·影像技术学·

双源 CT 双能量去骨技术在头颈部血管成像中的应用

曹建新，王一民，杨诚，余婷婷，张昌立，周志刚，王爱军，陶伟，张羽

【摘要】 **目的**：比较双能量去骨与减影去骨对头颈部血管 CT 成像(CTA)的差异，探讨头颈部双能量 CT 血管成像(DECTA)的应用价值。**方法**：50 例患者行 DECTA 检查并行双能量去骨，对照组 45 例患者使用减影 CTA 检查并去骨，然后分别比较 DECTA 和减影 CTA 的图像质量、去骨所用时间及放射剂量，并观察 DECTA 上颈总动脉分叉处钙化的显示效果。**结果**：颅内动脉 DECTA 和减影 CTA 的图像质量差异无显著性意义($Z=0.790$，$P=0.430$)，颈内动脉虹吸段和岩段 DECTA 图像质量优于减影 CTA(虹吸段 $Z=-1.989$，$P=0.047$；岩段 $Z=-2.014$，$P=0.044$)，而减影 CTA 显示颈根部动脉优于 DECTA($Z=3.900$，$P<0.001$)。同时 DECTA 减少约 24.0% 的放射剂量。DECTA 上共有 28 例发现有血管性病变，所有病变显示清晰，其中 10 例并与 DSA 或外科手术对照具有良好的一致性。颈总动脉分叉处 36 个钙化灶中有 8 个钙化灶未在 DECTA 上显示。**结论**：DECTA 显示头颈部血管总体良好，成功率高，且放射剂量明显减少，但对于颈根部动脉显示仍存在一定局限。

【关键词】 血管造影术；体层摄影术，X 线计算机；放射摄影术

【中图分类号】R814.42；R816 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2010)08-0911-04

Dual energy bone removal CT angiography for cerebral and cervical vessels using dual source CT CAO Jian-xin, WANG Yi-min, YANG Cheng, et al. Department of Radiology, PLA 161 Hospital, Wuhan 430010, P. R. China

【**Abstract**】 **Objective**: To compare the effect of dual energy bone removal and subtraction bone removal for cerebral and cervical vessels CT angiography (CTA) and assess the application value of cerebral and cervical dual energy CT angiography (DECTA). **Methods**: 50 patients underwent DECTA for cerebral and cervical vessels, then dual energy bone removal was used for DECTA. Control group with 45 cases underwent subtraction CTA to accomplish bone elimination. We compared the artery image quality, time for bone removal and radiation dose between DECTA and subtraction CTA. We also evaluated the calcification of common carotid artery bifurcation on DECTA images. **Results**: There was no obvious difference for image quality of intracranial artery between DECTA and subtraction CTA ($Z=0.790$, $P=0.430$). The image quality of siphon and petrosal segments of internal carotid artery on DECTA was better than that in subtraction CTA (siphon segment $Z=-1.989$, $P=0.047$; petrosal segment $Z=-2.014$, $P=0.044$), and image quality of artery in the neck on subtraction CTA was better than that on DECTA ($Z=3.900$, $P=0.000$). The radiation dose was reduced with 24.0% using DECTA. 28 cases showed vascular diseases distinctly on DECTA, and 10 of which accorded with DSA or surgery. 8 of 36 calcification focuses in common carotid artery bifurcation were not observed on DECTA. **Conclusion**: In general, the cerebral and cervical vessels image quality is good enough for diagnosis, success ratio is high and radiation dose decreases obviously using DECTA, but there is still deficit for the demonstration of the artery in the collar.

【**Key words**】 Angiography; Tomography, X-ray computed; Radiography

双源 CT (dual source CT，DSCT)目前已经开始应用于临床，其中双能量技术成为 DSCT 的一个新亮点[1-3]。本文运用双源 CT 行头颈部双能量血管成像(dual energy computed tomography angiography，DECTA)，并与常规减影 CTA 相比较，探讨双能量去骨技术在头颈部血管成像中的应用价值。

材料与方法

1. 临床资料

搜集我院 2009 年 4 月～2009 年 9 月 160 例临床怀疑头颈部血管性疾病患者行头颈部血管 DECTA 检查，随机选取其中的 50 例纳入本次研究的对象范围。其中男 28 例，女 22 例，年龄 21～79 岁，平均(58.1±9.3)岁，临床症状主要表现为头晕、头痛、肢体障碍等，其中 4 例有明确的颅内出血病史。另选头颈部血管行减影 CTA 检查的病例 45 例作为对照组，其中男 18 例，女 27 例，年龄 34～81 岁，平均(67.0±9.4)岁。所有患者均无碘剂过敏和严重的肝肾功能不良。

2. 检查方法

所有患者检查前均签署知情同意书，采用DSCTA (Siemens Somatom Definition)检查。扫描范围为主动脉弓至颅顶。DECTA 检查直接行增强扫描，所有患者均经右肘静脉使用双筒高压注射器注射对比剂碘海醇(350 mg I/ml)，注射流率 4.0～4.5 ml/s，采用对比剂自动跟踪触发技术，触发点置于主动脉弓，触发阈值120HU，注入对比剂后10s开始监测，当CT值

作者单位：430010 武汉，中国人民解放军第 161 医院放射科
作者简介：曹建新(1977－)，男，湖北嘉鱼人，主治医师，主要从事 CT 和 MRI 诊断工作。

达到触发阈值后 3 s 自动开始扫描，对比剂注射完后以相同流率追加注射 30 ml 生理盐水。DECTA 管电压：A 球管 140 kV 和 B 球管 80 kV；管电流：A 球管 56 mA和 B 球管 234 mA；准直器宽度 64×0.6 mm，重建层厚 0.75 mm，螺距 0.6～0.8。减影 CTA 检查：常规先行螺旋方式平扫，平扫管电压 120 kV，管电流 60 mA，螺距 1.0，准直器宽度 64×0.6 mm，重建层厚 0.75 mm，增强扫描管电压 120 kV，管电流 120 mA，其它扫描参数均同平扫，对比剂注射方式同 DECTA。同时记录两组患者检查时的放射剂量长度乘积(dose length product，DLP)。

3. 后处理技术

DECTA 方式检查完成后，计算机自动为每个患者重建 140 kV 能量数据、80 kV能量数据及混合能量数据，三种能量的图像数据均自动传送至西门子专用后处理工作站(Syngo MMWP VE31A)。减影 CTA 方式检查完成后，计算机将数据自动传送至后处理工作站。由一位熟悉后处理操作的有经验医师进行操作完成去骨，并记录每次去骨所用的时间，再将去骨后保存的数据在 Inspace 程序中打开，并适当去除少量非目标血管及软骨，再使用 VR 和 MIP 显示血管。

4. 图像质量评价及分析

由两位有经验的高年资医师采用双盲法分别对去骨后的颅内动脉、颈内动脉虹吸段、岩段及颈根部动脉图像质量进行等级评分。其中颅内动脉是指颈内动脉分叉后的血管、椎动脉颅内段、基底动脉及其分叉后的血管和基底动脉环，其评分标准为：5 分，清晰显示脑血管 4 级以上分支，小血管清晰，病变及相邻血管清晰；4 分，显示脑血管 4 级以上分支，小血管较清晰，病变及相邻血管较清晰；3 分，血管密度较淡，显示脑血管 3 级以上分支，小血管显示欠清晰，病变及邻近血管尚清晰；2 分，血管密度较淡，显示脑血管 3 级以上分支，小血管显示不清，病变及邻近血管尚清晰；1 分，血管密度较淡，仅能显示脑血管 2 级或以下分支，小血管不清，无法检出病变。颈根部动脉是指无名动脉至右颈总动脉近段、左颈总动脉近段及左锁骨下动脉近段三个节段。对于颈内动脉虹吸段、岩段及颈根部动脉的评分标准为：5 分，血管显示清晰，管壁光整，无明显缺失；4 分，血管显影较清晰，管腔缺失＜1/4；3 分，血管显影尚可，管腔缺失＜1/3 或少许骨质残存；2 分，血管显影尚可，管腔缺失＜1/2，或有明显骨质残留，基本满足观察；1 分，血管显影差，血管节段性中断、大部分或完全缺如，或带有大量骨质，无法观察。两人结果存在明显异议时，以共同商定的结果进行评分，并由其中一位医师评估双能量去骨后图像对颈总动脉分叉处钙化的显示情况。

5. 统计学方法

所有数据分析均使用 SPS 13.0 统计学软件，比较 DECTA 和减影 CTA 图像质量时采用两个独立样本的非参数等级资料检验，比较DECTA和减影 CTA 去骨所用时间及放射剂量时则使用两个独立样本 t 检验，均以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

结　果

1. DECTA 和减影 CTA 图像质量

颅内动脉 DECTA 组与减影 CTA 组图像质量比较见表 1。

表 1　两组图像质量的评分情况　(例)

检查方法	例数	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分
DECTA	50	35	12	3	0	0
减影 CTA	45	29	10	3	2	1

注：DECTA 双能量 CTA，$Z=0.790$，$P=0.430$。

颅内动脉 DECTA 图像质量为 5 分和 4 分者分别占 70.0%和 24.0%（图 1），无评分为 1 分的病例；减影 CTA 组图像质量为 5 分和 4 分分别占64.4%和 22.2%，有 1 例评分结果为 1 分(表 1)，两组颅内动脉图像质量比较无明显统计学意义($Z=0.790$，$P=0.430$)。颈内动脉虹吸段和岩段两组图像比较均有统计学意义(颈内动脉虹吸段 $Z=-1.989$，$P=0.047$；颈内动脉岩段 $Z=-2.014$，$P=0.044$)，DECTA 组颈内动脉虹吸段和岩段图像质量优于减影 CTA 组，两组中颈内动脉虹吸段及岩段均有部分管腔被去除的现象，但去除程度均较轻(表 2)。DECTA 组颈内动脉虹吸段及岩段均能满足诊断需要；而减影 CTA 组中 5 例患者平扫后头颈部移位非常明显，导致虹吸段及岩段各有 10 个节段有大量骨质未能去除而无法满足诊断要求。两组颈根部动脉均存在不同程度的缺损甚至完全中断，且DECTA组颈根部动脉缺损程度较减影

表 2　颈内动脉虹吸段、岩段及颈根部动脉 DECTA 与减影 CTA 图像质量比较

部位	DECTA 节段数						减影 CTA 节段数					
	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分	合计	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分	合计
虹吸段	26	43	29	2	0	100	21	32	16	11	10	90
岩段	6	43	39	12	0	100	9	25	32	14	10	90
颈根部动脉	37	32	18	21	42	150	59	30	12	16	18	135

注：DECTA 双能量 CTA

CTA 组严重，DECTA 组没有颈根部动脉周围骨质未能完全去除的情况，统计学显示减影 CTA 组颈根部动脉图像质量优于 DECTA 组（$Z=3.900$，$P<0.001$）。

2. DECTA 与减影 CTA 去骨时间及放射剂量

DECTA 组和减影 CTA 组自动去骨所用平均时间分别为（90.0±2.2）s 和（135.0±2.5）s，统计学显示两种去骨方法所用时间有明显差异（$t=93.32$，$P<0.001$），双能量去骨所用时间少于减影去骨所用时间。头颈部 DECTA 和减影 CTA 的 DLP 平均值分别为（317.16±27.25）mGy·cm 和（417.40±33.84）mGy·cm，统计学显示两种方法的 DLP 值有明显差异（$t=15.971$，$P<0.001$），DECTA 组的放射剂量下降了约 24%。

3. DECTA 血管病变显示情况

在 DECTA 组中，共有 28 例发现血管性病变，其中颈总动狭窄 13 例，颈内动脉狭窄 3 例，椎动脉狭窄 3 例，椎动脉开窗畸形 1 例，颅内动脉瘤 4 例（图 2），颅内动静脉畸形 1 例，颅内动脉狭窄及烟雾病 5 例（图 3）。上述所有病变均能在 DECTA 图像上清晰显示。其中 6 例头颈部血管狭窄患者随后行 DSA 检查，4 例颅内动脉瘤患者随后行手术治疗或 DSA 检查，发现头颈部血管病变表现与 DSA 表现或手术所见具有良好的一致性。

4. DECTA 对颈总动脉分叉处钙化的显示情况

仔细核查双能量去骨前横断面图像，发现 23 例患者颈总动脉分叉处有血管钙化，血管钙化数目共 36

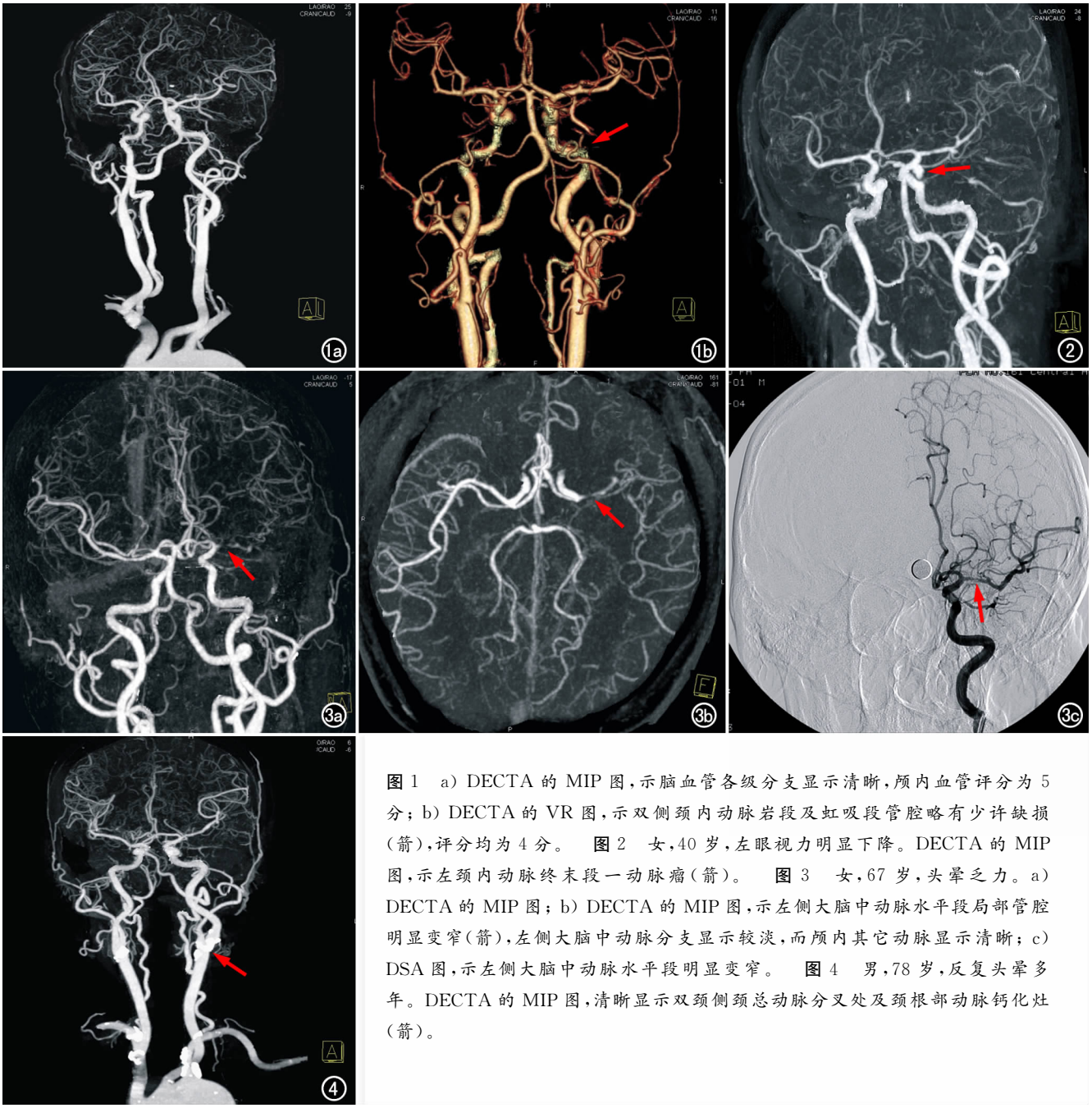

图 1　a）DECTA 的 MIP 图，示脑血管各级分支显示清晰，颅内血管评分为 5 分；b）DECTA 的 VR 图，示双侧颈内动脉岩段及虹吸段管腔略有少许缺损（箭），评分均为 4 分。　**图 2**　女，40 岁，左眼视力明显下降。DECTA 的 MIP 图，示左颈内动脉终末段一动脉瘤（箭）。　**图 3**　女，67 岁，头晕乏力。a）DECTA 的 MIP 图；b）DECTA 的 MIP 图，示左侧大脑中动脉水平段局部管腔明显变窄（箭），左侧大脑中动脉分支显示较淡，而颅内其它动脉显示清晰；c）DSA 图，示左侧大脑中动脉水平段明显变窄。　**图 4**　男，78 岁，反复头晕多年。DECTA 的 MIP 图，清晰显示双颈侧颈总动脉分叉处及颈根部动脉钙化灶（箭）。

个，其中 28 个钙化灶在 DECTA 上显示，有 8 个钙化灶被当作骨质结构去除（图 4）。

讨 论

CTA 对头颈部血管病变的显示效果优于磁共振血管成像，且检查时间更短，但是头颈部血管 CTA 由于骨质的遮挡，手动去骨比较繁琐，花费时间较长，往往难以达到完全去骨要求，特别是对颈内动脉岩段和虹吸段去骨显示更为困难，不利于提高工作效率[4,5]。DSCT 使用双能量模式可以一次采集获得两组不同能量的数据，使区分不同种类的物质成为可能。由于碘和钙的原子序数有明显差异，因而双能量技术可以区分碘和骨质，完成血管成像时去骨要求[6,7]。

DECTA 扫描方式不需要行常规螺旋方式平扫，这一点与减影 CTA 不同，因而可以减少患者检查时间，加快工作流程，同时 DECTA 的放射剂量明显小于减影 CTA。减影 CTA 存在注射对比剂前后因位置不一致导致减影失败或骨质未能完全去除现象，DECTA 则不用考虑这个问题，因而检查成功率非常高[1,8]。本研究中发现 DECTA 绝大多数节段不存在骨质未能完全去除的现象。值得注意的是：行头颈部 DECTA 检查时，螺距明显小于常规减影 CTA，扫描时间相对较长，因而所需对比剂总量应增加，如果对比剂总量不够，会导致颅内动脉图像质量下降。同时本研究发现，DECTA 对血管钙化斑块具有一定的显示能力，如果钙化灶的 CT 值低于 700 HU，一般均能在 DECTA 图像上显示，而常规减影 CTA 显示钙化灶困难。

DECTA 和减影 CTA 显示颈内动脉虹吸段及岩段时，部分血管节段管腔存在被当作骨组织不同程度去除的现象，是因为颅底骨质与上述两个节段血管结合较密切，DECTA 虽然通过调整去骨参数可以适当减轻血管的残缺程度，但无法完全消除，其技术需要厂家进一步改进。DECTA 和减影 CTA 显示颈根部动脉均存在不同程度的残缺甚至完全中断，且 DECTA 较减影 CTA 差，这与检查方式有关。因为对比剂经肘静脉、锁骨下静脉回流至上腔静脉，高浓度的对比剂非常容易在颈根部动脉旁形成明显的放射状伪影，致颈根部血管密度明显低下，出现不同程度的残缺及狭窄假像，而 B 球管使用 80kV 条件时，此现象更为明显。另外，双能量去骨仍会去除掉一些血管壁上的钙化灶，会给诊断带来一些假象，这是由于钙化灶的密度接近或达到了骨质结构的密度。

本组研究也存在一定局限，就是 DECTA 同 DSA 和手术对照的病例较少，双能量 CTA 诊断的头颈部血管疾病的敏感度、特异度和准确度还需要有大样本病例的评估。

总之，头颈部 DECTA 的图像质量总体良好，病变显示清晰，去骨效率高，同时放射剂量比常规减影 CTA 明显减少。

参考文献：

[1] Watanabe Y, Uotani K, Nakazawa T, et al. Dual-energy direct bone removal CT angiography for evaluation of intracranial aneurysm or stenosis: comparison with conventional digital subtraction angiography[J]. Eur Radiol, 2009(19): 1019-1024.

[2] Morhard D, Fink C, Graser A, et al. Cervical and cranial computed tomographic angiography with automated bone removal: dual energy computed tomography versus standard computed tomography[J]. Invest Radiol, 2009, 44(5): 293-297.

[3] Uotani K, Watanabe Y, Higashi M, et al. Dual-energy CT head bone and hard plaque removal for quantification of calcified carotid stenosis: utility and comparison with digital subtraction angiography[J]. Eur Radiol, 2009, 19(8): 2060-2065.

[4] 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.

[5] Agid R, Lee SK, Willinsky RA, et al. Acute subarachnoid hemorrhage: using 64-slice multidetector CT angiography to "triage" patients treatment[J]. Neuroradiology, 2006, 48(11): 787-794.

[6] Johnson TR, Kraub B, Sedlmair M, et al. Material differentiation by dual energy CT: initial experience[J]. Eur Radiol, 2007, 17(6): 1510-1517.

[7] Graser A, Johnson TR, Beder M, et al. Dual energy CT characterization of urinary calculi: initial in vitro and clinical experience [J]. Invest Radiol, 2008, 43(2): 112-119.

[8] 梁明柱，柳学国，秦培鑫，等. 减影去骨技术在头颈 CT 血管双期成像中的应用[J]. 放射学实践，2009，24(2)：204-208.

（收稿日期：2009-11-27 修回日期：2010-01-18）