

# 动脉粥样硬化研究更需要系统分析集成与顶层设计

苏镇培

(中山大学附属第一医院神经科, 广东省广州市 510080)

[关键词] 动脉粥样硬化; 血流动力学

动脉粥样硬化研究的核心与关键是弄清其病因发病机制。否则,难以制定效果确实的防治对策。由于动脉粥样硬化的发生发展是一个很长的过程(从斑块初起至斑块成熟约需10~15年),又是受多种因素的影响,而且各种因素之间的相互作用错综复杂,因此关于动脉粥样硬化的发病机制至今尚未完全阐明。可见,动脉粥样硬化是典型复杂性问题。复杂性问题只能在系统科学理论指导下用系统方法解决。避免片面性和方向性错误。要弄清动脉粥样硬化病因发病机制,就要深入研究动脉系统整体结构、功能、调控机制及运行规律。系统分析就是研究系统由哪些部分构成,它们按什么规律关联成为有特定功能的整体。在此基础上集成整合前人研究成果,顶层设计与总结,提出防治方案,指导临床决策。

## 1 动脉系统的结构功能分析

动脉系统总目标(整体功能):输送血流 $Q$ ,满足各器官、组织、细胞功能需要。

1.1 动脉系统顶层结构 纵向结构:大动脉、中等(器官)动脉、小动脉、微动脉;横向结构:内膜、中膜、外膜;突现的系统功能参数:血流、血压。

1.2 系统相互关系 动脉壁与血流关系;血流与血流动力(血压)关系;三者共存关系:互为存在前提相互协调,共同完成系统功能,保证血流供应。

1.3 动脉(壁、腔)与血流的突现特性 完整性、通畅性、舒缩性、坚固性;血流的突现特性:流动性和流变性。

1.4 系统适应-代偿-不适应的动态过程结构分析 功能代偿(调控中膜、内膜)-结构代偿(修复、重塑、重构)-病理代偿(硬化、粥样硬化-牺牲舒缩性,增强坚固性,保护完整性和通畅性)-失代偿(出血或血栓形成)-器官功能损害(疾病)。动脉整体演变动态过程:正常状态、衰老状态、病理状态、失代偿状态(突发血管事件)。

1.5 动脉树状结构与脑、心、肾动脉子系统的网络结构(侧枝循环)

## 2 动脉系统的工作原理及其数学模型

血液流动必然要受流体力学(血流动力学、血液流变学)的规律所支配。血流与血管壁的关系首先是血流动力学关系。循环系统各生理调控机制,只要定性遵循各血流动力学的基本规律,不断试错-寻优-调控就可逐渐逼近最优的系统功能目标,而不必逐一服从复杂的定量数学关系。这一系统科学原理为构建动脉系统数学模型提供简化的理论基础。集成经典的流体力学和流变学相关公式,加上信息-调控,就是动脉系统理想的数学模型。

2.1 帕肃叶定律 反映动脉系统实现整体目标与主要调控变量的关系  $Q = P \cdot \pi r^4 / 8\eta L$  (1)

2.2 血流与动脉壁的相互关系 拉普拉斯定律  $T = P \cdot r/h$  (2)

2.3 血流与血管内膜的相互关系 按牛顿粘性定律推导的壁切应力公式  $\tau_w = \eta \cdot dv/dr$  (3),其中 $\eta$ 为血粘度, $v$ 为流速, $r$ 为血管半径。又跟据伯努利方程  $P_1V_1 = P_2V_2$  可推论血管狭窄处流速越快,内膜所受切应力越大。

2.4 雷诺数  $Re = \rho v r / \eta$  (4)

在上述(1)(2)(3)(4)式中,动脉半径 $r$ 都是关键变量-最重要的生理可调控变量。神经体液调控都是通过调控各血管段平滑肌舒缩,即调控 $r$ 。以信息-调控观点集成整合这几个血流动力学公式(其中 $P$ 、 $r$ 是可变、可调控的变量-决策变量即序参量),就成为能描述动脉系统状态的数学模型。描述动脉系统状态的数学模型与结构功能调控分析结合,就是我们集成整合、最终揭示动脉粥样硬化发病机制的理论研究平台,也可作为研究临床防治决策的仿真平台。

## 3 系统模拟仿真得到的重要启示

3.1 不能只研究动脉粥样硬化的致病因素,而忽视系统突现的抗病特性。

3.2 动脉对血流动力学环境演变的适应是动脉粥样硬化根本原因。不能夸大血脂等血液成份作用。

3.3 脑动脉、冠状动脉与主动脉、颈动脉结构功能不同,动脉粥样硬化发病机制也不完全相同。

3.4 不能只重视基因、分子等低层次研究,忽视动脉壁与血流、中膜(不是单个平滑肌细胞)与内膜(不单是内皮细胞)、相关调控系统与靶器官等高层次关系研究。

3.5 临床要重视高血压与动脉粥样硬化、大中动脉狭窄与侧枝循环、决定性病因与危险因素等顶层关系研究。

## 4 对我国动脉粥样硬化研究与防治几个典型的分析评价

4.1 “动脉粥样硬化性疾病一级预防中国专家共识”(简称《共识》)

---

4.2 “卫生部脑卒中筛查及防治工程”

4.3 “动脉粥样硬化发病机制及其诊治与干预的基础研究”课题

---

苏镇培, E-mail 为 [suzhenpei@163.net](mailto:suzhenpei@163.net)

(此文编辑 文玉珊)