

肌内血管阵列、吻合与局部循环重建的机理

应大君 何光麓

(第三军医大学解剖学教研室, 重庆 630038)

[关键词] 动脉, 侧副循环, 细胞增殖, 骨骼肌

侧副吻合血管是指连接两个相邻动脉灌流区域的分支。由于它们在动脉阻塞性疾病, 或外科移植超过特定血供范围的组织时, 能够作为重建血循环的通路, 维持缺血组织的存活, 因而一直引起国内外学者的关注。近年来, 许多学者努力探索侧副吻合血管的形态结构, 希望获取更多更大的吻合通道和满意的侧副循环效能。然而吻合管并非类似机械管道的简单开启或关闭, 由于对侧副吻合管在循环重建中的内在变化规律了解甚少, 因此, 很难有的放矢地施加有效因素来促进侧副循环功能的完善。骨骼肌占人体重量 40%—50%, 肌的血供来源丰富, 动脉在肌内多有交通或吻合, 肌内动脉吻合可能成为人体最广泛的侧副吻合血管床。深入探讨肌内侧副吻合血管的结构和在循环代偿过程中的变化发展过程, 对侧副循环的机理探讨以及指导临床实践都具有重要的理论意义和应用价值。本系列研究剖露了肌内动脉的结构阵列, 探讨了动脉树由宏观到微观、定性到定量、二维到三维, 以及建立数学表达和计算机三维重建的研究方法, 揭示了肌内动脉的侧副吻合在循环代偿中的动态变化规律。主要结果有:

用巨微解剖和酶消化法扫描电镜等多种技术, 完整地剖露了肌内的动脉构筑。动脉在肌内呈全方位的多级阶梯样动脉树, 组成供养肌束的动脉立体网络和攀绕肌纤维的绳梯样微血管网。阐明了动脉在有限的空间内与肌组织高度适应、精密协调的排列, 动脉在肌内的三重吻合网, 不仅使肌处于均衡的血液灌流状态, 以完成同步舒缩的生理功能, 也是肌具有较强的侧副循环代偿潜能的形态学基础。

根据 Strahler's 分级原理, 运用计算机设置门限的模式判别和随机化抽样测量的方法, 对肌内动脉树进行了形态定量研究。由动脉分枝的管径、长度和分枝数目, 可以得到动脉树的分级, 以及各级分枝的平均管径、分枝长度、分枝锥削、分枝率、分枝数等多个参数, 以及分枝分级各参数之间和呈指数相关的函数式。动脉树的定量研究对于深入了解肌内动脉各级分枝血管床的正常参数和在病理条件下的变化, 有了准确的数量依据。

动脉树的显著形态特征是血管分枝的几何形态十分复杂、多变。本研究从生物力学的角度, 由血液动力学有关的血管分枝最小面积、最小体积、最小剪切力和最小作功的四个优化原理, 论证了动脉分枝形态中, 管径与分枝夹角的优化理论关系。同时, 检验动脉树中 1 872 条分枝的实测值, 结果表明, 肌内动脉分枝的几何形态与优化理论值的相对误差小于 8%, 显示了肌内动脉分枝的几何形态有 92% 以上处于优化状态。由此可见, 动脉树中这些表面看起

本文于 1995 年 3 月 20 日收到。

来杂乱无章的分枝形式、实质上是遵循最少材料结构和最大生理效应的有序排列。

肌内动脉分枝的有序排列,使利用数学语言来表达动脉树的空间形态成为可能。将动脉树的分枝看作空间点、线有序连接的多元集合,并遵照定位“有序树”的约定规则,对点阵中的各元素赋以编码来刻划特定两点间的关联,借用关联矩阵的形式,建立了具有三维形态结构的动脉树数学表达式。根据表达式编辑的计算机程序,可在 IBM-XT 微机上重建动脉树的三维图形,用直观的形象依据进一步证明了动脉树数学表达式的可靠性,为动脉树形态结构由平面的文字描述概括为立体的数学表达作了新尝试。

采用动脉铸型、X 线造影和组织连续切片重塑的方法,客观地再现了肌内动脉侧副吻合的巨视和微视形态,展示了相邻动脉间的侧副吻合是分枝结构连续渐变的节段,提出了相邻动脉终末分枝结点间的连接可作为侧副吻合中间带的范围。由于中间带血管连接相邻动脉的灌流区域,因此在建立侧副循环过程中,足够大的吻合管径和足够多的吻合数量是导流血液和保障组织存活的必要结构基础。选择相邻动脉末级分枝结点间的中份作为观测点,是衡量侧副循环潜能的可靠形态指标。

用动物实验、血清酶活性测定、计算机图象分析、吻合中间带的形态定量和血管壁细胞的定性及 DNA 定量测定,观测了肌内动脉侧副吻合在循环重建过程中的动态变化,提出了肌内动脉在建立侧副循环过程中,经历了侧副吻合血管的管腔扩张,管壁细胞增殖和吻合管适应性改建的三个阶段。此外,还提出在建立侧副循环过程中,吻合管的被动扩张是由物理、化学、神经、激素等多因素互相相互作用的结果,相邻动脉中血液灌流压力梯度的改变则是始动因素。至于触发血管壁细胞由静止状态进入活跃的分裂周期,则认为是吻合管的被动扩张,损伤了内皮细胞间的缝隙连接或紧密连接的连续性。这种连接的中断与修复,是刺激血管壁细胞分裂活动或生长抑制的自我调控装置。管壁细胞 DNA 的定量分析显示:内皮细胞 DNA 复制的峰值出现较早,变化幅度明显,也提示了内皮细胞的增殖较平滑肌细胞更为敏感。而吻合管的适应性改建则反映了建立有效侧副循环后的优化选择。从驱动血流通过吻合管做功的角度,部分细径管道的关闭是有利的,血流通过少数大径管道较之通过许多狭窄管道所消耗的能量要小得多。肌内动脉侧副吻合在循环代偿过程中的动态变化规律,为进一步掌握和了解制约重建循环功能的各种有效因素,指导临床应用侧副循环理论和实践,提供了必要的基础理论和实验佐证。

本系列研究获 1987 年度国家自然科学基金资助,研究结果以 12 篇论文分别刊登在英国《Journal of Theoretical Biology》1990 年 146 卷 201—207 页,法国《Surgical Radiological Anatomy》1989 年 11 卷 227—231 页,国内英文版《Journal of Medical Colleges of PLA》1989 年 4 卷 3 期 233—238 页以及《中国解剖学报》、《中华显微外科杂志》等刊物;应邀在第 10 届国际显微外科学术年会、第 1 届国际解剖科学讨论会、以及多个全国性学术会议报告。一些成果被国内有关院校引用或应用。尤其在显微修复外科的基础研究和临床实践中,提出了许多利用优势血管为蒂的游离肌瓣或肌骨,肌皮复合瓣。临床移植超过特定血供范围的肌瓣或复合瓣,能够获得循环代偿,保证移植肌组织的存活。本研究成果获全军科学技术进步二等奖。

THE ARRAY OF ARTERY, COLLATERAL CHANNELS AND CIRCULATORY COMPENSATION IN SKELETAL MUSCLE

Ying Dajun, He Guangchi

(Department of Anatomy, The Third Military Medical College, Chongqing 630038)

Key words artery, collateral circulation, cell proliferation, skeleton muscle

· 信 息 ·

中加资源利用与环境改善高技术 学术研讨会在京举行

由中国国家自然科学基金会、中国科学院和加拿大冷海资源工程中心(C-CORE)联合召开的“中加资源利用与环境改善高技术学术研讨会”4月24—28日在北京举行。国家科委副主任徐冠华、中国科学院副院长陈宜瑜、国家自然科学基金委员会副主任胡兆森、孙枢以及加拿大冷海资源工程中心总裁 Jack Clark 博士及中加双方的代表 70 余人出席了会议。会议的主要目的是：(1) 通过双方科学家、工程师和企业家的技术交流与合作，推进中加双方的资源与环境技术研究、开发、示范与商业化，以求得科研、教学、产业的一体化发展；(2) 讨论与确定中加双方即将合作建立的“中加资源高技术中心”的项目范围与运转方法。

资源持续利用和环境保护是目前全球关注的热点问题。在我国，随着经济的快速发展，环境问题日趋严重，迫切需要利用高新技术手段来解决。加拿大政府、学术界和工业界经过多年的努力，在如何利用高新技术解决资源持续利用和保护环境方面积累了丰富的经验，特别是把高新技术转化为生产力的运行机制和管理方法值得借鉴。

胡兆森副主任在开幕式上的讲话中指出：关于资源与环境问题，我们面临的工作很多，压力也很大。但是我们已经取得了一些很好的成果，打下了一定的基础；中国有充分的人力资源和广阔的潜在市场。我们同加拿大同行一起取长补短，发挥各自优势，必将产生一种新的生产力，来共同面对 21 世纪的这一重大战略问题。

由中国国家自然科学基金委员会、中国科学院和 C-CORE 决定共同筹建的“中加资源环境高技术中心”（简称 SCH-CORE 或中加中心）将设在中国科学院生态环境研究中心。SCH-CORE 的宗旨是中、加合作组织双方科技界、企业界及政府有关部门联合参与，通过高科技及智能系统的应用研究及其产业化，为解决资源合理开发和高效利用、环境保护与环境改善等重大问题，促进绿色科技体系的建立及人类社会的可持续发展而努力。

(国际合作局 袁幼新 供稿)