

减影去骨技术在头颈 CT 血管双期成像中的应用

梁明柱, 柳学国, 秦培鑫, 何燕丽, 陈凯, 丁香莲

【摘要】 目的:比较减影去骨法与手动去骨法对头颈血管 CT 成像的差异,探讨减影去骨法的应用价值。**方法:**51 例患者 30 例行脑动脉 CTA(12 例行脑静脉 CTV),另外 21 例行头颈动脉 CT 成像。先测试颅底动脉达峰时间,平扫后根据达峰时间行动脉期扫描,必要时立即行静脉期扫描;动脉增强、平扫薄层图像同层相减生成动脉期三维图像,少量残余骨质辅以手动去骨,同样方法处理静脉系统。以手动去骨处理血管增强的原始图像得到动脉(和静脉)三维结构图。观察颈根动脉、颈 5 椎体-颅内动脉以及脑静脉的完整度,观察颅内血管分支、颅底-颈 5 椎体动脉的清晰度,计算动脉系统成像后处理消耗的时间,与手动去骨成像对比。**结果:**减影去骨法显示颈 5 椎体-颅内动脉的完整性优于手动去骨($\chi^2=27, P=0.008$),前者显示脑静脉的完整度明显好于后者,但两种方法显示颈根部动脉的效果都一般;手动去骨显示颅内动脉分支的清晰度优于减影去骨法($\chi^2=9, P=0.01$),显示颅底-颈 5 椎体动脉的清晰度差异无显著意义($\chi^2=5.6, P=0.06$);减影去骨处理动脉系统消耗的时间明显少于手动去骨($t=-11.16, P<0.001$);总共发现有病变的患者 32 例,其中减影去骨法对颅底血管狭窄和动脉瘤显示立体效果更好。**结论:**减影去骨法可显示血管全貌,对病变立体定位更好,但是脑部小血管亮度欠佳,对患者固定要求高。

【关键词】 减影技术; 血管造影术; 体层摄影术, X 线计算机

【中图分类号】 R814.42; R732.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2009)02-0204-05

Bone-Subtraction Dual Phase CT Angiography for Cerebral and Cervical Vessels LIANG Ming-zhu, LIU Xue-guo, QIN Pei-xin, et al, Department of Radiology, the 5th Affiliated Hospital of SUN Yat-Sen University, Guangdong 519000, P. R. China

【Abstract】 Objective: To compare the effects of bone-subtraction (BS) CT angiography (CTA) and manual bone elimination (MBE) CTA for the vessels from aortic arch to brain and explore the application value of bone-subtraction CT angiography. **Methods:** 51 patients (21 for cervical and cerebral artery, 30 for cerebral vessel). The arterial peak time in the plane of skull base was determined by test-bolus sequence. The patients were kept stable when plain and enhanced scans (delayed time was the vessel peak time) were taken. Plain images were subtracted by arterial phase images for artery processing, the remaining bone was processed by MBE, the cerebral vein was processed by the same method for 12 patients. The source images were also processed by MBE (assisted by threshold elimination) for artery and vein. The artery (in the collar, from the 5th cervical vertebra to brain) and cerebral vein integrity were evaluated, the details of the vessel from 5th cervical vertebra to the skull base and the vascular branch in the brain were observed, the time of BSCTA for artery was compared with that of MBECTA. **Results:** The integrity of artery from the 5th cervical vertebra to brain processed by BS was better than that by MBE ($\chi^2=27, P=0.008$), BS surpassed MBE for cerebral vein, the quality of the collar vessel was poor both with MBE and BS. The details of brain vessel branch were found better by MBE than by BS ($\chi^2=9, P=0.01$), there was no significant difference between BS and MBE for the artery from 5th cervical vertebra to the skull base processed ($\chi^2=5.6, P=0.06$). BS took less time for the artery than MBE ($t=-11.16, P<0.001$). In 32 patients with vascular disease, the arterial stenosis and aneurysm near skull base were revealed to be better by BSCTA. **Conclusion:** Bone-subtraction CT angiography of double phase is suitable for the vessel from the aortic arch to skull base, because the three-dimensional full view of vessels can be easily demonstrated and the disease can be shown more clearly than manual elimination of bone, but it depended on patient's stability during scanning. For the cerebral vessel, it was not so good as manual method.

【Key words】 Subtraction technique; Tomography, X-ray computed; Angiography

近年来螺旋 CT 血管成像(computed tomography angiography, CTA)技术日益成熟,在血管病变诊断中发挥着重要的作用。由于颈椎骨及颅骨的影响,头颈部 CTA 去骨成像相当费时,并且难以显示颈根至颅

顶的血管全貌。本文应用 CT 数字减影去骨法进行头颈部动静脉双期三维重建,探讨减影法在头颈血管成像中的应用价值。

材料与方法

本院 2007 年 11 月~2008 年 5 月共 51 名患者进行头颈血管 CT 成像检查,其中行头颈动脉联合成像

作者单位:519000 广东,中山大学附属第五医院放射科

作者简介:梁明柱(1980-),男,广东信宜人,硕士,主治医师,主要从事心胸影像学诊断工作。

通讯作者:柳学国, E-mail: zhliuxug@pub. zhuhai. gd. cn

21 例,脑血管成像 30 例(12 例怀疑脑静脉疾病患者同时行静脉 CT 成像);其中因 CT 平扫发现脑出血而检查的患者 18 例,CT 平扫发现脑肿瘤患者 5 例,主诉头晕、乏力、头痛等神经症状而检查 28 例,男 21 例,女 18 例,年龄 31~70 岁,平均 42 岁。

西门子 16 层螺旋 CT(Sensation 16),扫描范围为主动脉弓至颅顶(头颈动脉成像)或寰椎至颅顶(脑血管成像);电压 120 kV,准值 0.75 mm;先以 Test Bolus 序列测试颅底水平颈内动脉增强达峰时间,随后以 50 mAs 剂量进行平扫,接着以 140 mAs 进行动脉期扫描(延迟时间为动脉达峰时间,扫描方向从脚至头)。使用非离子型对比剂优维显(300 mg I/ml),注射流率为 3 ml/s,峰值测试剂量 20 ml,增强剂量 70 ml;检查前怀疑静脉系统疾病患者,动脉期扫描完毕后接着行静脉期扫描;在检查过程中轻呼吸,保持头颈不动,直至扫描结束。

重建平扫、增强的薄层图像,层厚 1 mm,间距 0.7 mm;薄层图像调入 VIEW 操作界面进行动脉期与平扫期图像匹配,删除不同层的图像,使两期图像一同层对应。以西门子 16 层螺旋 CT 自带的数字减影软件(digital subtraction)进行减影处理,所得的减影图像传入 3D 处理器,手动法去除残余骨质、皮肤等结构,以 MIP、VR 等方式显示动脉的三维结构,以同样方法处理动静脉双期的图像得到静脉的三维结构;以阈值去骨技术加单纯手动去骨法处理动静脉的三维结构,与减影去骨成像进行比较。

分别对颈根部动脉、颈 5 椎体至颅顶部动脉以及脑静脉的完整度进行等级评分,分为优(血管轮廓完整而且不带骨质)、良(血管轮廓少许残缺或带少许骨质,但不影响观察)、差(血管轮廓残缺不全或带大量骨质,无法观察血管);对颈 5-颅底血管、脑内血管分支的清晰度进行等级评分,分别为优(血管轮廓清晰锐利)、良(血管边缘轻微毛糙或轻微黯淡,但不影响观察)、差(血管边缘毛糙或黯淡模糊,观察不清);分别计算减影去骨法(辅以手动去骨)、手动去骨法(辅以阈值去骨术)处理头颈动脉所用的时间。

以 R×C 卡方检验对比减影去骨、直接手动去骨的优劣;以配对 *t* 检验评价减影去骨、手动去骨法耗时的差异。

结 果

1. 血管完整性(表 1)

大部分患者的双期图像能够良好匹配并成功减影,3 例因运动伪影而减影失败。减影去骨显示颈 5

椎体至颅顶血管的完整度明显优于手动去骨法($\chi^2=27, P=0.008$),但是颈根血管成像效果一般,两种方法的效果一致(图 1);减影去骨显示脑静脉的效果好于手动去骨。

表 1 血管完整性对比

血管部位	结果	减影去骨	手动去骨
颈 5 椎体至颅顶动脉	优	33	0
	良	15	12
	差	3	39
颈根动脉	优	0	0
	良	15	15
	差	6	6
脑静脉	优	12	0
	良	0	12
	差	0	0

2. 血管清晰度(表 2)

手动去骨显示颅内血管分支的清晰度优于减影去骨($\chi^2=9, P=0.01$);两种方式处理颅底至颈 5 椎体血管的清晰度差异无显著性意义($\chi^2=5.6, P=0.06$)。

表 2 血管清晰度对比

血管部位	结果	减影去骨	手动去骨
脑内动脉	优	27	41
	好	23	10
	差	1	0
颅底以下	优	33	42
	好	15	9
	差	3	0

减影去骨(辅以手动去骨)处理 CTA 消耗的时间为(12.7±8.3) s,手动去骨法(辅以阈值去骨技术)为(26.5±12.3) s,减影去骨(辅以手动去骨)的速度明显快于手动去骨法(辅以阈值去骨技术)(*t*=-11.16, *P*<0.001)。

4. 发现病变情况

共有 32 位患者发现血管病变,包括椎动脉全程窄细 4 例(图 1),动脉狭窄 5 例(图 2、3),动脉闭塞 5 例,动脉迂曲 2 例,静脉血栓 1 例,动脉瘤 7 例(图 4),多发动脉瘤并血管狭窄 2 例(图 5),动静脉畸形 2 例(图 6),静脉畸形 1 例(图 7),烟雾病 1 例,动静脉漏 1 例,脑膜瘤压迫动脉 1 例。其中两例颈内动脉虹吸部狭窄以手动去骨处理后无法清晰显示,而减影去骨成像可以很清晰地观察病变部位以及血管狭窄程度;两例虹吸部动脉瘤因与颅底骨关系密切,手动去骨后残留颅骨与血管瘤重叠完全无法区分,减影去骨后可以清晰地观察瘤体结构大小并轻易地判断其来源。

讨 论

CTA 对小动脉瘤的显示效果比磁共振血管造影

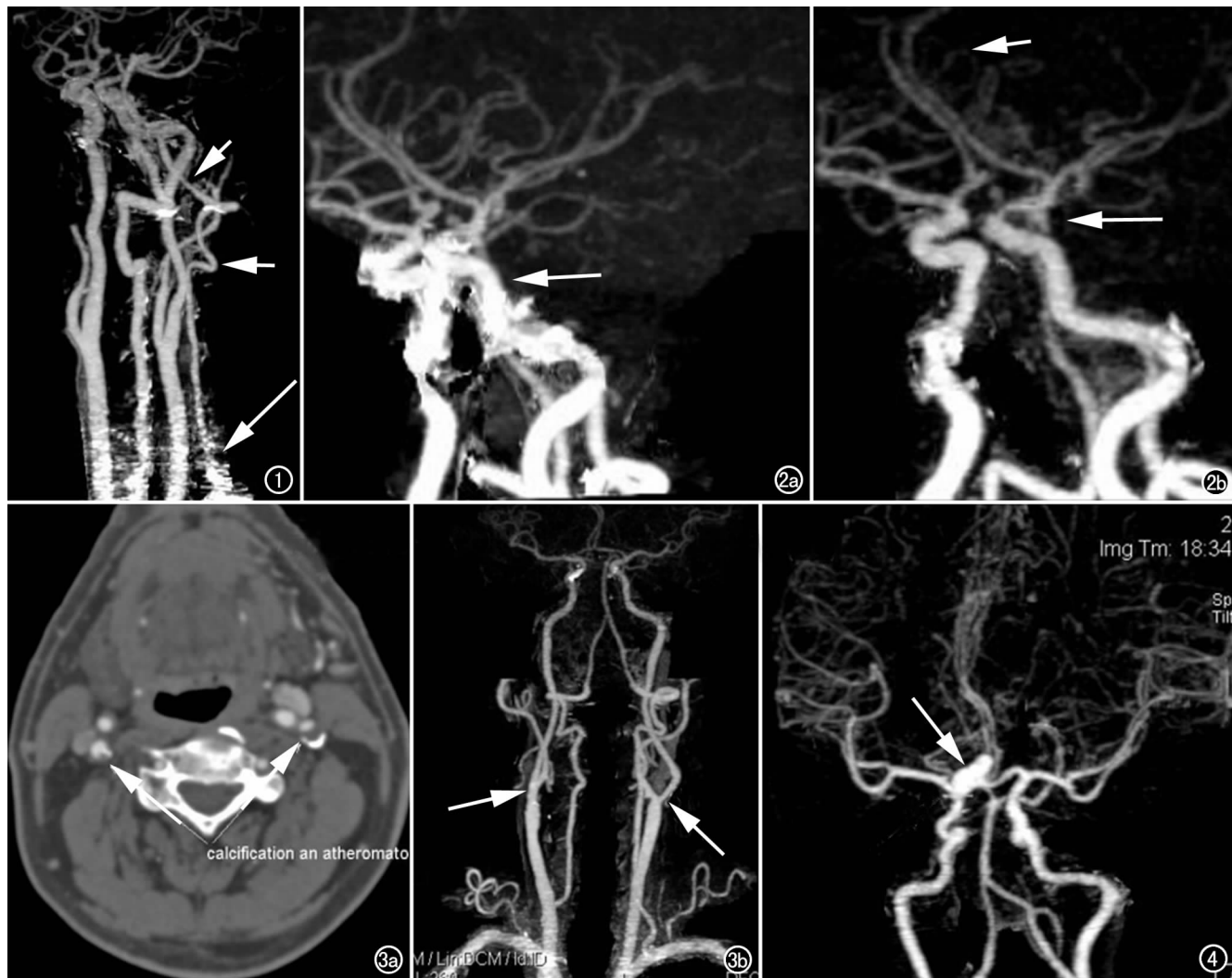


图 1 男, 35 岁, 头晕乏力。减影 CTA 显示左侧椎动脉全程细(箭), 颈 5 至颅顶血管完整度, 颈根部血管完整性差(长箭)。

图 2 女, 59 岁, 左侧肢体乏力。手动去骨无法完整去除骨骼, 颅底部血管显示不清(箭)。a) 减影 CTA 清晰显示左侧颈内动脉虹吸部狭窄(箭); b) 颅内血管分支不如手动去骨显示丰富(短箭)。

图 3 男, 70 岁, 头晕乏力。a) 增强薄层图像显示左侧颈内动脉壁钙化斑块, 右侧颈内动脉壁软斑块(箭); b) 减影 CTA 显示双侧颈内动脉起始部狭窄(箭)。

图 4 男, 53 岁。CT 平扫示蛛网膜下腔出血, 减影 CTA 显示前交通动脉瘤(箭)。

(magnetic resonance angiography, MRA) 更佳, 成像时间更短, 且不受脑内血肿信号及血流速度影响, 但是 CTA, 尤其是头颈 CTA 受骨质遮挡, 血管成像的后处理比较耗费时间^[1]。上世纪九十年代初有学者首先提出数字减影 CT 血管成像的设想^[2], 临床试验显示减影 CTA 能够比较轻易地去除骨质, 比传统的 CTA 更清晰地观察到颅内血管的情况, 在颅底动脉瘤的观察方面的效果明显优于传统 CTA^[3-8]。本文应用数字减影去骨法进行头颈部动静脉成像, 进一步探讨减影去骨法的应用价值。

1. 减影 CTA 的优势

阈值去骨技术基于血管与骨之间的密度差异, 去除高密度的骨质而保留血管, 但是一个密度阈值无法

完全区分血管和骨质, 阈值过高会消除部分血管结构, 阈值过低则残留大量的骨伪影^[9]; 由于颅脑血管与周围骨质重叠, 单纯的手动去骨只能去除部分骨质, 在最大密度投影(MIP)图像上, 高密度的血管和残余骨质互相重叠无法区分, 容积再现(VR)可以同时显示血管和骨质, 但是无法显示完整的血管三维结构, 容易忽略颅底病变, 如动脉瘤、血管狭窄。

CT 图像数字减影软件成像原理类似 DSA 成像技术, 对同层匹配的动脉期、平扫期图像逐层进行相减, 动脉、平扫期图像上密度相同的骨骼大部分都相抵消, 留下高密度的动脉以及其他少许残留结构, 如喉呼吸伪影, 因强化而无法相减的部分脑膜, 由于这些组织结构与血管相离较远, 可以手动去除, 减影处理静脉

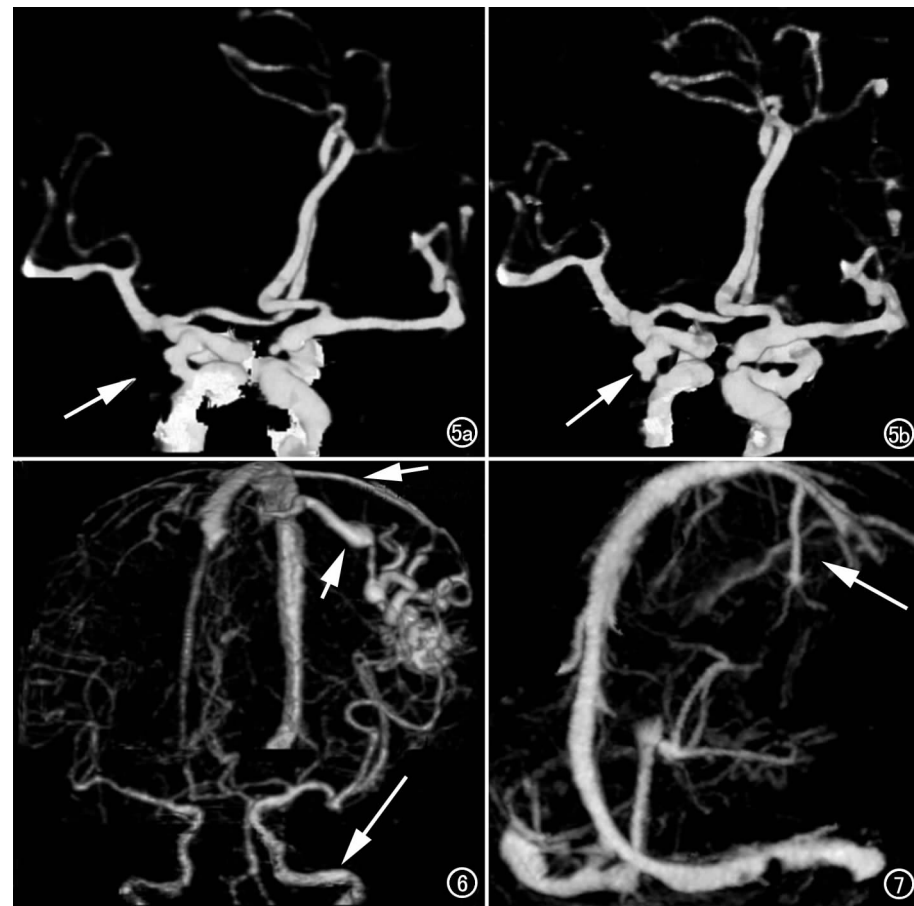


图 5 男, 35 岁, 蛛网膜下腔出血。a) 手动去骨无法完全去除骨骼, 颈内动脉末端后部结节样突出难以与残余骨骼区别(箭); b) 减影 CTA 清晰显示双侧颈内动脉瘤(箭)。

图 6 男, 51 岁, 左侧额顶叶出血。减影 CTA 显示左额顶部动静脉畸形, 两支粗大的供血动脉来自左侧大脑中动脉, 经左顶两支引流静脉汇入上矢状窦(箭), 此外尚可见左侧颈内动脉明显粗大(长箭)。图 7 女, 42 岁。MR 检查疑左侧额顶叶静脉畸形, 减影 CTV 显示左顶部海蛇头状静脉畸形(箭), 经脑表静脉汇入上矢状窦。

系统时, 部分患者尚残留黯淡的动脉影, 也可手动去除。

本文以减影去骨得到血管大范围三维结构, 血管完整性明显好于手动去骨法, 显示颈内动脉虹吸部以下的动脉瘤、血管狭窄等病变更加清晰, 而且对动静脉畸形、静脉畸形的引流静脉立体显示效果更好。

由于减影去除了大部分骨质结构, CTA 后处理消耗的时间明显少于手动去骨法。因头颈动脉联合成像的后处理时间多于单纯的脑动脉成像, 本组病例平均所用时间比文献报道的 6.2~15 min 高^[7]。

2. 减影 CTA 的关键技术

动脉期扫描时间太晚, 海绵窦、乙状窦等静脉系统显影, 与颅底动脉重叠而影响观察, 扫描过早则出现动脉亮度不足的情况。刘军等^[10]报道静脉系统的达峰时间比动脉系统晚大约 4 s。本文将颈内动脉达峰时

间作为延迟扫描的时间, 从脚往头方向扫描以减少颅底静脉系统的影响, 因为对比剂在静脉系统持续的时间较长, 动脉期结束后立即回床进行静脉期扫描, 得到的静脉影像可以满足诊断要求。

减影 CTA 需要进行至少两次 CT 扫描, 参考国外经验本组检查的平扫使用低剂量扫描, 辐射剂量大约增加 20%~25%^[7], 但是从发现血管病变的价值来考虑, 仍然不失为一种较好的选择。

平扫增强检查前必须预先叮嘱患者平静呼吸, 保持头颈部固定不动, 是减影成功的关键。图像减影前需要对相减的薄层图像进行同层匹配, 去除多余层面。本组大部分患者固定良好, 可以得到理想的血管立体图像, 部分患者轻微活动, 减影去骨加手动去骨处理后, 血管图像上仍残留部分骨头或血管结构出现少许残缺, 但是不影响诊断。少数患者因燥动或紧张无法保持头部固定, 双期图像未能一一匹配, 减影图像残留大量骨结构, 部分血管被骨质相减而出现残缺, 只能以手动去骨后以 VR 以及曲面重建显示血管。以特制头套固定药物镇静可有效地减少运动

伪影。

3. 减影 CTA 的不足

减影去骨和手动去骨的颈根部血管都出现不同程度残缺, 总体效果欠佳, 这与检查方式有关。因为对比剂经肘静脉、锁骨下静脉、上腔静脉回流到右心房, 高浓度的造影在颈部形成放射状伪影, 颈 5 椎体以下的颈总动脉、椎动脉容易出现残缺、狭窄假象。此外颈、胸廓入口之间存在一定的密度差异, 扫描过程中射线剂量无法自动补偿, 这也产生一定的伪影。从足部静脉注射对比剂, 设定合适的扫描射线剂量, 有望减少颈部血管的伪影, 但是头颈动静脉扫描时间需要根据测量的达峰时间相应延后。

减影处理的血管, 尤其是颅内血管分支末梢的亮度有所下降, 边缘变得毛糙。增强后的血管亮度与管径有关, 越小的血管亮度越低, 相减后亮度下降越明

显,减影后的血管和周围背景容易出现锯齿、阶梯样的边缘而显得毛糙不清,对于脑动脉分支末梢的显示,减影法不如手动去骨。大血管内对比剂浓度高,减影后血管亮度降低,减影成像后颅底、颈部动脉仍清晰锐利,不同的处理方式处理颅底至颈 5 椎体血管的清晰度无差异。本文认为头颈血管成像优先应用减影成像,对怀疑脑动脉分支病变的患者,可同时通过手动去骨显示大脑前中后动脉及分支,因为后者可以减少处理颅底动脉消耗的时间而获得较好的血管分支观察效果。

总体来说应用减影去骨法进行血管成像,效果明显优于单纯手动去骨,消耗时间更少。减影法可以进行头颈部血管双期立体成像,关键是患者的良好配合。

参考文献:

- [1] Bash S, Villablanca JP, Jahan R, et al. Intracranial Vascular Stenosis and Occlusive Disease: Evaluation with CT Angiography, MR Angiography, and Digital Subtraction Angiography[J]. AJNR, 2005, 26(5):1012-1021.
- [2] Gorzer H, Heimberger K, Schindler E. Spiral CT Angiography with Digital Subtraction of Extra- and Intracranial Vessels[J]. J Comput Assist Tomogr, 1994, 18(5):839-841.
- [3] Venema HW, Hulsmans FJ, den Heeten GJ. CT Angiography of the Circle of Willis and Intracranial Internal Carotid Arteries: Maximum Intensity Projection with Matched Mask Bone Elimination-feasibility Study[J]. Radiology, 2001, 218(3):893-898.

- [4] Majoie CB, van Straten M, Venema HW, et al. Multisection CT Venography of the Dural Sinuses and Cerebral Veins by Using Matched Mask Bone Elimination[J]. AJNR, 2004, 25(5):787-791.
- [5] Sakamoto S, Kiura Y, Shibukawa M, et al. Subtracted 3D CT Angiography for Evaluation of Internal Carotid Artery Aneurysms: Comparison with Conventional Digital Subtraction Angiography[J]. AJNR, 2006, 27(6):1332-1337.
- [6] Sarikaya B, Sarikaya S, Deniz FE, et al. Unregistered Subtracted CT Angiography for the Visualization of Intracranial Arteries at or Near the Skull Base: Preliminary Experience[J]. Diagn Interv Radiol, 2007, 13(3):105-108.
- [7] Tomandl BF, Hammen T, Klotz E, et al. Bone-subtraction CT Angiography for the Evaluation of Intracranial Aneurysms[J]. AJNR, 2006, 27(1):55-59.
- [8] LinksJayakrishnan VK, White PM, Aitken D, et al. Subtraction Helical CT Angiography of Intra- and Extracranial Vessels: Technical Considerations and Preliminary Experience[J]. AJNR, 2003, 24(3):451-455.
- [9] Abrahams JM, Saha PK, Hurst RW, et al. Three-dimensional Bone-free Rendering of the Cerebral Circulation by Use of Computed Tomographic Angiography and Fuzzy Connectedness[J]. Neurosurgery, 2002, 51(1):264-268.
- [10] 刘军, 沈树滨, 肖恩华, 等. 螺旋 CT 脑血管造影造影剂注射速度与延迟时间参数研究[J]. 实用放射学杂志, 2003, 19(7):587-590.

(收稿日期:2008-05-21 修回日期:2008-09-12)

书 讯

艾滋病患者免疫功能损害,并发机遇性感染和相关性肿瘤,严重危及生命。85%艾滋病患者死于并发症的发生。影像学检查是艾滋病并发症的重要诊断方法。

李宏军教授通过 1998 年~2008 年共 10 年的研究特别是留学回国后,深入疫区,亲自采集国内临床第一手资料,总结出中国艾滋病并发症疾病谱系,基本完成中国艾滋病临床应用基础研究。人民卫生出版社全面立项资助,系列出版以下 5 本专著。

《艾滋病影像鉴别图谱》 16 开本,251 页精装,定价 69 元。

《艾滋病临床与影像诊断》 2007 年 1 月由中国医药科技出版社出版,图文并茂,图片 400 余幅,16 开精装本,定价 68 元,全国各大新华书店有售,网上订购或由中国医药科技出版社邮购。

《ATLAS OF DIFFERENTIAL DIAGNOSIS IN HIV/AIDS》 16 开本,276 页精装,定价 70 美元(国际市场价)。2007 年该书被卫生部高等院校教材办公室,人民卫生出版社选为西医参考书“走出去”规划重点出版图书,2007 年 10 月 9 日在德国国际书展上引起强烈反响,畅销欧美发达国家,被美国 NIH 收录。

《艾滋病眼病鉴别图谱》 16 开本,276 页精装,定价 69 元。内容包括眼眶病和眼底病。

《艾滋病影像与解剖、病理对照鉴别图谱》 16 开本,429 页 84 万字,精装,定价 199 元。内容包括艾滋病活体影像、尸体影像、解剖标本及病例对照。

全国各大新华书店有售,网上订购或由人民卫生出版社邮购。地址:100078 北京市丰台区方庄方群园 3 区 3 号楼;邮购电话:010-67605754