

多层螺旋 CT 评价冠状动脉疾病的进展

包颜明, 张龙江, 杨亚英

【中图分类号】R814.42; R541.4 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2005)03-0268-04

1998 年推出的 4 层螺旋 CT 是 CT 发展史上的又一次革命,其时间与空间分辨力的极大提高,在与单层 CT 相同的时间内可进行更大范围的薄层扫描,同时也使冠状动脉的 CT 成像成为可能。2000 年推出的 8 层 CT 及 2002 年推出的 16 层 CT,尤其是后者较 4 层 CT 进一步提高了时间分辨力(210 ms)和空间分辨力(0.6 mm),可进行亚毫米的各向同性体素采集,减少了患者屏气时间,提高了患者的耐受性,减少了对比剂的用量(约减少 1/3),提高了三维图像的质量。在评价冠状动脉疾病方面,目前的 16 层 CT 优于 EBCT(electron beam computed tomography,EBCT)和 4 层 CT^[1]。本文简要阐述近年来多层螺旋 CT(multislice computed tomography,MSCT)冠状动脉成像的研究进展,主要包括冠状动脉 CT 成像的影响因素及解决方法、冠状动脉的解剖及变异、冠状动脉斑块、冠状动脉狭窄、桥血管及支架内腔通畅性的评价等。

冠状动脉 CT 成像的影响因素与解决方法

主要有 4 类因素影响冠状动脉 CT 成像的图像质量,即由心脏和呼吸运动及其它体部运动引起的运动相关伪影;金属植入物或严重钙化引起的条形伪影;充盈对比剂的周围结构及重叠血管引起的结构伪影以及因为技术误差或限制引起的伪影。其中最常见的是心脏运动相关伪影,包括心率过快(一般要求不超过 70 次/分钟)、屏息期间心率改变以及心率失常^[2]。研究显示,心率与冠状动脉 CT 成像的影像质量呈负相关^[3],心率的快慢影响冠状动脉的显示以及检出冠状动脉狭窄的能力。心脏运动相关的伪影主要表现为运动所致影像模糊以及阶梯样改变,主要原因可能有 2 个,心率过快或重建窗选择不当。因此,最有效的抑制心脏运动伪影的方法是减慢心率及优化选择重建窗。大多文献认为,4 层 CT 在进行冠状动脉 MSCTA 之前 1 小时应口服 β 受体阻滞剂,使心率降至 60 次/分以下。对于 16 层 CT 而言,使心率降至 70 次/分以下^[4]。至于重建时相,一般可选择在心动周期的 40%~60%之间,以利于进行影像的二维或三维重组,其中右冠状动脉、左回旋支、左前降支的最佳重建时间窗分别在 R-R 间期的 40%~50%、50%~60%、50%~60%。由于各支冠状动脉的运动速率不同,以右冠状动脉最快,左冠状动脉回旋支、左主干及左前降支次之,因此影像重建时固定选择心动周期某个时点不能提供最佳的影像质量。呼吸及自主运动所致伪影也较常见,尤其是那些不能适当屏息者,伪影表现为层间的模糊、严重的间隔及重叠,或由于屏息末时心率加快致期相不匹配的伪影。呼吸及不自主运动所致的

伪影,可通过在扫描前训练患者呼吸或给氧的方法解决。其它相关伪影虽然经常可以遇到,但可通过相应的方法,如选择非金属植入物、利用不同的后处理方法及重建窗来处理。

冠状动脉的解剖及变异

随着冠状动脉 MSCT 研究的增多,有必要认识冠状动脉的横断面解剖。在横断面上,于主动脉根部可见到左窦发出的左冠状动脉,包括左主干、左前降支近段、对角支以及回旋支近段,其中回旋支出现层面较其它三者低,左主干一般较粗短,横行走行于左心房与右室流出道之间,很快分为左前降支和回旋支。左前降支为左主干的直接延续,其近段横行向左前方走行至前室间沟处,在以下层面中可见其沿前室间沟下行的断面影。回旋支近段则走行于左心房、左心室之间至心左缘左房室沟处,在以下层面中可见其沿左房室沟下行的断面影。右冠状动脉起始层面较左冠状动脉低约 10 mm,自右窦发出后,走行于右室流出道及右心房之间至右房室沟处,以下层面中可见其沿右房室沟下行的断面影。在横断面上需要注意与伴行静脉进行鉴别,因为这对于进行曲面重组很为关键,如不清楚冠状动脉的走行可能将重组中心线画错。一般来讲,动脉要比静脉细小;在动脉期扫描时,动脉的强化明显高于静脉的强化程度。

除了上述正常解剖之外,还要注意到冠状动脉的一些变异。最常见的冠状动脉解剖变异有:前降支及左回旋支自左冠状窦单独开口;左回旋支起源于右冠状窦或右冠状动脉;冠状动脉起源于后窦;冠状动脉起源于升主动脉,以右冠状动脉常见;左回旋支缺如等。少数冠状动脉起源异常可影响心肌供血,导致相应的临床症状甚至猝死,主要有以下类型:冠状动脉起源于对侧冠状窦,其中以右冠状动脉起源于左冠状窦常见;冠状动脉起源于肺动脉^[5];单一冠状动脉。虽然目前还没有大组研究证实,但一些小队列的研究证实 MSCTA 在显示冠状动脉起源异常中很有价值。由于 MSCT 可以无创性显示冠状动脉的起源、行径及其与周围心室的三维解剖关系,在确定冠状动脉起源异常中具有传统导管法无法比拟的优势,可作为冠状动脉起源异常的一线检查手段应用^[5,6]。另外,还有一种解剖变异,即心肌桥(myocardial bridging),是由经过心外膜的冠状动脉主支的一小段深入心肌内而形成,这在传统的冠状动脉血管造影上容易检测,而在 MSCT 上易被误认为狭窄,但多平面重组技术可显示与该动脉节段重叠的心肌纤维,从而可确立诊断^[2]。

冠状动脉斑块的评价

动脉粥样硬化斑块分为软斑块、中等度斑块及钙化斑块。利用 MSCT 对钙化斑块的评价和 EBCT 的结果近似。然而由

作者单位:650032 昆明,昆明医学院第一附属医院影像中心

作者简介:包颜明(1962—),女,昆明人,主任医师,教授,主要从事心血管系统及中枢神经系统影像诊断工作。

于冠状动脉的重塑钙化斑块不容易引起急性冠状动脉事件。是因为软斑块本身独特的病理生理学特性,对软斑块的评价更引起影像学者的注意。由于内膜基底层胆固醇脂质核的聚集以及大量巨噬细胞的浸润,使软斑块的纤维帽变薄而易于破裂,形成血栓阻塞管腔从而引起急性冠脉综合征。利用 MSCT 可对冠状动脉壁不同类型的粥样斑块进行定性,提供其形态学及重塑反应的信息,而且能够对斑块大小及质地进行系列评估、监控治疗效果^[7-15]。利用 MSCT 可以显示粥样硬化斑块不同的病理阶段,密度值的测量可以对斑块的主要成分进行评价^[13]。体外研究发现,与显微镜下所见相比,MSCT 检测粉瘤样粥样硬化斑、纤维性粥样硬化斑、纤维钙化斑及钙化斑的敏感度分别为 73%、70%、86%、100%;富含脂质的斑块与富含纤维斑块的平均 CT 值为 (47 ± 9) HU、 (104 ± 28) HU。MSCT 上粉瘤样粥样斑块为边界清晰的管腔内软组织(CT 值 40 HU)突起;非钙化斑块的密度值与斑块内脂质、纤维成分的比例有关,如Ⅳ期粥样斑块的 CT 值约 40 HU;Ⅴ期纤维性粥样斑 CT 值约 70 HU,Ⅷ期纤维性粥样斑块 CT 值约 100 HU;钙化斑块最为稳定,表现为血管壁规则改变,Ⅶ型纤维性钙化斑是斑块破裂后再愈合形成广泛性疤痕的结果。急性血栓在横断面 CT 上有特征性表现,为中心相对低密度(CT 值 40 HU)边缘较高密度的充盈缺损^[7]。在 CT 上鉴别血栓与软斑块比较困难,因为两者密度相近,这时需结合临床表现。由于 CT 为横断面图像,且可进行多种图像后处理,因此对低密度软斑块的显示可能是一种很好的方法。最近的研究还证实急性心肌梗死后导管法造影来提示有明显异常的冠状动脉存在明显的软斑块,冠脉内超声证实了这一点^[11];对急性冠状动脉综合征及稳定性心绞痛患者的研究还显示,MSCTA 可用于评价冠状动脉的重塑^[15]及监控降脂治疗的效果^[9],急性心肌梗死时一次检查同时完成对心肌损害及相关动脉病变的评价^[13],然而这仍需要进行大量的临床研究才可以下结论。对不稳定斑块未来研究的重点应该是确定软斑块的影像学定义、确定斑块成分及形态、了解斑块成分与形态的改变与急性冠脉综合征的关系。其潜在的临床应用可能有检出亚临床粥样硬化病变、对有不稳定斑块的人群进行危险分层、监控疾病的发展与演变等。

冠状动脉狭窄的评价

研究显示,在可进行影像学评价的冠状动脉中,4 层 CT 检出冠状动脉狭窄和闭塞的敏感度在 78%~85%、特异度 76%~98%,这些结果已接近 EBCT(敏感度 74%~92%、特异度 66%~94%、可评价的冠状动脉节段数 72%~89%),且其阴性预测值也很高,这说明阴性的 MSCT 结果可以排除冠状动脉疾病的存在。但是需要指出,MSCT 发现冠状动脉狭窄或闭塞仍限于冠状动脉的近、中段,远段的显示仍较困难,而且近、中段也仅有 70%~80%可满足诊断要求。这主要是因为 MSCT 空间分辨力和时间分辨力的限制;患者屏息时间的限制,屏息的时间较长约为 30 s(4 层 MSCT)、冠状动脉严重钙化、冠状动脉运动及周围充盈对比剂结构的重叠等因素的影响。利用 4 层 CT 进行的研究中 Sato 等^[16]的报道值得一提,由于其采用不同

于其他作者的心电门控重建算法而获得了较高的敏感度与特异度,其进行影像学评价的冠状动脉数也明显提高。其方法是将重建的时点放于 250 ms 处,相当于下一个 R 波来临之前,即心室的缓慢充盈期。4 层 CT 冠状动脉成像的主要限制在于其时间分辨力(250 ms),与 EBCT 的比较研究发现,在可进行影像学评价的冠状动脉中,4 层 CT 显示冠状动脉长度、检出狭窄的敏感度与特异度方面虽与 EBCT 相似,但 MSCT 更易受到心脏跳动的影响。2002 年 16 层 CT 开始应用于临床,已有较多关于 16 层 CT 冠状动脉成像的研究报道^[17,18],这些结果显示,与 β 受体阻滞剂联合应用,16 层 CT 显示冠状动脉的节段数明显增加,已接近 90%,且敏感度与特异度都在 90%左右,而只有 10%左右的冠状动脉节段不能进行影像学评价。较 4 层 CT 而言,16 层 MSCT 诊断敏感度几乎提高了 1 倍。然而 16 层 CT 的时间分辨力也仅为 210 ms,还远不及 EBCT(100 ms)、MRI(100~125 ms),虽然其空间分辨力较前两者均高,但要完全避免 CT 冠状动脉成像的运动伪影,时间分辨力必须达到 20 ms,因此提高 CT 的时间分辨力仍然是技术上的攻关点。

桥血管的评价

冠状动脉搭桥术仍然是外科治疗冠状动脉疾病的主要手段之一。1999 年美国估计有 571,000 例次手术,2001 年德国约有 75,537 例手术。随着微创手术,如全内镜下搭桥术(totally endoscopic coronary artery bypass,TECAB)的增多,对靶血管的形态学评价显得更加重要,而传统导管法造影难以有效显示靶血管吻合口、动脉壁及其解剖行经。初步研究结果显示,MSCT 结合 3D 图像重组较传统导管法造影能更好地显示靶动脉的形态学特征,提高微创性手术的成功率^[19]。

桥血管闭塞是冠状动脉搭桥术后常见的并发症。研究发现 10%~20%的搭桥血管在术后 1~2 年内闭塞,3 年闭塞率为 20%~30%,术后 8 年的心肌梗死率明显增加,术后 10~12 年闭塞为 45%~55%,而在术后第 1 年隐静脉搭桥血管和内乳动脉搭桥血管的闭塞率分别为 20%、5%。因此及时检出桥血管的闭塞有积极的临床意义。导管法冠状动脉血管造影虽然是目前诊断的金标准,但其具有创伤性及操作难度大,不能作为筛查的手段。EBCT 和磁共振血管成像(magnetic resonance angiography,MRA)可用于无创性检查桥血管的通畅性,有较高的敏感性与特异性。MRA 发现隐静脉搭桥血管通畅性的敏感度和特异度为 85%~90%、60%~100%;对内乳动脉为 96%、67%。EBCT 检出隐静脉搭桥血管通畅性的敏感度为 100%,特异度为 86%~100%;对内乳动脉为 80%~100%、82%~100%^[20]。MSCT 与二者相比的优势在于更加普及,耗时短,而且有相同的敏感度与特异度。研究支持将 MSCT 用于评价桥血管的通畅性,其敏感度在大组研究中已达 93.3%~100%^[21-24]。但需要指出的是,与评价原冠状动脉狭窄相似,对直径比较细小的内乳动脉桥血管而言,其可以进行影像学评价的比率仍比较低,约为 57.7%~73.1%,相反,这种情况在直径比较粗大的静脉桥血管中则明显不同,其可评价的比率可高达 95%~100%。手术夹、钙化及运动伪影是影响图像质量的主

要因素。这些结果来自对 4 层 CT 的研究。与 4 层 CT 的比较研究发现,除了远端吻合口之外,16 层 CT 对所有搭桥血管有明显好的显示率^[25]。

心功能的评价

冠状动脉 CT 成像时所获得的数据可以进行重组从而用于心脏的功能分析。这些数据可用于评价心腔容积、射血分数、室壁厚度及全部或节段性室壁运动^[1]。心室容积的测量值是冠状动脉疾病发病率和病死率的独立预测因子,对左室功能的评价也是对患者临床诊断、治疗以及随访的基础之一。不同的影像学方法,如超声心动图、单光子发射断层扫描、EBCT、MRI 以及双向电影心室造影术都可用于评价左室功能。其中,双向电影心室造影术是目前临床评价左室功能的标准方法,而 MRI 则是无创性方法中的最好选择。回顾性心电门控 MSCT 所应用的只是舒张中晚期的一小部分数据,大部分数据被浪费,也就是说,在回顾性重组的 0%~90% 的数据中包含了舒张期和收缩期的全部数据;而回顾性重组后的数据具有良好的 Z 轴分辨力,可以利用多平面重组方法获取心脏短轴位和长轴位影像,从而使 MSCT 评价左室功能成为可能。研究显示,4 层 MSCT 所获数据与双向电影心室造影术、超声心动图、MRI 之间存在良好的相关性^[26-28]。一次采集能同时评价冠状动脉的解剖形态与左室的功能,而不增加患者的辐射量及费用是其优点,但需要注意的是 MSCT 时间分辨力的限制影响其测量的准确性,可造成对左室射血分数的低估。因此目前 MSCT 对左室功能的评价还不能作为常规应用,仅在 MRI 或超声心动图不能进行时应用。

支架通畅性的评价及冠状动脉瘤

由于进行冠状动脉血管成形术并放置支架患者数量的迅速上升,使得无创性评价冠状动脉支架、支架的通畅性及支架内再狭窄成为 MSCT 非常有吸引力的一个方面。体外研究发现,因为支架所引起的明显放射状伪影,CT 对冠状动脉支架的显示仍然比较困难。研究显示,在活体应用 4 层 CT 不能可靠显示支架内的狭窄程度,但可以鉴别支架的通畅及闭塞^[29],这已在 EBCT 研究中证实。最近 Hong 等^[30]利用 16 层 CT 研究了 19 例患者 26 个支架的腔内对比增强特征以评价其通畅性及 CT 测量支架腔内直径的准确性,16 层 CT 所显示的支架内腔可以使研究者直接评价支架的通畅性,测量支架内腔的对比增强。然而由于支架的高密度,CT 所测支架内腔的 CT 值明显高于支架近、远端正常部位的 CT 值,且 CT 所测量的腔内直径较传统血管造影低。仍有待于大组的研究证实这一结果。

川崎病所引起的冠状动脉瘤、狭窄等改变也可以用 MSCT 有力地证实并进行随访研究,这些结果与传统导管法相比有高度的一致性^[31]。

总之,由于 CT 技术的迅速进步使得进行冠状动脉的 CT 成像不仅成为可能,而且具有广阔的应用前景,在上述所提及的诸多方面 MSCT 都可能有所作为,并可能在临床实际工作中发挥重要的作用。相信,随着对冠状动脉 CT 技术的认识和改

进以及 CT 设备本身的改良,MSCT 显示冠状动脉及其疾病的能力将会继续提高,其应用范围将不断拓宽。

参考文献:

- [1] Desjardins B, Kazerooni EK. ECG-gated Cardiac CT [J]. AJR, 2004, 182(4): 993-1010.
- [2] Choi HS, Choi BW, Choe KO, et al. Pitfall, Artifacts, and Remedies in Multidetector CT Coronary Angiography [J]. RadioGraphics, 2004, 24(3): 787-800.
- [3] Giesler T, Baum U, Ropers D, et al. Noninvasive Visualization of Coronary Arteries Using Contrast-enhanced Multidetector CT: Influence of Heart Rate on Image Quality and Stenosis Detection [J]. AJR, 2002, 179(4): 911-916.
- [4] Schoepf UJ, Becker CR, Hofmann LK, et al. Multidetector-row CT of Heart [J]. Radiol Clin N Am, 2003, 41(3): 491-505.
- [5] Horisaki T, Yamashita T, Yokoyama H, et al. Three-Dimensional Reconstruction of Computed Tomographic Images of Anomalous Origin of the Left Main Coronary Artery from the Pulmonary Trunk in an Adult [J]. Am J Cardiol, 2003, 92(7): 898-899.
- [6] Van Ooijen PM, Dorgelo J, Zijlstra F, et al. Detection, Visualization and Evaluation of Anomalous Coronary Anatomy on 16-slice Multidetector-row CT [J]. Eur Radiol, 2004, 28.
- [7] Becker CR. Assessment of Coronary Arteries with CT [J]. Radiol Clin N Am, 2002, 40(4): 773-782.
- [8] Nikolaou K, Sagmeister S, Knez A, et al. Multidetector-row Computed Tomography of the Coronary Arteries: Predictive Value and Quantitative Assessment of Non-calcified Vessel-wall Changes [J]. Eur Radiol, 2003, 13(11): 2505-2512.
- [9] Sato Y, Inoue F, Yoshimura A, et al. Regression of an Atherosclerotic Coronary Artery Plaque Demonstrated by Multislice Spiral Computed Tomography in a Patient with Stable Angina Pectoris [J]. Heart Vessels, 2003, 18(4): 224-226.
- [10] Becker CR, Nikolaou K, Munders M, et al. Ex Vivo Coronary Atherosclerotic Plaque Characterization with Multi-detector-row CT [J]. Eur Radiol, 2003, 13(9): 2094-2098.
- [11] Caussin C, Ohanessian A, Lancelin B, et al. Coronary Plaque Burden Detected by Multislice Computed Tomography after Acute Myocardial Infarction with Near-normal Coronary Arteries by Angiography [J]. Am J Cardiol, 2003, 92(7): 849-852.
- [12] Schoenhagen P, Tuzcu EM, Stillman AE, et al. Non-invasive Assessment of Plaque Morphology and Remodeling in Mildly Stenotic Coronary Segments: Comparison of 16-slice Computed Tomography and Intravascular Ultrasound [J]. Coron Artery Dis, 2003, 14(6): 459-462.
- [13] Paul JF, Dambrin G, Caussin C, et al. Sixteen-slice Computed Tomography after Acute Myocardial Infarction: from Perfusion Defect to the Culprit Lesion [J]. Circulation, 2003, 108(3): 373-374.
- [14] Schroeder S, Kuettner A, Leitritz M, et al. Reliability of Differentiating Human Coronary Plaque Morphology Using Contrast-enhanced Multislice Spiral Computed Tomography: a Comparison With Histology [J]. J Comput Assist Tomogr, 2004, 28(4): 449-454.

- [15] Imazeki T, Sato Y, Inoue F, et al. Evaluation of Coronary Artery Remodeling in Patients with Acute Coronary Syndrome and Stable Angina by Multislice Computed Tomography[J]. Circ J, 2004, 68(11):1045-1050.
- [16] Sato Y, Kanmatsuse K, Inoue F, et al. Noninvasive Coronary Artery Imaging by Multislice Spiral Computed Tomography[J]. Circ J, 2003, 67(2):107-111.
- [17] Nieman K, Cademartiri F, Lemos P, et al. Reliable Noninvasive Coronary Angiography with Fast Submillimeter Multislice Spiral Computed Tomography[J]. Circulation, 2002, 106(16):2051-2054.
- [18] Ropers D, Baum U, Pohle K, et al. Detection of Coronary Artery Stenoses with Thin-slice Multi-detector Row Spiral Computed Tomography and Multiplanar Reconstruction[J]. Circulation, 2003, 107(5):664-666.
- [19] Herzog C, Dogan S, Diebold T, et al. Multi-detector Row CT Versus Coronary Angiography: Preoperative Evaluation Before Totally Endoscopic Coronary Artery Bypass Grafting[J]. Radiology, 2003, 229(1):200-208.
- [20] Caussin C, Ohanessian A, Lancelin B, et al. Coronary Plaque Burden Detected by Multislice Computed Tomography after Acute Myocardial Infarction with Near-normal Coronary Arteries by Angiography[J]. Am J Cardiol, 2003, 92(7):849-852.
- [21] Silber S, Finsterer S, Krischke I, et al. Noninvasive Angiography of Coronary Bypass Grafts with Cardio-CT in a Cardiology Practice[J]. Herz, 2003, 28(2):126-135.
- [22] Ko YG, Choi DH, Jang YS, et al. Assessment of Coronary Artery Bypass Graft Patency by Multislice Computed Tomography[J]. Yonsei Med J, 2003, 44(3):438-444.
- [23] Burgstahler C, Kuettner A, Kopp AF, et al. Non-invasive Evaluation of Coronary Artery Bypass Grafts Using Multi-slice Computed Tomography: Initial Clinical Experience[J]. Int J Cardiol, 2003, 90(2-3):275-280.
- [24] Yoo KJ, Choi D, Choi BW, et al. The Comparison of the Graft Patency after Coronary Artery Bypass Grafting Using Coronary Angiography and Multi-slice Computed Tomography[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2003, 24(1):86-91.
- [25] Khan MF, Herzog C, Landenberger K, et al. Visualisation of Non-invasive Coronary Bypass Grafts: 4-row vs. 16-row Multidetector Computed Tomography[J]. Eur Radiol, 2004, 15, [Epub ahead of print].
- [26] Grude M, Juergens KU, Wichter T, et al. Evaluation of Global Left Ventricular Myocardial Function with Electrocardiogram-gated Multidetector Computed Tomography: Comparison with Magnetic Resonance Imaging[J]. Invest Radiol, 2003, 38(10):653-661.
- [27] Hosoi S, Mochizuki T, Miyagawa M, et al. Assessment of Left Ventricular Volumes Using Multi-detector Row Computed Tomography (MDCT): Phantom and Human Studies[J]. Radiat Med, 2003, 21(2):62-67.
- [28] Halliburton SS, Petersilka M, Schwartzman PR, et al. Evaluation of Left Ventricular Dysfunction Using Multiphasic Reconstructions of Coronary Multi-slice Computed Tomography Data in Patients with Chronic Ischemic Heart Disease: Validation Against Cine Magnetic Resonance Imaging[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2003, 19(1):73-83.
- [29] Kruger S, Mahnken AH, Sinha AM, et al. Multislice Spiral Computed Tomography for the Detection of Coronary Stent Restenosis and Patency[J]. Int J Cardiol, 2003, 89(2-3):167-172.
- [30] Hong C, Chrysant GS, Woodard PK, et al. Coronary Artery Stent Patency Assessed with in-stent Contrast Enhancement Measured at Multi-detector Row CT Angiography: Initial Experience[J]. Radiology, 2004, 233(1):286-291.
- [31] Sato Y, Kato M, Inoue F, et al. Detection of Coronary Artery Aneurysms, Stenoses and Occlusions by Multislice Spiral Computed Tomography in Adolescents with Kawasaki Disease[J]. Circ J, 2003, 67(5):427-430.

(收稿日期:2003-11-21 修回日期:2004-12-06)

书 讯

《医学影像技术学》由我国 18 所高等医学院校从事医学影像技术第一线的各类专家编写而成,主要讲述了普通 X 线成像技术、数字 X 线成像技术、CT 成像技术、DSA 成像技术、磁共振成像(MRI)技术、超声成像技术和核医学成像技术。每篇分别叙述了成像设备的系统组成及特性、成像基本理论和原理、图像质量控制和各种成像技术在人体各部位的临床应用。本书以临床实用为出发点,介绍了实用技术及其理论,兼顾影像学新理论、新技术,同时扬弃了医学影像学中过时的技术。每章前有内容提要,每章后有思考题,书后有英汉名词对照。该书图文并茂,内容丰富全面,理论联系实际,并注重实用性、科学性和系统性。它既可作为全国高等医药院校教材,也可供医学影像、生物医学工程、临床、预防等医学相关专业使用,同时也可作为在职专业人员的培训教材。

无疑,这本由华中科技大学同济医学院附属协和医院余建明教授主编的《医学影像技术学》一书必定会推动我国医学影像技术专业的高等教育,全面推动我国医学影像技术人才的培养。

订购地址:100717 北京东黄城根北街 16 号科学出版社医学出版分社 李国红