉介入治疗。

4 CTO 远端压力检测的可行性及影响因素

压力导丝的直径 0.036 cm,与经皮冠状动脉球囊成形术导丝的直径相同,前端有 3 cm 的可塑形段。CTO 多存在良好的侧支循环,通过逆向途径将冠状动脉导丝经侧支血管送至闭塞远端,再通过微导管交换为压力导丝;或者正向导丝通过 CTO 到达远端真腔后,顺行送微导管通过病变,微导管进一步确认真腔后,交换压力导丝到闭塞远端真腔,即可完成闭塞段远端的压力测定。影响 CTO 远段 FFR 测定的因素有:最大充血相的诱发、侧支循环的分级、侧支循环通道的数量。其中,最大充血相的诱发是 FFR 测定的关键。最大充血相的准确诱发受以下因素影响:规范的技术操作、最大充血相诱发药物的正确选择、诱发最大充血相药物的合理优化的给药途径选择。

4.1 FFR 测定规范的技术操作

压力导丝测定冠状动脉内压力前应在体外进行校零和定标,随后将压力导丝送至冠状动脉口再次校零,若指引导管与压力导丝测得的压力相等,提示校零成功。校零成功后将压力导丝送至狭窄病变远段,使压力感受器位于狭窄远端 3~5 cm 处,在最大充血相状态下记录压力导丝在狭窄远端和冠状动脉开口处压力曲线和平均压力 Pd 和 Pa, $FFR = Pd/Pa$ 。实际测量和校零时均应撤出导引针并关闭“Y”阀,避免指引导管与外界相通影响测量的准确性。

4.2 最大充血相诱发药物的正确选择

目前使用的药物有:腺苷、腺苷三磷酸(ATP)、硝普钠、多巴酚丁胺、 α 受体阻滞剂等。腺苷是最常用的最大充血相诱发药物(国内目前无此药销售)。腺苷输注后使冠状动脉微血管充分扩张,不受心肌代谢的影响,对心外膜冠状动脉没有扩张作用。腺苷在血液中的代谢半衰期 < 20 s,可以经冠状动脉或静脉内给药。用药过程中可出现房室传导阻滞和支气管痉挛等不良反应。ATP 的作用与腺苷相似,是国内推荐的首选用药,ATP 在体内可迅速代谢出腺苷发挥作用。ATP 可以经冠状动脉或静脉内给药,用法和用量与腺苷相同。用药过程中可引起血压下降和心率增快,对于慢性阻塞性肺疾病和哮喘的患者禁用。硝普钠为诱发最大充血相的替代方法^[15,21],冠状动脉内“弹丸”注射硝普钠,能够产生与冠状动脉内注射腺苷同样的效果,并且维持的最大充血相时间更长,适用于不能应用腺苷和 ATP 的严重慢性阻塞性肺疾病、哮喘及传导异常的患者。多巴酚丁胺对于腺苷或 ATP 禁忌的患者可考虑使用,目前不常规使用。

4.3 诱发最大充血相药物的合理优化的给药途径

目前的给药途径有:静脉内持续滴注、冠状动脉内持续滴注、冠状动脉内弹丸式注射及三种方法的组合。目前公认的诱发充血反应的标准方法是腺苷静脉滴注,滴注速度为 140 $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{min})$,需开通中心静脉滴注,滴注 60 s 左右腺苷作用达峰,停药后 60 s 作用消除。目前许多导管室采用冠状动脉内弹丸式注射的方法。推注腺苷的半衰期为 30~60 s,推注 10 s 内起效,作用 30 s 后失效。目前中国专家共识推荐的冠状动脉内推注 ATP 的剂量:左冠状动脉 20~40 $\mu\text{g}/\text{次}$,总量不超过 150 μg 是安全的;右冠状动脉(RCA)15~30 $\mu\text{g}/\text{次}$,总量不超过 90 μg 是安全的。冠状动脉内给药相对容易操作,适合于非开口处的单个孤立病变。冠状动脉内弹丸式给予 ATP 更容易引起严重的房室传导阻滞,且有 10%~15% 的患者不能诱发最大充血相。冠状动脉内滴注,是将微导管经指引导管送至冠状动脉口,以 240~360 $\mu\text{g}/\text{min}$ 持续滴注其诱发最大充血相反应比静脉滴注更显著,达到最大充血相反应的时间比静脉更短,诱发的最大充血相反应可维持 20 s,可进行压力回撤检查,引起血压减低的反应比静脉低。缺点是增加了额外的费用。静脉滴注 ATP + 冠状动脉内弹丸式注射适用于 FFR 落入“灰区”的患者,或临床检查与 FFR 不符时。而对于 CTO 来说,由于冠状动脉血管存在完全闭塞,正向或者逆向侧支给药途径,均存在影响因素,因此在 CTO,静脉持续快速注入是唯一可选择的方法。

5 FFR 在 CTO 中的应用

目前,FFR 在冠状动脉介入治疗中的应用已非常广泛,与其相关的临床研究也很多,但国内暂无 FFR 在 CTO 伴多支病变中应用的临床研究。Singla 等^[18]研究发现,CTO 远端即使有良好的侧支供血,通过逆向途径测得 CTO 远端的 FFR 值 < 0.75,说明 CTO 血管即使存在良好的侧支循环,其所供应区域的心肌也是处于缺血状态的。说明开通 CTO 能改善闭塞远段支配区域心肌的血供,使缺血的心肌和处于休眠状态的心肌恢复正常的心肌细胞功能,从而改善患者的心功能,改善患者的生活质量及长期预后,减少恶性心律失常的发生。从国外的一些研究可以看出,FFR 在 CTO 伴多支病变的应用中亦有广阔的前景。Sachdeva 等^[15]研究发现,如果患者的 CTO 依靠一个中度狭窄的冠状动脉提供侧支,CTO 开通前后,测量为 CTO 提供侧支循环的冠状动脉的 FFR 值得出:开通 CTO 后,部分患者提供侧支循环的冠状动脉的 FFR 值较 CTO 开通前改善,从而使部分提供侧支循环的并有临界病变的冠状动脉暂时避免了冠状动脉介入治疗;但这个

研究仅入选了 14 例患者,患者全是男性,其中 9 例患者闭塞冠状动脉是 RCA,3 例患者的闭塞冠状动脉是左回旋支(LCX),2 例患者是 RCA 和 LCX 同时闭塞,而没有左前降支闭塞的患者;为闭塞血管提供侧支的存在临界病变的冠状动脉中,有 13 例是左前降支,1 例是 LCX,没有 RCA 提供侧支的病例;CTO 开通前后分别测定为闭塞冠状动脉提供侧支的冠状动脉狭窄处远端的 FFR,结果发现,有 9 例患者提供侧支的冠状动脉的 FFR 值较 CTO 开通前改善,FFR 增加的绝对值分别为:0.12、0.11、0.12、0.14、0.03、0.07、0.03、0.03、0.06;有 2 例患者的 FFR 值较术前保持不变;有 3 例患者的 FFR 值较术前轻度降低,FFR 降低的绝对值分别为:0.06、0.03、0.01。使 3 例术前提供侧支的冠状动脉需要行 PCI 的患者,CTO 开通后由于 FFR 的改善暂时避免了 PCI 治疗;使 3 例术前提供侧支的冠状动脉 FFR 处于“灰区”的患者,CTO 开通后由于 FFR 的改善暂时不需要冠状动脉介入治疗。从此研究可以看出,在为 CTO 区域提供侧支血供而本身存在临界病变的患者中,在成功开通 CTO 后,部分术前处于缺血的为 CTO 提供侧支的冠状动脉,术后的 FFR 处于非缺血的范围内,即成功对 CTO 血运重建后,使部分提供侧支的冠状动脉避免了血运重建。Matsuo 等^[16]研究也发现,成功开通 CTO 后,不仅能改善 CTO 血管供应区域的心肌,而且能改善为 CTO 血管提供侧支的冠状动脉供应区域的心肌的血供。CTO 成功开通后是否能改善存在中度狭窄为 CTO 提供侧支循环的冠状动脉的 FFR 值,需要更多的临床研究证实。

6 FFR 在 CTO 应用的前景

国内外尚无相关的指南或共识说明 FFR 在 CTO 中应用的价值。但随着 FFR 在 CTO 中应用研究的深入,将来 FFR 可能用来评估 CTO 开通后对患者心功能的影响,CTO 开通后对提供侧支的冠状动脉血供的影响,CTO 开通后是否能缓解患者的症状、改善患者的生活质量,哪些患者 CTO 开通后能够获益,从而为是否对 CTO 进行介入治疗提供决策依据。

综上所述,DEFER 研究证实了 FFR 可以用来评估无客观心肌缺血证据的临界病变(40%~70%的直径狭窄)和严重病变(直径狭窄<90%)的功能意义;在多支血管病变中,FAME-1 研究^[9]发现与冠状动脉造影指导的 PCI 相比,FFR 指导的 PCI 能节省医疗资源,改善临床结果;在 3 支血管病变中,Nam 研究结果,通过测量 FFR,可重新分类血管病变的数目,从而得出更准确的 SYNTAX 分值,为 PCI 或冠状动脉旁路移植术提供更客观的决策依据;FFR 在冠心病介入治疗中的应用也存在一定的局限性,FFR 不能识别易损

斑块;急性心肌梗死的患者,微血管不能达到最大程度的扩张,测出的 FFR 值不准确,测得值比实际值偏高;微血管病变时,FFR 值也可能被高估;FFR 不能评估冠状动脉严重痉挛的病变;在评估提供侧支循环冠状动脉临界病变时,应在解除受供冠状动脉严重病变后进行;中心静脉压升高时会影响 FFR 值;部分小的临床研究已将 FFR 应用在 CTO 中,结论尚不明确,有待进一步探索研究证实 FFR 在 CTO 中的应用价值。总之,FFR 应用于冠心病介入治疗,能相对更客观、准确地评价病变与心肌缺血的关系,FFR 指导的冠状动脉介入治疗策略选择,能减少不必要的支架置入,节省医疗资源,降低医疗费用。随着 FFR 在 CTO 中应用的深入,也将会有更多的患者从中获益。

[参考文献]

- [1] Pijls NH, van Son JA, Kirkeeide RL, et al. Experimental basis of determining maximum coronary, myocardial, and collateral blood flow by pressure measurements for assessing functional stenosis severity before and after percutaneous transluminal coronary angioplasty[J]. *Circulation*, 1993, 87:1354-1367.
- [2] de Bruyne B, Bartunek J, Sys SU, et al. Simultaneous coronary pressure and flow velocity measurements in humans. Feasibility, reproducibility, and hemodynamic dependence of coronary flow velocity reserve, hyperemic flow versus pressure slope index, and fractional flow reserve[J]. *Circulation*, 1996, 94:1842-1849.
- [3] Pijls NH, de Bruyne B, Peels K, et al. Measurement of fractional flow reserve to assess the functional severity of coronary-artery stenoses[J]. *N Engl J Med*, 1996, 334:1703-1708.
- [4] Toth G, Hamilos M, Pyxaras S, et al. Evolving concepts of angiogram: fractional flow reserve discordances in 4 000 coronary stenoses[J]. *Eur Heart J*, 2014, 35:2831-2838.
- [5] Park SJ, Kang SJ, Ahn JM, et al. Visual-functional mismatch between coronary angiography and fractional flow reserve[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2012, 5:1029-1036.
- [6] Hachamovitch R, Hayes SW, Friedman JD, et al. Comparison of the short-term survival benefit associated with revascularization compared with medical therapy in patients with no prior coronary artery disease undergoing stress myocardial perfusion single photon emission computed tomography[J]. *Circulation*, 2003, 107:2900-2907.
- [7] Iwasaki K. Myocardial ischemia is a key factor in the management of stable coronary artery disease[J]. *World J Cardiol*, 2014, 6:130-139.
- [8] Pijls NH, van Schaardenburgh P, Manoharan G, et al. Percutaneous coronary intervention of functionally nonsignificant stenosis: 5-year follow-up of the DEFER Study[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 49:2105-2111.
- [9] 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, 360:213-224.
- [10] de Bruyne B, Pijls NH, Kalesan B, et al. Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease[J]. *N Engl J Med*, 2012, 367:991-1001.
- [11] Koo BK, Kang HJ, Youn TJ, et al. Physiologic assessment of jailed side branch lesions using fractional flow reserve[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 46:633-637.
- [12] Ye F, Chen SL, Zhang JJ, et al. Hemodynamic changes of fractional flow reserve after double kissing crush and provisional stenting technique for true bifur-

- cation lesions[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2012,125:2658-2662.
- [13] Hamilos M, Muller O, Cuisset T, et al. Long-term clinical outcome after fractional flow reserve-guided treatment in patients with angiographically equivocal left main coronary artery stenosis[J]. *Circulation*, 2009,120:1505-1512.
- [14] de Bruyne B, Fearon WF, Pijls NH, et al. Fractional flow reserve-guided PCI for stable coronary artery disease[J]. *N Engl J Med*, 2014,371:1208-1217.
- [15] Sachdeva R, Agrawal M, Flynn SE, et al. Reversal of ischemia of donor artery myocardium after recanalization of a chronic total occlusion[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2013,82:E453-E458.
- [16] Matsuo H, Kawase Y. Physiological impact of CTO recanalization assessed by coronary pressure measurement; a case report[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2013,82:E459-E464.
- [17] Delacrez E, Meier B. Therapeutic strategy with total coronary artery occlusions[J]. *Am J Cardiol*, 1997,79(2):185-187
- [18] Singla S, Uretsky BF, Sachdeva R. Retrograde fractional flow reserve and recanalization of a chronic total occlusion of a saphenous venous graft[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2012,80:1210-1215.
- [19] Danchin N, Angioi M, Cador R, et al. Effect of late percutaneous angioplasty revascularization of total coronary artery occlusion on left ventricular remodeling, ejection fraction, and regional wall motion[J]. *Am J Cardiol*, 1996,78(7):729-735.
- [20] Moussa I, di Mado C, Moses J, et al. Comparison of angiographic and clinical outcomes of coronary stenting of chronic total occlusions versus subtotal occlusions[J]. *Am J Cardiol*, 1998,81(1):1-6.
- [21] Lopez-Palop R, Carrillo P, Torres F, et al. Results of fractional flow reserve measurement to evaluate nonculprit coronary artery stenoses in patients with acute coronary syndrome[J]. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 2012,65:164-170.

收稿日期:2015-10-29

线粒体能量代谢异常与病理性心肌肥大的研究进展

陈忠秀 综述 饶莉 审校

(四川大学华西医院心内科, 四川 成都 610041)

【摘要】 病理性心肌肥大是临床常见的适应性改变过程, 伴随着能量代谢类型的转变及线粒体生物学功能的衰退, 是心血管疾病发生率和病死率增高的独立危险因素。肥大心肌细胞能量代谢异常与多条信号通路异常关系密切, 改善能量代谢异常有望成为逆转心肌肥大和延缓心力衰竭进程治疗的新靶点。

【关键词】 线粒体; 能量代谢; 心肌肥大

【中图分类号】 R542.2

【文献标志码】 A

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2016.03.008

Mitochondrial Energy Metabolism and Pathological Cardiac Hypertrophy

CHEN Zhongxiu, RAO Li

(Department of Cardiology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan, China)

【Abstract】 Pathological cardiac hypertrophy is a coadaptive process accompanied by metabolic profile change and mitochondrial bioenergetic decline, and is an independent predictor of higher rate of cardiovascular events and mortality. Many signaling pathways are involved in the maladaptive metabolism of hypertrophied hearts, and targeting abnormal metabolism is likely the new therapy of hypertrophic prevention and reversion.

【Key words】 Mitochondria; Energy metabolism; Cardiac hypertrophy

心肌是体内耗能最多的组织, 腺苷三磷酸(adenosine-triphosphate, ATP) 是其直接利用的能量形式。正常心肌产生的 ATP 95% 以上来自线粒体的氧化磷酸化, 少量来源于糖酵解。哺乳动物胚胎期心脏主要以葡萄糖和乳酸作为能源, 出生后则以脂肪酸氧化为

主; 但在病理性心肌肥大时脂肪酸氧化降低, 糖酵解增加, 心肌能量代谢发生“胚胎型转换”^[1]。

生理性心肌肥大多发于运动员和孕妇, 是可以逆转的, 对心脏功能无损伤。病理性心肌肥大大多数是心肌细胞对心脏压力负荷增加的适应性反应, 常见于

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(81300169)

作者简介: 陈忠秀(1988—), 在读博士, 主要从事心肌病的基础与临床研究。Email: czxlf1988@163.com

通信作者: 饶莉(1963—), 教授, 主任医师, 博士生导师, 博士, 主要从事扩张型心肌病的基础与临床和心脏瓣膜偏心反流的定量评价研究。Email: lrlz1989@163.com