

## 肝动脉的 CT 血管造影

张龙江 综述 宋光义, 包颜明 审核

【中图分类号】R814.42; R816.5; R657.3 【文献标识码】A 【文章编号】1009-0313(2003)09-0681-04

1995年 Winter等<sup>[1]</sup>用 CT 血管造影(CT angiography, CTA)对肝脏移植前后肝动脉进行评价,认为 CTA 与传统血管造影同样准确,且无创价廉。多层螺旋 CT(multislice computed tomography, MSCT)空间分辨率和时间分辨率明显提高,对比剂量较单层螺旋 CT 节省 30%~50%,能进行多期相血管扫描,多种后处理技术可以获得更高质量的三维图像,这些优势使得进行肝脏 CTA 不仅成为可能,而且具有可靠的价值<sup>[2-4]</sup>。本文着重介绍肝脏动脉系统 CTA 技术及其临床应用价值。

## 肝动脉 CTA 的扫描及后处理技术

## 1. 扫描技术

扫描前口服温开水 500~800ml 以充盈胃部和十二指肠部,一般不主张服用阳性对比剂。平扫后行肝脏动脉期扫描,扫描范围包括整个肝脏。扫描参数一般可设定层厚 3.2mm,重建间隔 1.6mm,螺距 1~1.25,旋转时间每转 0.5s,重建算法 C,视野 420mm,扫描时间约 10s 左右。对比剂用量 1.5ml/kg。可根据小剂量预试验决定最佳延迟时间<sup>[5]</sup>,或用对比剂团注追踪技术<sup>[6]</sup>,也可用经验延迟时间 25s<sup>[7]</sup>,根据病人的心功能情况提前或推迟延迟时间,以使肝脏动脉系统内的对比剂充盈最佳。

利用 MSCT 双动脉期扫描<sup>[6]</sup>,于注射对比剂开始后 50 和 75s 用同上技术参数扫描还可以获得高质量的门静脉和肝静脉的三维影像,对于整体评价肝脏血管系统有重要的临床应用价值。若同时利用胆系对比剂增强扫描还可获得整个肝脏管道系统的三维影像<sup>[8]</sup>。

## 2. 后处理技术

肝动脉系统的后处理技术主要应用最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、表面遮盖显示(surface shadow

display, SSD)、容积重建(volume rendering, VR)。MIP 是将径线所过的容积组织或物体中每 1 个像素的最大强度值进行投影,因反映的是组织的密度差异,故对比度很高,因类似传统血管造影图像而被广泛应用于 CTA 中。SSD 技术的成败与 CT 阈值的调节有很大的关系。SSD 和 MIP 技术仅利用了 10% 的 CT 数据,尤以 SSD 技术在显示小分支血管和轻度狭窄性病变方面受到限制<sup>[9]</sup>。VR 技术保留了所有 CT 数据,比表面显示法能传递更多的容积信息,是一种很有前途的后处理技术,目前被很多研究人员所选择,是产生准确又有临床价值医学图像的最为先进的后处理模式<sup>[9]</sup>。

上述 3 种后处理技术各有优势,如 MIP 能够显示更多的肝内次级分支,但其结构重叠太多,为了能更清晰的显示各支动脉的起源和分布必须进行大量耗时的编辑剪切工作,这使得 MIP 技术在中受到一定的限制。SSD 技术的优势在于其良好的空间立体感,对肝动脉起源的显示比 MIP 更加直观,容易理解,但受阈值的影响,小的分支难于显示,这是其主要的不足之处。VR 技术融合了上两种技术的优势,又适当减少了其不足,既有很好的空间立体感,又有一定的显示能力,更重要的是能够显示病变的范围、位置以及其与肝动脉的关系,故肝动脉 CTA 的后处理技术可应用 MIP 和 VR 技术,其它技术作为补充应用。

## 临床应用

## 1. 证实正常解剖及变异

各学者利用不同方法对肝动脉解剖的分型并不一致<sup>[10-14]</sup>,其中以 Michels 的解剖学分型<sup>[10]</sup>最受推崇,他将肝动脉的解剖分为 10 型,各型分布及所占百分比见表 1(图 1~6)。

表 1 肝动脉正常解剖及变异的 CTA 研究结果

类型	说明	Michels (n=200)	Weszelsits (n=145)	Winter (n=106)	Kamel (n=40)	Nghiem (n=80)	Takahashi (n=62)
1	正常	55	73.1	81.1	70	68.7	79
2	替代 LHA 来自 LGA	10	8.3	1.9	5	2.5	3
3	替代 RHA 来自 SMA	11	10.4	4.7	7.5	10	8
4	替代 RHA 来自 SMA+ 替代 LHA 来自 LGA	1	0	2.8	2.5	3.7	2
5	副 LHA 来自 LGA	8	2	2.8	7.5	3.7	2
6	副 RHA 来自 SMA	7	2	1.9	2.5	2.5	0
7	副 RHA 来自 SMA+ 副 LHA 来自 LGA	1	1.4	0.9	0	0	0
8	替代 RHA+ 副 LHA/ 替代 LHA+ 副 RHA	2	0.7	0.9	5	1.2	0
9	CHA 来自 SMA	2.5	0.7	2.8	0	6.2	7
10	CHA 来自 LGA	0.5	1.4	0	0	0	0
其它	CHA 来自腹主动脉				0	1.2	

注: LHA(left hepatic artery): 肝左动脉; RHA(right hepatic artery): 肝右动脉; LGA(left gastric artery): 胃左动脉; SMA(superior mesenteric artery): 肠系膜上动脉; CHA(common hepatic artery): 肝总动脉

作者单位: 650032 昆明, 昆明医学院第一附属医院 CT 室(张龙江现为天津医科大学博士研究生)

作者简介: 张龙江(1976-), 男, 陕西泾阳人, 住院医师, 主要从事 CT 诊断研究工作。

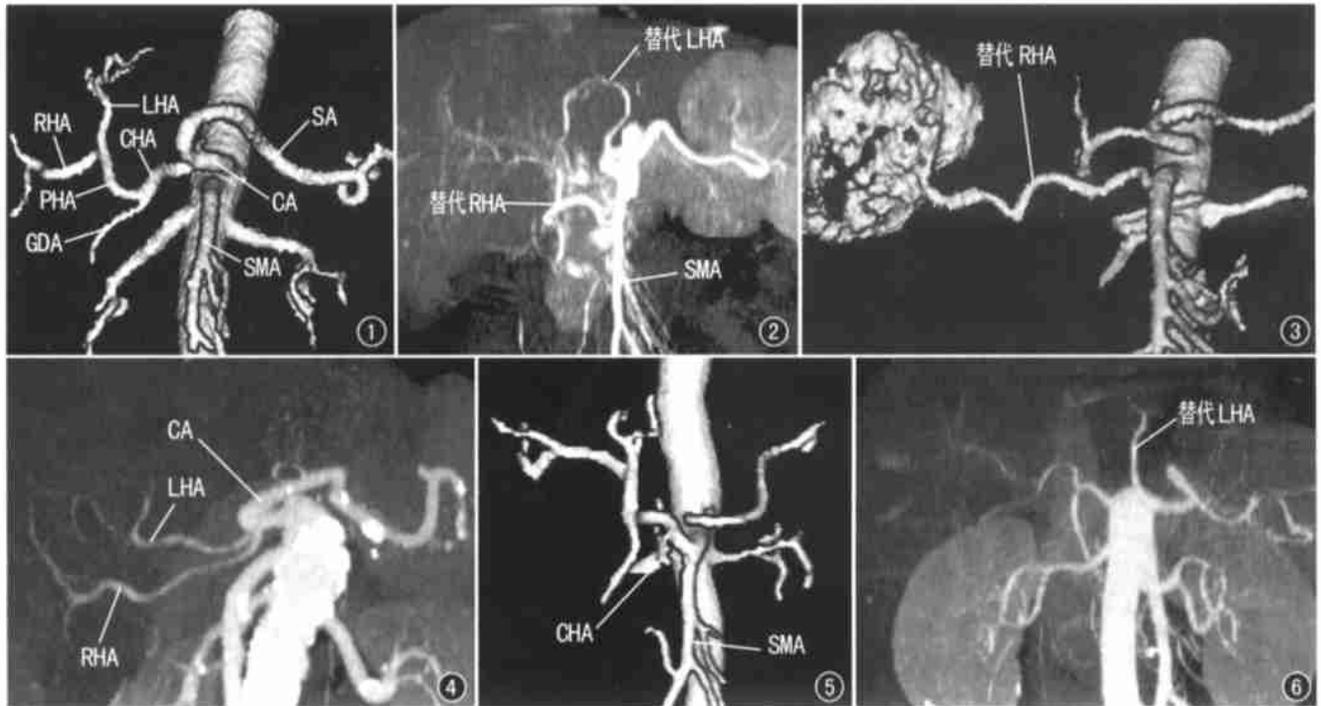


图1 正常肝动脉解剖的CTA。图2 替代肝右动脉起源于肠系膜上动脉(SMA)和替代肝左动脉起源于胃左动脉(LGA)。图3 替代肝右动脉起源于肠系膜上动脉(SMA)供应血管瘤。图4 双肝动脉起源于腹腔动脉(CA)。图5 肝总动脉(CHA)起源于肠系膜上动脉(SMA)。图6 替代肝左动脉起源于胃左动脉(LGA)。

研究现状: CT 横断面也用于研究肝动脉的解剖<sup>[15]</sup>,但其图像不直观,难以为普通放射科医生和临床医生所理解。CTA、MRA 属于研究肝动脉解剖及病变的无创性检查方法,但以 CTA 的应用研究较为广泛(表1)。自1995年 Winter 等<sup>[3]</sup>首次报道肝动脉的CTA以来,肝动脉的CTA研究就一直倍受关注<sup>[16-18]</sup>。最近,Sahani 等<sup>[7]</sup>还用 MSCT 发现 42 例患者中的 17 例肝动脉变异,与传统导管法比较( $n=22$ ),CTA 的准确率为 97%,敏感性 94%,特异性 100%。另 1 份 MSCT 的肝动脉解剖研究也获得了令人满意的结果,研究发现对肝脏小血管分支的显示率很高:肝左动脉和肝右动脉 100%,肝中动脉 87%,胆囊动脉 87%,胃右动脉 89%,右膈下动脉 92%,左膈下动脉 89%<sup>[6]</sup>,这些研究为临床推广应用奠定了基础。

然而 CTA 对来自于 LGA 的迷走肝动脉的显示率比较低,这可能与副肝动脉或替代肝左动脉的直径比较小,CTA 的显示能力不足有关。如为了显示肝动脉,可以层厚 1.3mm,重建间隔 0.6mm 扫描,以提高这些细小迷走肝动脉的显示率。更多排探测器 CT 有望解决这一问题。

临床意义: 由于肝动脉解剖变异多,介入治疗前彻底检查肝脏的供血动脉尤为重要,未证实的肝脏所有供血动脉,不仅可导致诊断错误,而且可以使外科医师和介入放射学医师误入歧途<sup>[12]</sup>。只有了解肝动脉的解剖变异才能保证肝动脉化疗栓塞能全面阻断肿瘤区域动脉血供,提高疗效。有作者将肝癌的供血分为规则性、变异性和寄生性供血<sup>[19]</sup>。而变异型供血(指供养肝癌的肝动脉为来自于变异的肝动脉)占 20.4%,其中 CA-RHA 供血型占 7.8%,SMA 供血型占 70%,LGA 供血型占 15.

7%,SMA-LGA 供血型占 1.3%;变异肝动脉供血的肝癌化疗栓塞的疗效明显不如正常肝动脉供血的肝癌的疗效。这说明认识肝动脉解剖对全面进行肝脏肿瘤栓塞化疗至关重要。经动脉导管法 CT 肝动脉血管造影提高了 CT 的三维空间分辨率和富血供病变的敏感性,尤其改进了小病变的检出率。研究发现 30% 患者因为经动脉导管法 CT 血管造影的结果而改变了实际进行的化疗程序,但难于发现由异常迷走肝外动脉供血的病变<sup>[20]</sup>。放置动脉导管和化疗泵时还应注意对双肝动脉或肝动脉三分叉或四分叉的情况,出现这些变异时,应改变导管位置或用更多导管以确保肿瘤合适的灌注<sup>[21]</sup>。因此,介入术前全面了解肝脏动脉系统解剖学情况有很重要的临床意义,能够使外科医生和介入放射学医生更快更准确地进行诊断与治疗。常规 MSCT 双期薄层扫描兼后处理技术的合理应用显示肝动脉就可以在术前全面了解个体肝动脉解剖及变异血供动脉,缩短介入手术时间,为术中导管的正确放置与超选入路提供重要的参考价值,提高治疗的远期效果。

术前全面了解肝脏血管结构还是肝脏肿瘤外科切除的先决条件,能缩短手术时间,增加手术的准确性,对手术方案的选择、制定以及病人的处理有重要影响。上腹部手术前应常规进行肝动脉系统影像学检查。CTA 应该被常规进行以显示肝动脉解剖。如前述迷走副肝左动脉的出现率比较高,达 10% 以上,主要来源于 LGA,占 13.4%,次为肝右动脉,占 5.4%,其它也可来自于腹腔动脉(celiac artery, CA)、CHA、胃右动脉(RGA)、胃十二指肠动脉(GDA)等。由于副肝左动脉的出现率比较高,在进行左半肝切除时,除在肝门部仔细解剖,阻断所需切除肝

叶的动脉外,应认真检查来自于LGA的副肝左动脉。在全胃或胃大部切除术时,应注意脾胃韧带内是否有此动脉的出现,如有此动脉,应在其起始远侧或近胃壁结扎LGA各分支,保证肝区的血液供应。由SMA发出的替代RHA,行经胰后方或穿过胰头,故在施行胰十二指肠切除术时,应避免损伤此动脉而导致肝脏坏死<sup>[22]</sup>。如果术中发现肿瘤不能切除而需要放置动脉内化疗泵时,必须结扎所有供应转移瘤的副肝动脉才能保证治疗效果<sup>[7]</sup>。而术前进行无创的MSCTA就可以发现这些解剖变异,对保证手术的治疗效果,延长病人的生存期有一定的意义。

## 2 胰腺癌包绕腹腔动脉

胰腺癌的恶性度高,肿瘤侵及血管预示肿瘤不能进行手术切除治疗。动脉系统胰腺癌除最常侵及肠系膜上动脉外,还可侵犯腹腔动脉及其分支,尤其是肿瘤比较大或位于胰腺体、尾部的肿瘤。静脉系统胰腺癌最易累及门静脉。胰腺癌侵及血管系统CT评价标准不同导致CT在胰腺癌可切除性评价中不同的敏感性<sup>[23,24]</sup>。新近报道结果为:评价胰腺癌可切除性的准确度为82%、不可切除的准确度为95%,术前评价结果与手术结果一致性较好<sup>[25]</sup>。在胰腺癌累及周围血管的显示技术方面,目前仍存在一些分歧,国内外的资料显示以MPR和VR技术为好。MIP技术在显示更小分支以及因肿瘤侵及而血管闭塞后形成的侧支循环方面更优越;VR技术不仅可以显示肿瘤本身,而且可以显示肿瘤与周围血管的关系,比MPR更加直观立体。

## 3 肝动脉CTA对肝移植前后的评价

肝移植手术的广泛开展,使得在术前对肝移植供体的选择以及早期发现与治疗术后并发症变得更加重要。螺旋CT不仅可提供肝实质、肝容积方面的信息,而且可以提供血管方面的信息,具有很大的优势<sup>[18,26,27]</sup>。尤其是MSCT的问世使得CTA在肝移植中的应用更加广泛。

### ①移植前的评价

移植前CTA可显示受体和供体的肝动脉解剖,这一信息有助于移植外科医师证实移植前的正常变异、动脉狭窄或动脉瘤。CTA评价移植前肝动脉解剖与传统血管造影同样准确,且价廉无创。MSCT多期扫描对活体成人肝右叶移植供体的肝实质、血管及容积进行手术前的全面评价,这些信息对病例选择有重要意义,可使外科医师计划手术方案,有利于减少手术后并发症<sup>[26]</sup>。可影响手术计划的主要有以下4种情况。

腹腔干狭窄:常由膈角包绕引起。腹腔干是移植肝脏唯一的血供来源,因此腹腔干狭窄的术前诊断十分重要。尽管门静脉提供了肝细胞的大部分血液,但胆道的血供仅依赖于肝动脉。慢性胆道缺血可导致胆管狭窄、胆管炎、肝脓肿及移植肝最终丧失功能。腹腔干狭窄还可引起肝动脉血栓形成。如果移植前确立诊断,就可以在术中进行处理,以避免术后产生严重并发症。

肝动脉分支细小:肝动脉重建需要来自于受体肝动脉足够的血流,血流量不足常是因为血管直径细小。Nghiem等<sup>[17]</sup>报道血管直径<3mm者需要进行移植补片处理。在活体部分相关左侧肝移植中,用粗大的迷走肝动脉和肝总动脉进行动脉吻合口重建,不但简化了手术操作的程序,还明显减少了术后肝动

脉栓塞的并发症。作者认为术前进行血管造影证实肝动脉的解剖和变异是成功进行手术的关键因素之一。

脾动脉瘤:报道脾动脉瘤的发生率在有肝硬化的患者为7%~10%。这些病人在肝移植后由于门静脉压力降低,脾动脉血流增加而有脾动脉瘤破裂的危险。因脾动脉在移植手术期间不被常规探查,术前确诊至关重要。出现脾动脉瘤时应结扎脾动脉以降低动脉瘤的压力,减少术后破裂的危险。

Michels 9型解剖变异:这是移植前需要认识的重要解剖变异。术前了解这一解剖变异可能改变外科医生常规规定的手术方式。因为存在本型变异时肝动脉吻合口的重建要在门静脉吻合口重建之前进行。

### ②移植后的评价

肝移植后静脉的并发症比动脉少,门静脉血栓、狭窄的发生率为1%~2%,下腔静脉不足1%。肝动脉系统的并发症最为常见,包括肝动脉狭窄、肝动脉血栓形成、肝动脉假性动脉瘤等。肝动脉狭窄发生率5%~11%,大多发生于动脉吻合口数厘米内。如不治疗狭窄将更加严重,导致血栓形成或肝缺血、胆道狭窄、移植肝丧失功能。早期发现的意义在于多数肝动脉狭窄可用手术重建或球囊成型术治疗。肝动脉血栓形成是术后最常见的严重并发症之一,成人发生率3%~10%,儿童为8%~19%。肝移植后肝动脉假性动脉瘤不常见,但却是潜在的致命的并发症。假性动脉瘤破裂可引起威胁生命的出血。肝动脉假性动脉瘤可位于吻合口处,也可位于肝内,后者可发生于经皮细针活检、胆道手术后或脓毒败血症、局部感染后。CTA可准确显示这些病变的位置、大小、程度、数目等信息,对临床处理这些疾病有很大的参考价值。

### 4 其它

肝动脉的CTA还可应用于良恶性肿瘤的鉴别诊断、肝动脉-门静脉瘘、肝动脉-肝静脉分流、腹腔动脉及其分支动脉瘤、腹腔动脉自发性夹层动脉瘤等疾病的诊断中。

总之,在肝叶切除术前、肝移植术前后、肝动脉导管栓塞化疗前行肝动脉的CTA有助于了解肝动脉的解剖变异,对选择手术方案及病人的处理有一定的指导意义。相信随着更多排MSCT或平板探测器CT的问世,肝动脉的CTA将有不可估量的应用前景。

### 参考文献:

- [1] Winter TC 3rd, Freeny PC, Nghiem HV, et al. Hepatic arterial anatomy in transplantation candidates: evaluation with three dimensional CT arteriography[J]. Radiology, 1995, 195(1): 363-370.
- [2] Katyal S, Oliver JH 3rd, Buck DG, et al. Detection of vascular complications after liver transplantation: early experience in multislice CT angiography with volume rendering[J]. AJR, 2000, 175(6): 1735-1739.
- [3] Brancatelli G, Katyal S, Federle MP, et al. Three-dimensional multislice helical computed tomography with the volume rendering technique in the detection of vascular complications after liver transplantation[J]. Transplantation, 2002, 73(2): 237-242.
- [4] Takahashi S, Murakami T, Takamura M, et al. Multi-detector row helical CT angiography of hepatic vessels: depiction with dual arterial phase acquisition during single breath hold[J]. Radiology, 2002, 222(1): 81-88.

- [5] Kim T, Murakami T, Hori M, et al. Hypervascular hepatocellular carcinoma revealed by double arterial phase CT performed with single breath-hold scanning and automatic bolus tracking[J]. AJR, 2002, 178(3): 899-904.
- [6] Murakami T, Kim T, Takamura M, et al. Hypervascular hepatocellular carcinoma: detection with double arterial phase multi-detector row helical CT[J]. Radiology, 2001, 218(3): 763-767.
- [7] Sahani D, Saini S, Pena C, et al. Using multidetector CT for preoperative vascular evaluation of liver neoplasms: technique and results[J]. AJR, 2002, 179(1): 53-59.
- [8] Schroeder T, Nadalin S, Stattaus J, et al. Potential living liver donors: evaluation with an all in-one protocol with multi-detector row CT[J]. Radiology, 2002, 224(2): 586-591.
- [9] Kuszy BS, Fishman EK. Technical aspects of CT angiography[J]. Semin Ultrasound CT MRI, 1998, 19(4): 383-393.
- [10] Michels NA. Newer anatomy of the liver and its variant blood supply and collateral circulation[J]. Am J Surg, 1966, 112(4): 337-347.
- [11] Hiatt JR, Gabbay J, Busuttill RW, et al. Surgical anatomy of the hepatic arteries in 1000 cases[J]. Ann Surg, 1994, 200(1): 50-52.
- [12] 颜红兵, 彭旭, 章建伟, 等. 肝动脉解剖变异及其临床意义[J]. 中华放射学杂志, 1993, 28(6): 513-516.
- [13] Chen CY, Lee RC, Tseng HS, et al. Normal and variant anatomy of hepatic arteries: angiographic experience[J]. Clin Med J, 1998, 61(1): 17-23.
- [14] 李家开, 张金山. 迷走肝动脉的 DSA 研究及临床意义[J]. 临床放射学杂志, 2002, 21(2): 230-235.
- [15] Ohgiya Y, Gokan T, Munechika H. Demonstration of aberrant hepatic and gastric arteries with helical CT[J]. Invest Radiol, 1999, 34(9): 579-584.
- [16] Weszelits V, Doros A, Puhlm M, et al. 3D CT angiography in patients before and after liver transplantation[J]. Transplant Proc, 2001, 33(1-2): 1372-1376.
- [17] Nghiem HV, Dimas CT, Mc Vicar JP, et al. Impact of double helical CT and three dimensional CT arteriography on surgical planning for hepatic transplantation[J]. Abdom Imaging, 1999, 24(1): 278-284.
- [18] Kamel IR, Kruskal JB, Pomfret EA, et al. Impact of multidetector CT on donor selection and surgical planning before living adult right lobe liver transplantation[J]. AJR, 2001, 176(1): 193-200.
- [19] 田建明, 王飞, 叶华, 等. 肝癌的动脉供血分类研究: 规律性、变异性和寄生性供血[J]. 临床放射学杂志, 1997, 16(1): 40-43.
- [20] Sze DY, Razavi MK, So SK, et al. Impact of multidetector CT hepatic arteriography on the planning of chemoembolization treatment of hepatocellular carcinoma[J]. AJR, 2001, 177(6): 1339-1345.
- [21] Covey AM, Lynn A, Maluccio MA, et al. Variant hepatic arterial anatomy revisited: digital subtraction angiography performed in 600 patients[J]. Radiology, 2002, 224(2): 542-547.
- [22] 张年甲, 钟世镇. 腹盆部血管解剖学[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 6-38.
- [23] Lu DSK, Reber HA, Krasny RM, et al. Local staging of pancreatic cancer: criteria for unresectability of major vessels as revealed by pancreatic phase, thin section helical CT[J]. AJR, 1997, 168(6): 1439-1443.
- [24] Nakayama Y, Yamashita Y, Kadota M, et al. Vascular enhancement by pancreatic cancer: correlation of CT findings with surgical and pathological results[J]. J Comput Assist Tomogr, 2001, 25(3): 337-342.
- [25] 凌华威, 管永靖, 丁蓓, 等. 多层螺旋 CT 血管造影在胰腺癌周围血管侵犯术前评估中的应用价值[J]. 中华放射学杂志, 2002, 36(7): 609-612.
- [26] Bogetti JD, Herts BR, Sands MJ, et al. Accuracy and utility of 3-dimensional computed tomography in evaluating donors for adult living related liver transplants[J]. Liver Transpl, 2001, 7(8): 687-692.
- [27] Nghiem HV, Jeffrey RB. CT angiography of the visceral vasculature[J]. Semin Ultrasound CT MRI, 1998, 19(4): 439-446.

(2003-01-13 收稿 2003-03-07 修回)

## • 外刊摘要 •

### 含碘对比剂在数字化全野乳腺 X 线摄影中的应用: 初步结果

F. Dickmann, S. Dickmann, M. Taupitz, et al

目的: 探讨含碘对比剂在数字化全野乳腺 X 线摄影中的应用价值。方法: 初期模型研究后, 对 7 例患者行数字乳腺 X 线摄影(美国 GE 公司 Senographe 2000D), 即用一种特殊的滤线束, 在注射 80ml 碘对比剂(Ultravist 370, 德国 Schering AG)前, 以及注射后 60、120 和 180s 进行乳腺摄影, 将增强前后的乳腺 X 线摄影进行减影, 并将减影图像与动态增强 MRI 对比研究。结果: 采用初期模型研究摸索出的对比增强数字乳腺摄

影条件进行人体乳腺摄影, 显示所有病例肿瘤内的对比剂聚积较好。结论: 在乳腺 X 线摄影中采用特殊的滤线法、合适的 X 线参数、适当的时间摄影以及适合的减影软件, 可提高乳腺肿瘤的检出率。

华中科技大学同济医学院附属同济医院 关键译  
华中科技大学同济医学院附属协和医院 徐海波 校  
摘自 Fortschr Röntgenstr, 2003, 175(2): 342-345