

Multislice CT  
Angiography

多层螺旋CT  
血管成像

---

◆ 名誉主编 林曙光

◆ 主 编 梁长虹 赵振军

---


# 多层螺旋 CT 血管成像

Multislice CT Angiography

---

名誉主编 林曙光

主 编 梁长虹 赵振军

 人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

---

图书在版编目(CIP)数据

多层螺旋 CT 血管成像 / 梁长虹, 赵振军主编. — 北京: 人民军医出版社, 2008.5  
ISBN 978-7-5091-1767-5

I. 多… II. ①梁…②赵… III. 血管疾病—计算机X线扫描体层摄影—诊断学 IV. R543.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第065107号

---

策划编辑: 高爱英 文字编辑: 任海霞 董建军 责任审读: 黄栩兵

出版人: 齐学进

出版发行: 人民军医出版社 经销: 新华书店

通信地址: 北京市100036信箱188分箱 出编: 100036

质量反馈电话: (010)51927270; (010)51927283

邮购电话: (010)51927252

策划编辑电话: (010)51927300-8172

网址: [www.pmmj.com.cn](http://www.pmmj.com.cn)

---

印刷: 三河市春园印刷有限公司 装订: 春园装订厂

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 24.75 字数: 578千字

版、印次: 2008年5月第1版第1次印刷

印数: 0001~2500

定价: 220.00元

---

版权所有 侵权必究

购买本社图书, 凡有缺、倒、脱页者, 本社负责调换

---

## 内 容 提 要

作者在广泛收集最新研究成果的基础上，结合自己长期的科研和临床经验，系统地介绍了CT设备、CT扫描技术、CT图像质量的控制、对比剂相关知识及应用技术，重点介绍了各部位血管的CTA成像技术及其临床应用。本书内容丰富翔实，通俗易懂，实用性强，适合从事影像学诊断和介入诊疗的各级医师、技术人员或从事血管疾病治疗的各级临床医师、医学生及相关专业的研究生阅读参考。

## 编著者名单

- 名誉主编 林曙光
- 主 编 梁长虹 赵振军
- 副主编 黄 飏 刘 波 张水兴 曾庆思
- 编著者 (以姓氏汉语拼音为序)
- |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 崔燕海 | 高 强 | 何 晖 | 黄 飏 | 黄美萍 |
| 李景雷 | 梁长虹 | 刘 波 | 刘 辉 | 刘红军 |
| 刘健萍 | 刘其顺 | 刘 岷 | 刘于宝 | 刘再毅 |
| 牟 峰 | 潘爱珍 | 茹光腾 | 侍 丽 | 王秋实 |
| 谢淑飞 | 余元新 | 曾 辉 | 曾庆思 | 张 佳 |
| 张金娥 | 张水兴 | 张忠林 | 赵振军 | 郑君惠 |
| 周 涛 |     |     |     |     |
- 学术秘书 王广谊





**林曙光** 主任医师、教授、博士生导师。先后毕业于中山医科大学和广东省心血管病研究所,留学于美国 John Hopkins 大学和澳大利亚 Monash 大学。现为广东省人民医院院长,广东省心血管病研究所所长兼任心血管内科主任。

兼任中华医学会心血管病学分会副主任委员,中国医师协会心血管内科医师分会副会长,美国心脏科学院院士,香港心脏专科学院顾问院士,以及《岭南心血管病杂志》中英文版、《中华心血管病杂志》等 14 种杂志的主编、编委。先后在国际著名的心血管研究杂志《Circulation Research》和国内核心期刊《中华医学杂志》等国内外学术刊物上发表论文 80 篇;主编《心血管药理学》、《临床药理学》等专著,参与编写专著共 7 部。主持或参与了 40 多种药物的临床药理研究工作,并领导有关人员成功地进行了 12 例心脏移植和 1 例心肺移植手术。目前承担国家“十一五”攻关项目 2 项,国家自然科学基金 3 项,先后获国家医学科技进步奖、卫生部科技进步奖、广东省科技进步奖 8 项。培养了多名博士、硕士研究生。



**梁长虹** 主任医师、博士生导师。现为广东省人民医院影像医学部主任兼放射科主任。兼任中华医学会放射分会委员,中华医学会放射学分会腹部学组委员,广东省医学会放射学分会副主任委员以及《中华放射学杂志》、《临床放射学杂志》、《中国影像医学技术》等多家专业杂志编委。先后在国际著名的专业杂志《Clinical Radiology》、《Journal of Computed Assisted Tomography》、《Abdominal Radiology》

和国内核心期刊《中华放射学杂志》等发表论文 60 余篇。参与或主编《鼻咽癌影像诊断学》、《多层螺旋 CT 扫描方案》等学术专著 7 部。主持翻译专著《造影剂增强磁共振三维血流成像》。主持多项广东省自然科学基金、广东省重点攻关课题、广东省卫生科学研究基金,参与了多项“十一五国家科技支撑计划”项目。先后获得广东省科技进步奖、广东省医药卫生科技进步奖多项。



**赵振军** 主任医师、教授、硕士研究生导师。现为广东省人民医院放射科行政副主任。兼任中华医学会放射学分会心胸学组委员、中华放射学会广东省分会委员、广东省重大急性呼吸道传染病诊断专家组成员、广东省矽肺诊断专家组成员。参加和承担广东省、广州市科研课题4项，参与多项国际多中心临床研究。

发表论文10余篇，为2部专著的副主编，并参与了3部专著的编写。从事影像诊断工作20余年，尤其擅长胸部疾病的影像学诊断，在肺癌早期诊断及鉴别诊断方面做了大量的工作，具有非常丰富的临床经验，其中肺肿瘤血流动力学及功能方面的研究获得了多项科研基金资助，并有多篇肺肿瘤灌注方面的文章在国家级杂志上发表。



# 序 言

CT的发明,对医学诊断学是一场革命,螺旋CT技术的发明,又是在CT技术上的一次革命。螺旋CT技术使得CT的数据采集实现了容积采集和三维后处理。多层螺旋CT技术的发明,则又是螺旋CT技术的重大技术突破,使扫描速度加快,Z轴向空间分辨率提高,实现了各向同性三维后处理和高时间分辨率动态扫描。

CT血管成像(CTA)是螺旋CT问世后不久产生的,随着多层螺旋CT的普及应用,CT血管成像技术的临床应用越来越广泛。它是一种简便、实用、微创的检查方法。CT血管成像可以同时显示血管腔内、腔外和血管管壁病变,既可实现大范围解剖血管成像,又可实现小范围小血管精细显像,甚至可用于研究运动器官的血管。总体上看,全身各大脏器的血管都可以行CTA检查。对脏器的血管可以显示到3~4级分支水平;对肺动脉甚至可以显示更细更远端分支;对于怀疑冠状动脉病变者,不仅可以作为筛查手段,而且对其病变程度和范围显示效果已基本可满足临床诊断要求;对于肾动脉病变的诊断,已经超越了DSA的价值,完全可以满足介入或手术前的诊断需要。

CTA的临床应用日益广泛,但CTA成像技术尚不规范,一些常用概念也还存在一定争议。广东省人民医院梁长虹教授等主编的《多层螺旋CT血管成像》,为CTA成像技术规范及其临床深入应用做出了相应指导。本书以大量的临床实践和扎实的科研为基础,并参阅了最新文献编著而成,是一部学术性高、实用性强、有新意的专业参考书,非常适合影像科和相关学科医生参考。相信本书的出版将受到广大读者的欢迎。

梁长虹  
2007年11月12日

# 前 言

近年来,多层螺旋CT的发展非常迅速,临床应用范围越来越广泛,其中CT血管成像(CTA)的应用也越来越普及。随着多层螺旋CT机器设备硬件和软件技术的不断改进,以及工作站后处理能力的不断加强,有理由相信,CTA将会成为更多血管性疾病的首选检查方法,并为CT诊断提供更多信息。

随着设备扫描速度的加快,可能获得的信息会越来越多,但要获得这些信息,就必须充分理解多层螺旋CT设备、技术及相关问题。多层螺旋CT血管成像不但与CT设备相关,而且与对比剂的使用也密切相关,但是目前针对血管性疾病CTA诊断的专业著作尚缺乏,为顺应临床工作需要,我们编写了此书。

多层螺旋CT具有1次屏气扫描覆盖范围大、Z轴向空间分辨率高、时间分辨率高等特点,可在相当高的时间分辨率获得各向同性的图像,基本消除部分容积效应伪影和阶梯状伪影,完成常规CT不能完成或不能很好完成的检查,如冠状动脉CT血管成像。随着技术进展,对小血管的分辨和显示也将大大改善,能显示出器官或脏器的毛细血管灌注解剖图像,这都将极大地扩充CTA的应用范围。多层螺旋CT扫描速度加快后,对比剂使用技术策略也需要进行相应调整,否则,难以获得最佳血管强化状态下的图像。

本书全面系统介绍了CT设备、CT扫描技术、CT图像质量的控制、对比剂相关知识及应用技术、各部位血管的CTA成像技术及其临床应用。书内资料主要来自广东省人民医院多年的经验积累和研究成果,同时参阅并引入了国内外最新文献资料和先进经验。全书共分24章,对全身血管性病变的CTA诊断做了较为详细的阐述,编写过程中尽量突出CTA的临床实用性,力求做到全面、易懂。

南方医科大学南方医院张雪林教授和佛山市第一人民医院潘爱珍主任医师分别提供了部分病例图片,在此,我们表示由衷的感谢。在本书编写过程中,本科室全体同事给予了积极配合和大力协助,谨此一并表示衷心的感谢。

书中疏漏之处,恳请同道及广大读者批评指正!

梁长虹 赵振军

# 目 录

<b>第 1 章</b>	<b>CT 对比剂分类</b>	<b>1</b>
第一节	CT 对比剂及其发展简史	1
第二节	对比剂分类	3
第三节	CT 增强对比剂的给药途径	5
<b>第 2 章</b>	<b>CT 对比剂化学结构相关知识</b>	<b>10</b>
<b>第 3 章</b>	<b>CT 对比剂药动学</b>	<b>16</b>
第一节	药物在体内的基本过程	16
第二节	药效学模型	18
第三节	碘对比剂药动学例证	21
<b>第 4 章</b>	<b>高浓度碘对比剂与 CTA</b>	<b>24</b>
第一节	高浓度碘对比剂应用理论	24
第二节	CTA 扫描技术及其临床应用概况	30
<b>第 5 章</b>	<b>碘对比剂不良反应</b>	<b>34</b>
<b>第 6 章</b>	<b>CT 的发展简史</b>	<b>43</b>
第一节	CT 的主要结构	43
第二节	各代 CT 扫描仪的特点	45
第三节	CT 发展的展望	48

<b>第 7 章</b>	<b>螺旋 CT 的发展及技术原理</b>	<b>51</b>
第一节	螺旋 CT 原理概述	51
第二节	多层螺旋 CT 发展现状	53
<b>第 8 章</b>	<b>电子束 CT 及其临床应用</b>	<b>65</b>
第一节	EBCT 主要构造和扫描方式	65
第二节	EBCT 在心血管诊断中的应用	68
<b>第 9 章</b>	<b>CT 血管成像扫描方法</b>	<b>74</b>
第一节	静脉内对比剂团注影响 CTA 的因素	75
第二节	团注时间和延迟时间	79
第三节	扫描参数的选择	82
第四节	后处理 CTA 血管图像	84
<b>第 10 章</b>	<b>CTA 扫描的图像后处理</b>	<b>85</b>
第一节	常见图像后处理方法	86
第二节	图像编辑	94
<b>第 11 章</b>	<b>CT 血管成像的评价</b>	<b>97</b>
第一节	CT 血管成像质量评价	97
第二节	CT 血管成像临床价值评价	99
<b>第 12 章</b>	<b>CTA 临床应用概况</b>	<b>106</b>
第一节	概述	106
第二节	CTA 的适应证、禁忌证和注意事项	107
第三节	CTA 在全身各部位的临床应用	108
<b>第 13 章</b>	<b>CT 脑血管成像</b>	<b>118</b>
第一节	脑部动脉解剖及 CTA 成像技术	118
第二节	CTA 在脑动脉系统疾病的应用	121



第三节	脑静脉解剖及 CTA 成像技术	128
第四节	CTV 在脑静脉系统疾病的应用	130
<b>第 14 章</b>	<b>颈动脉及椎动脉 CT 血管成像</b>	<b>134</b>
第一节	颈部动脉解剖及 CTA 成像技术	134
第二节	颈动脉粥样硬化性狭窄	136
第三节	椎动脉狭窄	139
第四节	颈动脉及椎动脉夹层	141
第五节	颈动脉假性动脉瘤	144
第六节	动静脉瘘	146
第七节	颈动脉体瘤	148
<b>第 15 章</b>	<b>肺部 CT 血管成像临床应用</b>	<b>152</b>
第一节	肺部的 CTA 技术方法	152
第二节	肺动脉栓塞	155
第三节	CTA 在肺癌诊断中的应用	159
第四节	支气管扩张	162
第五节	肺隔离症	166
第六节	肺动静脉畸形	169
<b>第 16 章</b>	<b>多层螺旋 CT 冠状动脉成像</b>	<b>173</b>
第一节	冠状动脉 CTA 成像技术	173
第二节	正常冠状动脉解剖及 CTA 表现	176
第三节	临床应用	179
<b>第 17 章</b>	<b>多层螺旋 CT 心脏及大血管成像</b>	<b>189</b>
第一节	64 层螺旋 CT 心脏及大血管成像技术	189
第二节	心脏大血管节段解剖	190
第三节	先天性心脏病	193
第四节	心包疾病	214
第五节	心脏肿瘤	218



<b>第 18 章 主动脉 CT 血管成像</b>	<b>222</b>
第一节 扫描技术及方法	222
第二节 正常主动脉 CT 血管成像	224
第三节 多发性大动脉炎	225
第四节 真性动脉瘤	227
第五节 假性动脉瘤	231
第六节 动脉夹层	233
<b>第 19 章 肾血管 CT 成像</b>	<b>241</b>
第一节 肾血管 CTA 技术方法	241
第二节 肾血管的正常解剖与变异	242
第三节 肾动脉病变	245
第四节 肾静脉病变	254
<b>第 20 章 肝脏螺旋 CT 血管成像</b>	<b>262</b>
第一节 肝脏 CTA 检查技术	262
第二节 肝脏血管解剖基础	266
第三节 肝脏动脉病变 MDCTA	270
第四节 肝脏静脉病变 MDCTA	273
第五节 肝移植	283
<b>第 21 章 腹部血管 CT 成像</b>	<b>289</b>
第一节 腹部血管 CTA 检查技术	289
第二节 胃肠血管解剖	291
第三节 胃肠道动脉性病变	293
第四节 胃肠道静脉性病变	303
第五节 胰腺 CT 血管成像	312
第六节 脾血管 CTA	322
<b>第 22 章 盆腔疾病 MDCTA 应用</b>	<b>328</b>
第一节 盆腔 MDCTA 扫描技术	328

第二节 MDCTA 在盆腔血管病变中的应用	330
<b>第 23 章 肢体 CT 血管成像</b>	<b>341</b>
第一节 肢体动脉 CT 血管成像	341
第二节 肢体静脉 CT 血管成像	355
<b>第 24 章 肿瘤与血管</b>	<b>364</b>
第一节 肿瘤微血管灌注	364
第二节 肿瘤血管生成与 CT 灌注成像	367
第三节 CT 灌注成像在肿瘤中的应用	369
第四节 常见部位肿瘤的 CT 灌注成像	371

### 第一节 CT对比剂及其发展简史

造影是一种常用的X线检查方法,在CT检查中往往称之为增强(enhancement)。人们通过X线可以隔着皮肉看到人体内某些内部器官或组织的形态,因此,便有了X线透视(fluorescopy)和X线摄片(photogram)检查。但是,在相当一部分人体组织结构中,如果只依靠它们本身的密度差异,无论X线还是CT检查都不能显示其形态。在这种情况下,可以将密度高于或低于该组织密度的某种特定物质引入器官、组织或其周围间隙,使之产生对比以显影,此即造影检查(contrast examination)。被引入的物质被称为对比剂(contrast medium)。造影检查(或CT增强检查)的应用显著地扩大了X线(包括CT)的临床应用范围,能够增加更多信息以帮助诊断。

#### 一、对比剂

广义的X线对比剂是指能被引入体内从而产生组织对比的各种物质。按引入物质密度的高低分为低密度对比剂和高密度对比剂两大类。

低密度X线对比剂为原子序数低、比重小的物质。目前应用于临床的有二氧化碳、氧气、空气等气体,还有脂质类等。气体可用于蛛网膜下隙、关节囊、腹腔、胸腔及软组织间隙的造影,甚至门静脉造影等。

高密度X线对比剂为原子序数高、比重大的物质。CT或X线常用的高密度对比剂有钡剂类和碘剂类。钡剂主要用于食管及胃肠造影,而且目前基本上用于常规X线造影检查,但有的产品用于CT胃肠道检查。碘剂类包括无机碘、水溶性碘剂或脂溶性碘剂,主要用于心血管、蛛网膜下隙、尿路、气管支气管、瘘管造影等检查。CT造影检查主要应用碘对比剂。



## 二、CT对比剂的发展简史

CT对比剂的前身是X线数字减影血管造影(DSA)对比剂。理想的CT对比剂应具备如下特点:①造影成分含量高;②合成简单及产量高;③体内外稳定性好;④具有无限的水溶性;⑤黏稠度低;⑥无生物活性。

1895年, Roentgen发现X线2个月后, Haskek和Lindental首次在离体上肢的动脉内注入白垩溶液进行了动脉造影(arteriography)的尝试。自1924年美国的Brooks用50%的碘化钠成功地做了第一例股动脉造影以来,对比剂产品不断地更新换代。作为主要经肾脏排泄的碘对比剂共经历了两个发展阶段:离子型(ionic)阶段和非离子型(non-ionic)阶段。

1928年, Mouses Swick首先发明了用于肾盂造影的静脉注射对比剂Iopax(Uroselectan),即苯酸钠盐,其为离子型对比剂,化学结构为1个苯环(benzene ring)带1个碘原子(iodine)。1930年又出现了以Diodrast(碘吡拉舍)为代表的双碘化合物,其化学结构为1个分子的苯环上带2个碘原子。双碘化合物经历了一个比较长的时期,到了1950年出现了以Uroken(乌洛康、学名Acetrizolate,醋碘苯酸钠)为代表的三碘化合物,其化学结构为1个苯环分子上带有3个碘原子。20世纪50~60年代又出现了一系列三碘化合物,如Hypaque(泛影酸钠)、Urografin(泛影葡胺)和Conray(碘他拉葡胺)等,这是现代对比剂史上的第一次飞跃。经过以上这些发展,对比剂的毒性在不断降低,但它们在化学结构上有一个共同点,即都是离子型对比剂。也就是说,对比剂在溶液中离解为阳离子(cation)和阴离子(anion)。虽然其毒性在降低,但使用中仍可发生比较严重的不良反应(side reaction)。比如:在心血管造影时,呼吸、血压和心电图发生变化;冠状动脉造影引起心室颤动、心肌收缩无力和心肌损害。尤其重要的是,这类离子型对比剂的神经毒性较大,大部分不能用于蛛网膜下隙注射。

1969年,瑞典年轻的放射学家Torseen Almen首先提出了非离子化碘水对比剂的理论,开辟了对比剂发展历史上的新纪元。在挪威奈科明公司(Nycomedas)的协助下合成了第一个应用于临床的非离子型对比剂Amipaque(甲泛葡胺)。1973年开始应用于临床,这是对对比剂发展史上的一个里程碑。非离子型单体对比剂的出现是现代对比剂史上的第二次飞跃。1982年奈科明公司又推出了第二代非离子型对比剂Omnipaque(碘海醇)。同一时期,其他公司推出了类似产品。意大利Bracco(博莱科)公司的Iopamidol(碘帕醇,商品名碘比乐),德国先灵公司的Ultravist(优维显),美国生产的Ioversol 320(商品名Optiray,安射力)。

20世纪70年代末,德国先灵公司开始研制非离子型二聚体(dimer)对比剂,以进一步降低渗透压(osmotic pressure)。其中碘曲仑(Iotrolan,即伊索显, Isovist)被证实具有无限水溶性,碘浓度为300mg/ml对比剂溶液与体液等渗,且机体耐受性很好。其缺点是相对分子质量太大(相对分子质量为1626),黏稠度(viscosity)较高。非离子型二聚体的出现被视为现代对比剂史上第三次飞跃。同类产品有碘克沙醇,又称威视派克(Iodixanol, Visipaque),性能与碘曲仑相似。

随着新型对比剂的不断研制和开发,对比剂的使用领域也不断扩大,以至造影检查成为影像学诊断中不可缺少的手段。

(何 晖 黄 颺 梁长虹 刘 波)