

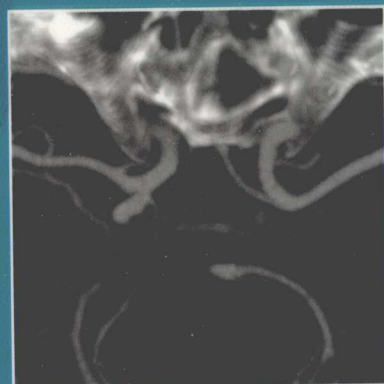
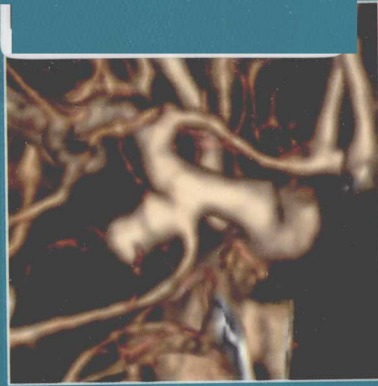
主 编 / 吕发金 谢 鹏

主 审 / 罗天友 吕富荣

Atlas of Clinical Application
of VCTDSA in Cerebral Vessels

脑血管容积CT 数字减影血管造影

——临床应用图谱



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

第 2 版
2015 年 12 月第 1 次印刷

A Review of Clinical Applications
of MIP/CTA in Cerebral Vessels

脑血管容积CT

数字减影血管造影

——临床应用图谱



人民卫生出版社
RENMIN JIAOYU CHUBANSHE

脑血管容积 CT 数字减影血管造影

——临床应用图谱

Atlas of Clinical Application
of VCTDSA in Cerebral Vessels



人民軍醫出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

脑血管容积CT数字减影血管造影——临床应用图谱/吕发金, 谢鹏主编.

—北京: 人民军医出版社, 2010.5

ISBN 978-7-5091-3663-8

I. ①脑… II. ①吕…②谢… III. ①脑血管疾病—计算机X线扫描体层摄影—脑血管造影—图谱 IV. ①R816.2-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 060716 号

策划编辑: 高爱英 文字编辑: 刘兆会 刘新瑞 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

邮编: 100036

质量反馈电话: (010) 51927290; (010) 51927283

邮购电话: (010) 51927252

策划编辑电话: (010) 51927242

网址: www.pmmp.com.cn

印刷: 潮河印业有限公司 装订: 恒兴印装有限公司

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16

印张: 15.5 字数: 361 千字

版、印次: 2010 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 0001 ~ 2000

定价: 168.00 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

本书旨在帮助读者详细了解脑血管 VCTDSA 技术和其临床应用。第 1 章到第 3 章讲解了脑血管成像方法及 VCTDSA 技术原理和图像后处理方法的基础,第 4 章到第 13 章重点介绍了正常脑血管及临床最常见的脑血管病变如颅内动脉瘤和血管畸形、脑梗死、缺血性疾病、脑出血、颅内静脉及静脉窦病变、脑外伤后血管病变、颅内肿瘤脑血管的 VCTDSA 检查及表现,第 14 章介绍了 VCTDSA 与脑 CT 灌注成像结合的临床应用。

本书可供影像科、神经内科、神经外科医师参考学习,以提高脑血管 VCTDSA 扫描技术,规范图像后处理操作,促进脑血管病诊疗水平。

编著者名单

主 编 吕发金 谢 鹏

主 审 罗天友 吕富荣

编著者 (以姓氏笔画为序)

- 毛 芸 重庆医科大学附属第一医院放射科 主治医师 医学硕士
- 方维东 重庆医科大学附属第一医院放射科 副主任医师 医学硕士
- 吕发金 重庆医科大学附属第一医院放射科 主任医师 医学博士
- 吕富荣 重庆医科大学附属第一医院放射科 主任医师 医学学士
- 牟 君 重庆医科大学附属第一医院神经内科 主治医师 医学博士
- 李 琦 (女) 重庆医科大学附属第一医院放射科 住院医师 医学硕士
- 李 琦 重庆医科大学附属第一医院放射科 住院医师 医学博士
- 李咏梅 重庆医科大学附属第一医院放射科 副主任医师 医学博士
- 肖智博 重庆医科大学附属第一医院放射科 住院医师 医学硕士
- 沈 云 GE 中国 CT 影像研究中心 首席科学家 工学和医学博士
- 张志伟 重庆医科大学附属第一医院放射科 技师 医学硕士
- 张丽娟 重庆医科大学附属第一医院放射科 住院医师 医学硕士
- 欧阳羽 重庆医科大学附属第一医院放射科 副主任医师 医学硕士
- 罗天友 重庆医科大学附属第一医院放射科 主任医师 医学硕士
- 房文皓 湖南省长沙市中心医院放射科 住院医师 医学硕士
- 郭 英 GE 中国 CT 影像研究中心 科学家 医学硕士
- 展群岭 重庆医科大学附属第一医院神经内科 副主任医师 医学博士
- 黄小兰 重庆医科大学附属第一医院神经内科 副教授 医学博士
- 曹会志 GE 中国 CT 影像研究中心 科学家 医学博士
- 彭 娟 重庆医科大学附属第一医院放射科 副主任医师 医学硕士
- 蒋孝先 重庆医科大学附属第一医院放射科 住院医师 医学硕士
- 曾勇明 重庆医科大学附属第一医院放射科 主任技师 医学学士
- 谢 惠 重庆医科大学附属第一医院放射科 副主任医师 医学硕士
- 谢 鹏 重庆医科大学附属第一医院神经内科 主任医师 医学硕士
- 廖静敏 GE 中国 CT 影像研究中心 科学家 工学硕士
- 熊 昕 重庆市第一人民医院神经内科 住院医师 医学硕士

脑血管疾病是严重危害人类健康的常见病,在不同人群(儿童、青年和中老年)均可发病,尤以中老年人群为主,具有发病率、病死率、致残率、复发率、并发症发生率高和疾病负担重等特点。随着全球人口的老龄化和发病年龄的年轻化,该病发生率呈逐年升高趋势,在疾病死亡谱的排位明显前移,全球年均发病率和病死率分别为200/10万人和100/10万人;中国城市居民人群中年均发病率和病死率分别为219/10万人和116/10万人,农村地区分别为185/10万人和142/10万人。该病每年死亡人数达120万~150万,每24秒即可夺去一人生命;存活者中3/4出现不同程度的残疾,脑卒中更是导致人群寿命平均缩短12年。

脑血管疾病的发生主要由血管病变所致,其防治重点应放在脑血管自身的研究上。脑血管疾病已从神经病学中派生而出,形成一门以神经系统血管疾病诊断和治疗为主要研究对象的新分支学科——血管神经病学(vascular neurology)。2003年美国医学专科委员会(ABMS)批准建立血管神经病学学科,经该委员会论证合格的神经科医师可参加血管神经病学资格考试,考试通过并经认证后可成为血管神经科医师(vascular neurologist);血管神经科医师资格认证由美国精神病学与神经病学委员会(ABPN)完成;专科医师培训由美国毕业后医学教育学会(AAGME)组织,通常需经2~3年时间的强化培训。血管神经科医师主要从事神经系统血管疾病的诊断、治疗和管理,尤其强调影像学技术在疾病诊断方面的应用。美国在2004年举办了第一届血管神经病学培训班,并于2005年5月举行了第一次血管神经病学专业考试;中国在2006年11月也召开了第一届血管神经病学论坛。

血管神经病学主要研究脑血管疾病,血管病变诊断和治疗的新技术又进一步促进了该学科的迅猛发展。血管影像学诊断的新技术和新方法不断涌现,如CT血管造影(CT angiography, CTA)、磁共振血管造影(magnetic resonance angiography, MRA)、数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)、三维数字减影血管造影(3D-DSA)、四维磁共振血管造影(4D-MRA)等,为脑血管疾病的防治奠定了基础。目前脑血管影像学检查除能够显示主干血管外,尚可显示1~5级血管分支,为血管神经病学的脑血管疾病研究和脑高级神经功能探索提供了强有力的保证。容积CT数字减影血管造影(volume computed tomographic digital subtraction angiography, VCTDSA)是一种自动血管减影技术,可获得完整的全脑血管图像,小血管空

间分辨率高，在临床和科研工作中应用日益广泛，对血管神经病学的发展起到了积极的推动作用，使我国脑血管疾病研究和临床实践能力达到国际先进水平。

该书以丰富的临床病例资料为基础，结合大量翔实的影像学图片，理论联系实际，可以帮助影像和临床医师诊断、鉴别诊断脑血管疾病。本书易学、易懂，且可读性很强，适合影像科医师、神经内外科医师和相关学科的研究生学习和阅读。

谢 鹏

中华医学会神经病学分会副主任委员
中国医师协会神经内科分会副会长
重庆医科大学附属第一医院神经内科教授

脑血管病严重危及人类身体健康，其疾病基础始于血管，而医学影像学可活体观察和诊断血管病变，是脑血管病诊断的重要依据。随着近年来影像学技术的迅猛发展，脑血管病影像学诊断也越来越重要，大大提高了脑血管疾病的临床诊疗水平，改善了脑血管病的预后。

动脉插管 DSA 技术是判断脑血管异常的金标准，但因有创、存在严重的并发症风险以及病人接受度低等不足，难以作为脑血管病诊断的常规技术。CTA 是静脉内团注对比剂，在血管内对比剂高峰浓度进行图像采集，通过计算机三维图像处理得到血管图像，诊断脑血管病变的重要方法，特别是多层螺旋 CT 的出现及发展，使脑血管 CTA 技术越来越完善，可清楚显示脑内细小血管分支，检出微小血管病变，故脑血管 CTA 已成为脑血管病临床诊断的一种常规技术。但该技术受颈椎、颅骨等骨结构影响，邻近骨结构的血管显示困难，特别是椎动脉、颈内动脉颅底段、静脉窦等，因而对该区域血管病变漏诊率较高。为了去除骨结构干扰，出现了各种减影或去骨技术，各有一定的优势和不足。

容积 CT 数字减影血管造影 (volume computed tomographic digital subtraction angiography, VCTDSA) 是利用数字减影血管造影的原理，使用 64 层 CT 采集容积数据，得到三维无骨结构干扰的血管图像。该技术由重庆医科大学附属第一医院和 GE 中国 CT 影像研究中心共同开发，其基本原理是在两次扫描中球管曝光角度保持同步，同时应用平扫低 kV 和低 mA 技术降低辐射剂量，获得双能量减影血管图像，故又称为同步双能数字减影 CTA。该技术特点是全自动减影，获得全脑血管完整的血管图像，通过后处理技术，完整显示各区域血管，避免了操作者伪像。该技术原理亦可应用于其他厂家的 CT 机器。随着该技术的不断完善和临床推广，越来越多的医院将其应用于临床，但对于该技术的优化和规范化，目前尚无统一标准。我们在临床工作中积累了丰富经验，同时继续优化扫描技术，对图像后处理方案进行了规范化，希望此书的出版能把我们的应用经验介绍给使用该项技术的医师，使更多的临床医师了解该项脑血管技术，共同提高脑血管病的诊疗水平。

本书编写从临床实用性出发，全书共 14 章，约 40 万字，730 多幅图像。第 1 至第 2 章回顾了脑血管病影像学技术的发展历程，第 3 章重点介绍了脑血管 VCTDSA 技术原理和图像后处理方法，紧密结合临床实际工作，具有很强的指导性；第 4 章介绍了正常脑血管 VCTDSA 表现，作为以下各章节的一个铺垫，第 5 至第 6 章介绍了临床最常见的脑血管病变——颅内动脉瘤和血管畸

形，从临床诊断的角度简要介绍了相关疾病的背景知识，病例介绍从临床及图像后处理出发，显示病变的特征，得出诊断，最后结合临床使读者对该技术有更深入的认识。第7章介绍脑梗死的VCTDSA诊断，该章从脑血管供应区域着手，绘制了以MRI、CT图像为背景的血管供血区域图，帮助读者理解脑梗死及血管供应，使图像后处理医师更加快捷地检出病变血管，病例以发生梗死的区域分类，最后讨论了脑缺血的侧支循环通路；第8至第9章介绍了目前临床最常见的两类缺血性疾病，描述了其VCTDSA表现，图文并茂地介绍了后循环缺血的新进展。第10章介绍了脑出血的VCTDSA血管改变，从临床发病率高低分为高血压和非高血压性脑出血，重点是利用VCTDSA发现出血的病因。第11章介绍颅内静脉病变，重点介绍静脉及静脉窦血栓的VCTDSA成像技术及诊断。第12章介绍脑外伤血管VCTDSA表现，分血管损伤和血管继发改变两类。第13章介绍颅内肿瘤的VCTDSA表现。第14章介绍VCTDSA与脑CT灌注成像结合的临床应用。

本书在构思和写作过程中，重庆医科大学附属第一医院罗天友副院长、吕富荣副院长给予了亲切关怀和大力支持，作为医学影像学专家，他们还直接参与了本书的编写和审阅；本书得到了GE中国CT影像研究中心科学家团队的大力支持，他们承担了技术原理章节的编写，使本书的基础理论部分知识更加准确；在本书各章节的编写过程中，得到了重庆医科大学附属第一医院放射科欧阳羽主任、曾勇明副主任、各位科内同事及神经内科各位医师的大力支持，使得本书能够顺利完成，在此向各位专家和同仁表示最诚挚的感谢！

特别要感谢我的恩师——神经内科的谢鹏教授。在攻读神经病学博士学位期间，是他使我从一个单纯影像诊断医师蜕变为一个更具临床思维的神经影像学医师和研究者，使我对临床问题更敏锐，促使我把影像技术应用于解决临床问题，并产生更多的新想法，由此来开发新技术，从而更好地解决临床重大疑难问题。在本书的创作思路和架构上，谢教授给予了极大的支持和帮助，和我一起多次讨论本书的各章节内容，使得本书能顺利完成，在此再一次向谢教授表示由衷的感谢！

影像学技术发展日益加快，对于VCTDSA技术的理解和完善均需进一步地研究，我们的知识相对有限，书稿中的错误和疏漏之处，敬请各位专家和读者批评指正，以待日后进一步完善。

吕发金

重庆医科大学附属第一医院放射科

目 录

第 1 章	脑血管影像成像方法	1
第一节	脑血管造影	1
第二节	脑血管 CT 血管造影	2
第三节	脑血管 MR 血管造影	6
第四节	脑血管影像的其他技术	7
第 2 章	脑血管成像减影技术	10
第一节	数字减影血管造影	10
第二节	减影 CT 血管造影	11
第三节	减影 MRA 技术	13
第 3 章	脑血管 VCTDSA 扫描及后处理技术	17
第一节	脑血管同步减影 CTA 技术	17
第二节	VCTDSA 扫描技术参数优化	19
第三节	对比剂应用方案优化	21
第四节	头部固定方法	23
第五节	脑血管 VCTDSA 图像后处理原则	24
第六节	脑血管 VCTDSA 各血管显示方法	24
第 4 章	正常脑血管 VCTDSA 表现	42
第一节	脑动脉系统 VCTDSA 表现	42
第二节	脑静脉系统 VCTDSA 表现	52
第 5 章	颅内动脉瘤 VCTDSA 诊断	58
第一节	概述	58
第二节	VCTDSA 检查及后处理技术要点	61
第三节	各部位动脉瘤 VCTDSA 表现	61
第四节	颅内动脉瘤的比较影像学 (CTA、MRA 与 DSA)	77
第五节	颅内动脉瘤术后 VCTDSA 表现	80

第 6 章	颅内血管畸形 VCTDSA 诊断	88
第一节	脑动静脉畸形 VCTDSA 表现	88
第二节	硬脑膜动静脉瘘 VCTDSA 表现	94
第三节	静脉畸形 VCTDSA 表现	101
第四节	Sturge-Weber 综合征 VCTDSA 表现	107
第 7 章	脑梗死 VCTDSA 诊断	115
第一节	脑动脉供血与静脉引流	115
第二节	VCTDSA 检查及后处理技术要点	122
第三节	脑叶脑梗死 VCTDSA 表现	122
第四节	腔隙性脑梗死 VCTDSA 表现	132
第五节	分水岭脑梗死 VCTDSA 表现	137
第六节	脑底异常血管网症 VCTDSA 表现	144
第七节	脑缺血和梗死血管重建	150
第 8 章	短暂性脑缺血发作 VCTDSA 诊断	158
第 9 章	后循环缺血的 VCTDSA 诊断	166
第一节	椎动脉形态学与后循环缺血	166
第二节	颈椎退行性变与后循环缺血	168
第三节	后循环缺血的 VCTDSA 与 TCD 影像学比较	170
第 10 章	脑出血 VCTDSA 诊断	174
第一节	高血压性脑出血 VCTDSA 表现	174
第二节	非高血压性脑出血 VCTDSA 表现	180
第 11 章	颅内静脉及静脉窦血栓形成 VCTDSA 诊断	186
第一节	脑静脉及静脉窦血栓形成 VCTDSA 表现	186
第二节	脑静脉及静脉窦血栓形成 VCTDSA 随访	194
第 12 章	颅脑外伤后血管病变 VCTDSA 诊断	200
第一节	创伤性血管病变 VCTDSA 表现	200
第二节	颅脑外伤后继发性血管改变 VCTDSA 表现	206
第 13 章	颅内肿瘤脑血管 VCTDSA 诊断	213
第 14 章	脑血管 VCTDSA 联合 CT 灌注的临床应用	227
第一节	脑血管 VCTDSA 联合 CT 灌注技术研究	227
第二节	脑血管 VCTDSA 联合 CT 灌注成像的临床应用	227

脑血管影像成像方法

脑血管影像学是显示活体脑血管解剖结构的方法，在脑血管疾病的诊断和术前评价中有不可替代的作用。随着影像技术不断发展，脑血管造影技术也不断提高，数字减影血管造影 (digital subtraction angiography, DSA) 的出现提高了脑血管疾病诊断水平，被视为诊断颅内血管疾病的金标准。近年来，在数字减影基础上出现了 3D-DSA, CT 血管造影 (CT angiography, CTA) 及磁共振血管成像 (magnetic resonance angiography, MRA), 使脑血管影像检查技术得到广泛发展。

第一节 脑血管造影

【发展简史】

1927 年，葡萄牙人 Moniz 与其学生 Lima (神经外科医师)，通过对狗动物实验及尸体解剖发现颈动脉注射溴化锇 X 线下可显示脑动脉系统，随即首先创立了脑血管造影检查技术并成功将之应用于临床。1943 年 Linderger 在 Moniz 的基础上又介绍了经皮颈总动脉插管全脑血管造影技术。1958 年 Seldinger 较为系统地报道了经皮股动脉插管全脑血管造影的诊断方法，从而基本满足了脑血管病诊断与治疗的需要。由于这一技术的广泛应用，对脑血管病的研究取得了革命性的进步。

【原理与方法】

脑血管造影是将碘对比剂通过动脉入路直接注入到动脉使血管显影，通过 X 线机快速连续摄片，根据血管显影的形态和部位来诊断脑血管病的方法。根据将对比剂注入动脉或静脉分为动脉 DSA 和静脉 DSA 两种，由于动脉 DSA 血管成像清楚，对比剂用量少，所以临床上广泛应用。临床上根据导管注药的部位将脑血管造影分为颈动脉造影、椎动脉造影、全脑血管造影和静脉窦造影等。脑血管造影既可以显示血管本身的形态改变，如扩张、畸形、痉挛、狭窄、阻塞、出血等，又可根据血管位置的变化，确定有无占位性病变。

【临床应用】

(1) 缺血性脑血管病：包括其他影像学诊断技术发现有脑血管狭窄和 (或) 闭塞、短暂性脑缺血发作 (TIA)、脑梗死。颅内动脉狭窄是卒中发作或再发的重要原因，30% ~ 70% 的脑梗死与颅内外动脉狭窄有关。

(2) 出血性脑血管病：年轻患者出现脑出血，需高度怀疑颅内动静脉畸形；中老年患者出现蛛网膜下腔出血，90%的病因为颅内动脉瘤；可疑动静脉瘘、脑底异常血管网症等均应行脑血管造影明确诊断。

(3) 后循环缺血：患者有明显头晕，特别是怀疑椎-基底动脉病变时，双上肢血压明显不对称（血压差 > 20 mmHg）或锁骨下动脉盗血。

(4) 临床可疑静脉窦炎性或非炎性血栓。

(5) 非动脉粥样硬化性血管病（包括神经皮肤综合征、遗传性疾病、血管炎等），烟雾病。

(6) 头颈部外伤、外伤性颅内出血、鼻出血、颅面部血管病变。

(7) 颅内肿瘤，包括脑膜瘤、胶质瘤、室管膜瘤等。

(8) 脑积水、脑萎缩，临床定位有困难者。

【优势与不足】

脑血管造影术的诞生和广泛应用，使脑血管病研究取得了革命性的进步，被认为是影像学技术诊断颅内动脉瘤方法中的金标准。它能够清楚地显示动脉瘤的部位、形态、大小、数量，动脉痉挛及其部位、载瘤动脉与其他血管之间的解剖关系，对评估预后、确定手术方案有重大价值，尚可同时观察是否伴有其他脑血管病变、侧支循环、血流动力学变化和血管优势侧。脑血管造影检查还可同期进行压颈试验或球囊闭塞试验，以明确与动脉瘤治疗有关的血流动力学变化。

该项检查方法一直被公认为诊断脑血管病的金标准，但有创、费用昂贵且术后出血等严重并发症一直是被关注的问题。传统的经颈动脉脑血管造影穿刺方法难度大、损伤血管几率大、术后出血量大，甚至可导致患者重残或死亡。双侧颈动脉、椎动脉造影，多角度、多次曝光以及操作者的经验问题可导致辐射剂量增加和造影结果不准确，有时可出现假阴性，还有少数患者可因动脉瘤内血栓形成、动脉瘤与其他动脉重叠或血管痉挛等情况而导致漏诊。

（房文皓 吕发金）

第二节 脑血管 CT 血管造影

目前，由于16层以上（含16层）的多层螺旋CT（multi-slice CT, MSCT）真正实现了扫描中体素采集的各向同性，从而为实现各种高质量的影像后处理及获得高空间分辨率影像奠定了基础。MSCT短时间内完成大覆盖范围的连续扫描，加上强大的计算机后处理功能，多层螺旋CT血管成像（multi-slice CT angiography, MSCTA）已广泛用于全身各部位血管结构的显示，尤其是在脑血管成像。

【发展简史】

1989年，单层螺旋CT问世，CT血管成像（CT angiography, CTA）即开始应用于脑和全身血管疾病的诊断。1998年出现了多层螺旋CT（4层），随后几年相继出现了8层、10层螺旋CT，以及2001年又推出了16层螺旋CT，在脑部CTA方面的应用更多，为临床医生提供了细节非常清晰的诊断信息。2003年出现了64层螺旋CT，成为螺旋CT发展的新亮点。

由于单层螺旋CT空间分辨率低，并且存在扫描速度慢、阶梯伪影及运动伪影等问题，

对于脑部血管疾病,单层螺旋CTA影响了小动脉瘤的检出及细微病变结构的显示。MSCT的主要优势体现在以下几个方面:①空间分辨率明显提高,层厚更薄,可以显示微小血管病变;②时间分辨率明显提高,由于探测器排数增加,显著提高了薄层采集速度,加上计算机后处理功能的显著提高,实际操作时间可控制在10 min以内,适合急诊的要求;③对比分辨率更佳,高速扫描保证了对比剂团注(bolus)的效果,尽可能地拉开了所要显示的血管与不需要显示的结构之间的密度差,保证了后处理重建的效果。但是,由于受扫描速度的影响,16层及其以下的多层螺旋CT不能确定血流方向,不易准确掌握最佳延迟时间,难以排除大脑静脉血管影像的干扰。64层螺旋CT采用更宽的探测器及更快的扫描速度(0.33~0.35秒/周),进一步提高了采集信息的时间分辨率,缩短了扫描时间,所以能够分别显示动脉期及静脉期。

【原理与方法】

1. 成像技术 CTA是螺旋CT问世后不久出现的一种非创伤性的血管检查方法。基本原理是经静脉注射对比剂,利用螺旋CT在对比剂充盈高峰期,进行连续原始数据的容积采集,然后运用计算机的后处理功能,最终重建靶血管立体影像的血管成像技术。

延迟扫描时间对脑血管CTA非常重要。目前确定延迟扫描时间的方法有经验设定、小剂量对比剂测试及SmartPrep跟踪触发技术3种,后二者较前者更客观准确。以经验值设定延迟时间,选取范围为17~20 s,因个体差异的存在,很难保证每位患者都能获得最佳血管影像,常常会因过早地实施扫描而使靶血管未显影或因过晚扫描而使靶血管内对比剂峰值已逝,显影浅淡。小剂量对比剂测试虽可获得个体化的强化曲线,准确设定延迟扫描时间,但需要增加对比剂的用量,也延长了检查时间。MSCT中的SmartPrep跟踪触发技术直接采用CT值作为触发阈值,所以比小剂量试验以延迟时间预测要达到的CT值更为方便。血管内对比剂峰值到达阈值触发到真正开始扫描有3~4 s延迟,触发阈值较难统一,何况每个人的增强峰值不同,采用同一阈值不完全符合个性化处理原则。如何选择最佳延迟时间,值得进一步研究。

2. 图像后处理技术 常用的脑血管CTA重组技术如下。

(1) 多平面重组技术(MPR),包括曲面重组技术,主要用于观察血管的毗邻关系,使迂曲的血管在同一平面上显示;

(2) 最大密度投影(MIP),其图像优点是将不在一个平面的结构显示在同一个二维平面上,显示细节较精细,但是立体感差,不能去除血管周围骨骼及钙化等高密度结构的遮盖;

(3) 容积再现(VR),主要用于三维立体观察血管情况,因不同结构间有一定的透明度,且利用了容积扫描范围内所有的数据,较表面遮盖法重组技术图像更精细,又有很强的三维空间感,尤其适合显示重叠的血管、血管与邻近结构的三维关系;

(4) 表面遮盖法(SSD),可直接提取血管,作用同容积再现,但三维立体空间效果不如后者,容易丢失部分原始数据,有时出现伪像,易受所选阈值的影响。

【临床应用】

1. 动脉瘤 动脉瘤(aneurysm)是动脉壁因病变局限性向外突出而形成的永久性扩张,可为管壁的先天性缺陷所致,也可以是获得性的。动脉瘤破裂引起的蛛网膜下腔出血病死率可高达50%。

(1) 主要优点:①迅速获得数据结果,并且费用低;②能够提供更为完整的解剖信息,

如动脉瘤的邻近结构及其关系、瘤体与瘤颈的关系、瘤壁的钙化及瘤腔内的血栓等；③有利于快速、准确地制定手术计划；④ CTA 检查几乎没有危险和不适。对于大小约为 4mm 的动脉瘤，有报道认为 CTA 的敏感性要比传统的 DSA 高，其特异性与 DSA 相同。对于颈内动脉来源的动脉瘤，尤其是床突下的动脉瘤，由于受到颅底骨质影响，CTA 难以显示瘤体全貌，也不易显示瘤颈。

(2) 主要作用：①通过图像的旋转，术者可通过“按图索骥”的方法找到动脉瘤并成功夹闭；②由于 CTA 能显示 A1 段的优势侧，有助于确定从何侧颈内动脉进行插管，特别有益于老年主动脉弓过度扭曲者；③能测量动脉瘤的大小，了解颈内动脉虹吸段是否有急剧的转弯，有助于确定是否需要采用瘤颈辅助技术；④能充分了解动脉瘤与一些分支血管的关系，防止误栓。对于动脉瘤钛夹夹闭术后，CTA 可以较好地评价术后瘤体的闭塞程度，有无瘤颈的残留，载瘤动脉及大血管的通畅程度，有无血管痉挛等。至于钛夹引起的金属伪影，非常轻微，并不影响对图像的观察。

2. 脑血管畸形 属先天性中枢神经系统血管发育异常，其中以动静脉畸形 (arteriovenous malformations, AVM) 为主，占 90% 以上。CTA 能清楚显示 AVM 的供血动脉、畸形血管团及引流静脉，并能清楚显示其空间关系以及病灶的毗邻结构，为预测动静脉畸形出血的可能性提供重要信息。CTA 亦能清晰显示与动静脉畸形相关的动脉瘤 (AVM relative aneurysm)，如供血动脉动脉瘤及引流静脉的静脉瘤 (venous aneurysm)。另外，CTA 对急性出血期的动静脉畸形有独特的价值，由于血肿的 CT 值与增强后的脑血管相差较大，故不影响图像质量，并且可显示动静脉畸形与血肿的关系。还可利用 CTA 原始图像，准确测量病灶大小，显示并发症 (如出血、脑梗死软化、萎缩) 等，这对手术方案的选择非常重要。

3. 颈内动脉海绵窦瘘 颈内动脉海绵窦瘘 (internal carotid-cavernous fistulae, ICCF) 是指颈内动脉海绵窦段或其分支破裂，与海绵窦之间形成异常的动静脉沟通，可引起突眼、眼球运动障碍、耳鸣等。CTA 能够显示 ICCF 的大小、形状、范围及引流静脉；可直接显示瘘口部位、大小及数目；并能清楚显示颈内、外动脉及主要分支的走行、管腔大小、管壁厚度、与海绵窦的关系及其他供血动脉；全面了解眼眶、颌面部骨骼和软组织与异常血管的关系。对于颈内动脉海绵窦瘘栓塞术后的评价，MSCTA 能够清楚显示栓塞部位，有无瘘口残留。

4. 头颈部血管狭窄及闭塞性病变 颅内动脉及颈部动脉的慢性狭窄、闭塞是引起脑缺血的常见原因，大多数患者表现为反复短暂性脑缺血或可逆性缺血性神经功能丧失，发生完全性脑卒中的几率明显增高，所以必须早期诊断和治疗。对于头颈部血管狭窄及闭塞病变的显示，CTA 具有以下优势：①血管成像范围广，能很容易完成头颈部血管联合显示；②可同时显示血管及其相邻骨结构，从而判定它们之间的关系；③能判断血管腔内及管壁斑块。在判断血管阻塞方面，急性期同时行 CTA 与 DSA 检查者，两者一致性达 86% ~ 100%；亚急性期血管造影可能因阻塞血管的自发性再通或继发性再出血而与急性期不一致，即使如此，当 CTA 与所有亚急性期及急性期 DSA 结果相比较时，二者的符合率仍可达 86%。尽管有部分学者认为 CTA 过低估计了血管狭窄程度，但近年来随着螺旋 CT 的发展，其层厚更薄，特别是 16 层及 64 层螺旋 CT 0.6 ~ 0.625 mm 层厚的原始图像能清晰显示血管腔和血管壁的细微改变，对管腔狭窄程度以及斑块性质的评价更准确。另外，多层螺旋 CT 灌注成像 (CT perfusion imaging, CTP) 也已经较为广泛地应用于临床。CTP 能够分析脑组

织的血流动力学改变,在做CTP检查的同时,还可进行CTA检查,对颈动脉及颅内外其他动脉的狭窄程度以及有无侧支循环作出准确的判断,这有利于从功能和形态学方面,指导临床选择治疗方法和评估预后。

5. 颅内动脉延长扩张症 CTA可以充分显示粗大血管的真实面貌,并可以清楚显示血管腔及壁的钙化。基本可以判定,高质量的MSCTA图像对于本病的诊断可以取代DSA。

6. 烟雾病 烟雾病(moyamoya disease, MMD),又称Moyamoya病、“脑底异常血管网症”,其特点是颅内动脉闭塞性改变,并有脑底部“烟雾状”纤细新生血管网形成。CTA可以显示颅内大动脉闭塞性改变,并可见自颅底向上的多支纤细血管影,还能显示DSA无法显示的脑实质继发改变。CTA对烟雾病诊断的相关报道甚少,其价值有待进一步研究。

7. 静脉窦的通畅性 CTA可清晰显示静脉窦是否通畅。对颅缝早闭,CTA可显示静脉窦,防止术中损伤。

8. 脑肿瘤 CTA能够显示肿瘤邻近血管的闭塞、压迫与移位,还可显示肿瘤与血管、颅骨的位置关系。对于血供丰富的肿瘤,用MIP重建,可显示瘤内的小血管和丰富的血供;用VR重建,可显示瘤周和瘤内粗大血管的位置与通畅情况。

9. 头颈外伤 CTA可同时显示面颅骨和头颈部大血管的损伤。

【优势与不足】

DSA最初广泛用于颅内占位性病变和脑血管病的诊断。CT诞生后,颅内占位性病变首选CT检查。DSA仍被认为是脑血管病最有效的检查手段,但因具有创伤性,可诱发颅内出血,使其应用受到限制。急性脑出血或蛛网膜下腔出血的患者常因不能及时获得病因诊断,延误治疗而导致死亡。CTA弥补了DSA不足,并具有以下优越性。

1. 安全性好 CTA检查是经肘前静脉注入对比剂,几乎无创伤,不会造成严重不适反应,一般不诱发颅内出血,较DSA安全。对于怀疑动脉瘤的蛛网膜下腔出血患者,CTA是及早获得诊断的安全有效检查手段。在国内外,CTA在某种程度上逐步取代DSA,使DSA的应用范围进一步缩小。

2. 检查时间短 螺旋CT扫描速度快,增强扫描多在30秒内完成。扫描后的数据处理和3D重建均在计算机工作站完成,并且在检查中不需中断治疗。一次扫描可显示双侧颈内外动脉系统和椎-基底动脉系统的血管结构,不需多次打药和扫描。尤其适于不能配合检查的躁动患者。

3. 病变定位准确 CTA可显示脑血管三维空间的立体结构,并可进行任意方位和角度的旋转,以使病变得以最清晰的显示。CTA不仅可显示脑血管病变的形态、大小及与周围血管的解剖关系,而且能够显示脑血管与颅骨的关系,有助于手术方案的制定。

4. 图像清晰 CTA可同时显示颈动脉系、椎-基底动脉系及Willis环,利于观察颅内动脉供血全貌,DSA则难以做到。与MRA相比:①CTA的矩阵为 512×512 ,而MRA是 256×256 ,CTA空间分辨率高,显示血管的精确度及清晰度优于MRA;②CTA成像在于血管内对比剂,不存在MRA因血流状态的微小改变引起信号丢失而致的伪像;③CTA可同时显示血管性病变中血管壁的钙化;④体内有电子装置金属异物者不能做MRA,而CTA不受此限制;⑤CTA扫描时间短,图像受脑内血肿或蛛网膜下腔出血密度干扰小。

5. 适用范围广 CTA不仅可显示动脉瘤、AVM、颅内大血管闭塞等脑血管病,还可显示脑血管与肿瘤、颅骨之间的关系。