

三维完美采样可变翻转角优化对比序列检测下肢深静脉血栓的诊断价值

向春林, 黄文华, 万维佳, 吴刚, 蔡玲利, 胡军武

【摘要】 目的:评估非对比剂增强磁共振三维完美采样可变翻转角优化对比序列(SPACE)检测下肢深静脉血栓的诊断价值。**方法:**94 例疑似有下肢深静脉血栓(DVT)的患者做下肢血管超声检查和 SPACE 检查。以超声作为金标准,分别在静脉节段水平、单侧肢体水平和患者水平,计算 SPACE 检测深静脉血栓(DVT)的敏感度和特异度。通过计算 Cohen kappa 系数来评定 SPACE 评估 DVT 状态(不存在,不全闭塞,完全闭塞)的观察者间一致性。**结果:**SPACE 检测 DVT 的敏感度/特异度为 96.53%/99.90%(节段水平),95.24%/99.04%(单侧肢体水平),95.89%/95.24%(患者水平)。SPACE 评估血栓状态的观察者间一致性好(Kappa=0.894±0.020, P=0.000)。**结论:**非对比剂增强磁共振三维 SPACE 检测下肢深静脉血栓准确性高。对于那些不能做超声检查的患者,SPACE 可以作为替代检查。

【关键词】 下肢; 深静脉血栓; 超声检查; 磁共振成像

【中图分类号】 R543; R323.72; R445.1; R445.2 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2018)10-1077-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.10.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The diagnostic value of 3-dimensional SPACE sequence in detecting deep vein thrombosis of the lower extremity XIANG Chun-lin, HUANG Wen-hua, Wan Wei-jia, et al. Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

【Abstract】 Objectives: To evaluate the diagnostic performance of non-contrast enhanced magnetic resonance imaging utilizing sampling perfection with application optimized contrasts using different flip angle evolutions (SPACE) in the diagnosis of detecting deep venous thrombus (DVT) of the lower extremity. **Methods:** Ninety-four consecutive patients suspected of lower extremity DVT underwent ultrasound (US) and SPACE. The sensitivity and specificity of SPACE in detecting DVT were calculated based on segment, limb, and patient, with US serving as the reference standard. Cohen kappa coefficients were calculated to assess the inter-observer consistency of SPACE in evaluating DVT status (absent, incomplete occlusion, complete occlusion). **Results:** The sensitivity/specificity of SPACE to detect DVT is 96.53%/99.90% (segment), 95.24%/99.04% (limb), and 95.89%/95.24% (patient). Interobserver agreement of SPACE in assessing thrombosis was excellent (kappa=0.894±0.020, P=0.000). **Conclusion:** High accuracy of non contrast enhanced three-dimensional SPACE in detecting deep vein thrombosis of lower extremities. SPACE could serve as an important alternative for patients in whom US cannot be performed. For those who can not do ultrasound examination, SPACE can be used as an alternative inspection.

【Key words】 Lower extremity; Deep vein thrombosis; Ultrasonography; Magnetic resonance imaging

下肢深静脉血栓(deep vein thrombosis, DVT)的

早期检测极为重要,有助于预防致命的肺栓塞^[1]。传统的静脉造影检查是诊断深静脉血栓的金标准,然而其为有创性检查,且有电离辐射。超声检查是无创性、可重复性检查,诊断 DVT 高度准确,目前在临床上已经基本取代静脉造影。然而,超声检查在下肢有伤口、

作者单位:430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科

作者简介:向春林(1987-),男,湖北宜昌人,初级技师,主要从事临床放射技术工作。

通讯作者:吴刚, E-mail:42292815@qq.com

严重水肿或打石膏时无法进行。另外,一部分患者的下肢存在双深静脉系统,超声操作者如果只检查其中一根静脉,则可能漏掉另一根静脉内的血栓^[2]。磁共振静脉造影(magnetic resonance venography, MRV)也可以用于检测 DVT^[3,4]。对比剂增强 MRV 的主要缺点是成像时间窗口短,对比剂用量大,不适于肾功能不全患者。而非对比剂增强 MRV 检查克服了上述缺点,尤其是消除了肾源性纤维化(nephrogenic systemic fibrosis, NSF)的风险^[5]。完美采样可变翻转角优化对比技术(sampling perfection with application optimized contrasts using different flip angle evolutions, SPACE)是一种三维快速磁共振序列,能达到较高的空间分辨率和较长的回波链^[6]。由于下肢深静脉血液流速较慢,在 T₂ 加权的 SPACE 序列上呈高信号。而血栓由于含有顺磁性物质,在此序列上一般呈低信号。因此,SPACE 能提供良好的血液-血栓对比。本研究旨在以超声作为金标准,研究 SPACE 检测下肢深静脉血栓的诊断价值。

材料与方法

1. 临床资料

本研究搜集有下肢疼痛和/或肿胀症状而疑似有深静脉血栓的患者。排除标准:①MRI 检查禁忌症如幽闭恐惧症;②存在下肢石膏、伤口或其他原因不能做超声检查;③超声和 MRI 检查的间隔时间超过 24h。从 2016 年 7 月—2017 年 11 月,94 例疑似下肢深静脉血栓的患者行下肢超声检查和磁共振 SPACE 检查。每位患者在研究前均签署知情同意书。

2. 检查方法

10 年以上工作经验的超声医师给患者做下肢静脉超声检查以检测 DVT。下肢超声检查的范围从股总静脉到小腿远段。本研究把全下肢静脉分为 12 个节段:1/2, 双侧股总静脉;3/4, 双侧股静脉;5/6, 双侧腘静脉;7/8, 双侧胫前静脉;9/10, 双侧胫后静脉;11/12, 双侧腓静脉。

MRI 检查是在一台 3T 的 Siemens 磁共振扫描仪(Magnetom Skyra)上进行的,联合使用 36 通道的外周线圈和 18 通道的体部线圈覆盖全下肢。患者采取仰卧位,足先进。采用横轴面的 b-SSFP 序列扫描下肢 3 个位置(小腿中段水平、膝关节水平、大腿中段水平),自动重建出矢状面 MIP 以确定血管的大致走向。冠状面 T₂ 加权 SPACE 的主要参数:TR 3200 ms, TE 100 ms, 矩阵 384×306, 视野 44.8 cm×28.7 cm, 层厚 1.2 mm, 回波链长度 100;相位方向,头足;相位过采样 50%;并行采集因子 3。对于股总静脉的扫描,加用流动补偿技术。采集 32~50 层以覆盖下肢深静脉的主

干,对应的扫描时间约 2~3 min。完成全下肢成像需要 3 站 SPACE 扫描,相邻两站的重叠区域为 2 cm。完成 3 站扫描共计 7~10 min。

3. 图像分析

两位副高级职称的影像医师在不知道超声结果的情况下共同观看 SPACE 的原始图像,分别独立决定各个静脉节段内是否存在血栓。血栓定义如下:静脉管腔内存在黑色充盈缺损影,局部静脉管腔扩张。如果 SPACE 的诊断与超声的诊断一致,则 SPACE 的结果为真阴性或真阳性;如果 SPACE 的诊断与超声相反,则 SPACE 的结果为假阴性或假阳性。分别以静脉节段为单位,以单侧肢体为单位,以患者为单位,以超声为金标准,计算 SPACE 检测血栓的敏感度、特异度。本研究 SPACE 显示的每个静脉节段的状态分为 3 种:①没有血栓;②存在血栓,管腔不完全闭塞;③血栓存在,管腔完全闭塞。以节段为基础,计算 SPACE 在评估血栓状态方面两个观察者之间的一致性。

4. 统计分析

采用 SPSS 19.0 统计学软件进行分析。分别在静脉节段水平、单侧肢体水平、患者水平计算 SPACE 检测深静脉血栓的敏感度和特异度。计算 Cohen kappa 系数以评估使用 SPACE 的观察者间可重复性。P 值 > 0.05 被认为有统计学差异。

结果

所有的 MR 和超声检查都顺利完成,无任何不良反应。94 例患者 SPACE 图像 7 例出现了伪影,其中 3 例是运动伪影,1 例是由宫内避孕环引起的金属伪影,1 例是磁敏感伪影,2 例是 B1 场不均匀伪影。本研究共研究了 1128 个静脉节段,188 个单肢体,94 例患者。84.84% (957/1128) 的静脉节段很好地显示了深静脉的形态。超声发现 94 例患者 71 例有 DVT; 188 个肢体 81 个有 DVT; 1128 个节段 140 个节段有 DVT。

以超声为标准,表 1 示 SPACE 检测下肢 DVT 的敏感度和特异度,范围从 90.91% 到 100%。

表 1 SPACE 检测下肢 DVT 的敏感度和特异度 (%)

节段	观察者 1		观察者 2	
	敏感性	特异性	敏感性	特异性
股总静脉	90.91	100	90.91	100
股静脉	100	100	100	100
腘静脉	100	99.39	100	99.39
胫前静脉	91.67	100	91.67	100
胫后静脉	96.30	100	96.30	100
腓静脉	94.44	100	100	100
合计	96.53	99.90	97.20	99.90
单侧肢体	95.24	99.04	96.39	99.05
患者	95.89	95.24	97.22	95.45

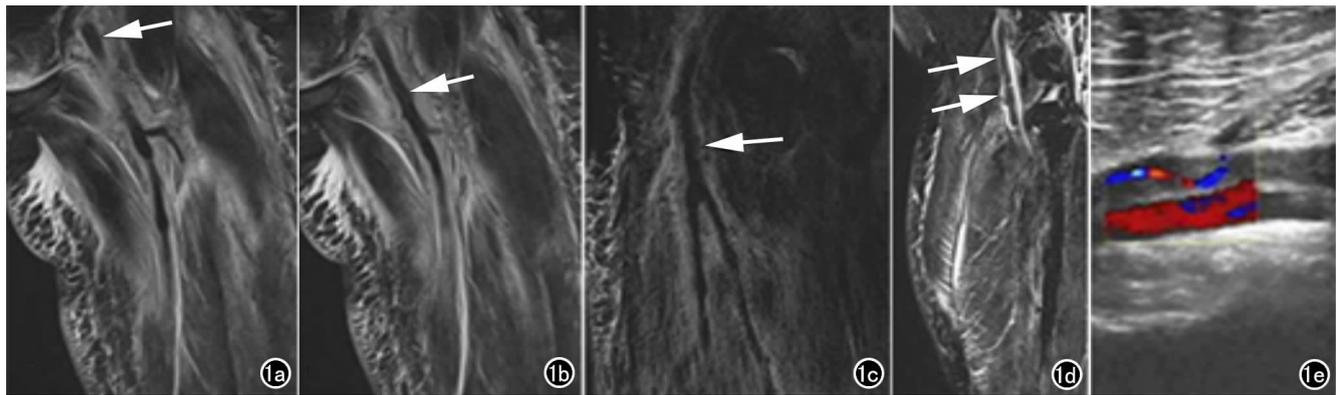


图1 患者,男,65岁,左侧下肢水肿、疼痛。a) SPACE 图像显示左侧大腿肌肉广泛水肿,左侧股总静脉内的血栓为极低信号(箭); b) 左侧股静脉内的血栓为极低信号(箭); c) 矢状面很好地显示深静脉血栓(箭); d) 表明血栓所在位置管腔不完全闭塞(箭); e) 超声确认了静脉血栓的存在。

SPACE 分别显示大腿段、盆腔段、小腿段的深静脉血栓(图1~3)。

29.8%(28/94)的患者存在双深静脉现象,而超声

发现双深静脉比例为 23.4%(22/94)。SPACE 发现其中 6 例双深静脉存在血栓:3 例两支静脉都有血栓,另外 3 例只有一支静脉有血栓。在双深静脉的两支都

有血栓的 1 例,超声只发现其中一支静脉内的血栓,而漏掉了另外一支内的血栓。

在评估静脉节段血栓状态方面(无,非闭塞,闭塞),SPACE 有很好的观察者间一致性($Kappa = 0.894 \pm 0.020, P = 0.000$)。

讨论

本研究使用无需对比剂的 T_2 加权 SPACE 检测下肢深静脉血栓,发现 SPACE 对于下肢深静脉显示良好,检测下肢深静脉血栓准确性高。

下肢有石膏、伤口、严重水肿或重度肥胖的患者,是超声的检查禁忌。而这些患者往往易发生下肢深静脉血栓,因此必须寻找超声的替代检查^[7,8]。一些研究者尝试用对比剂增强的 MRV 检测下肢深静脉血栓,然而对比剂的使用增加了检查费用,并带来了肾源性纤维化的风险。我们的研究发现非对比剂的 T_2 加权 SPACE 适合于显示深静

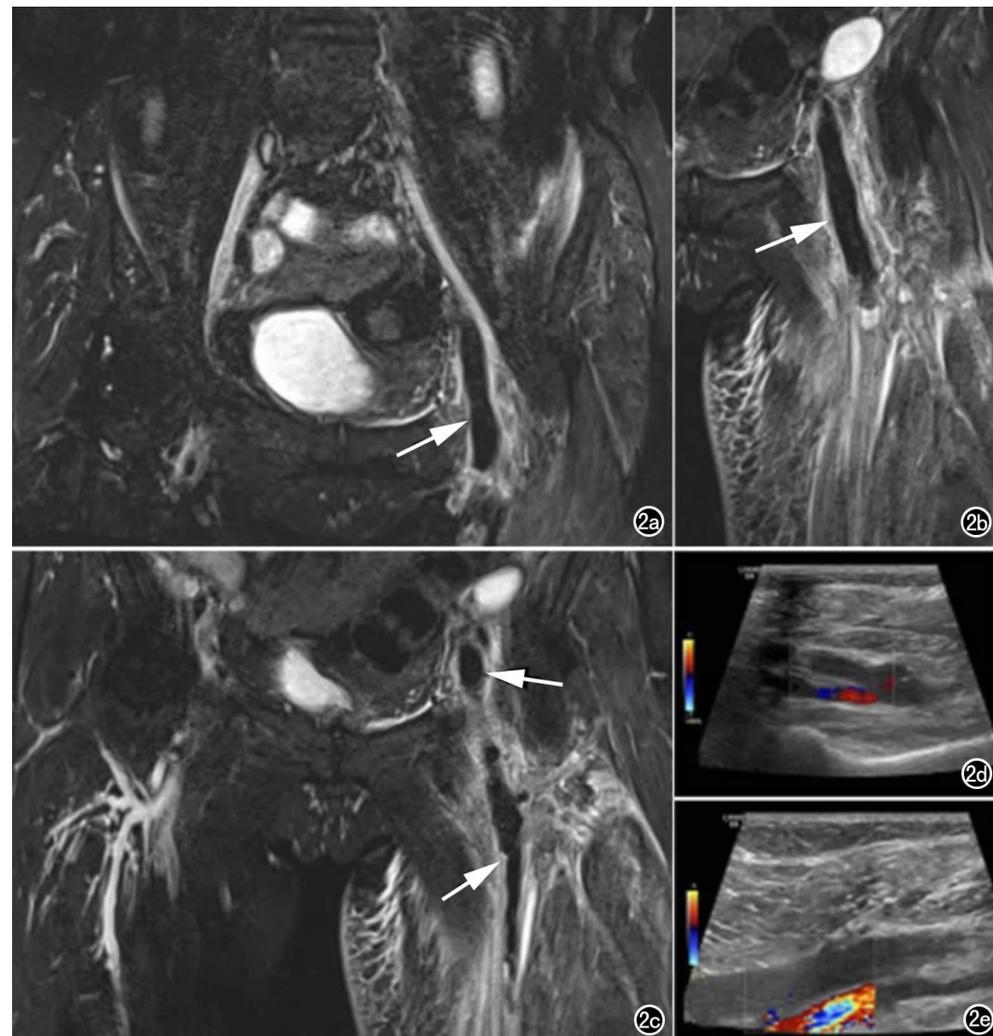


图2 患者,女,54岁,左侧下肢水肿。a) SPACE 图像显示极低信号的血栓位于扩张的髂静脉(箭); b) 血栓位于股总静脉(箭); c) 血栓位于股总静脉和股静脉(箭); d) 超声示股总静脉无血流信号; e) 超声示股静脉无血流信号。

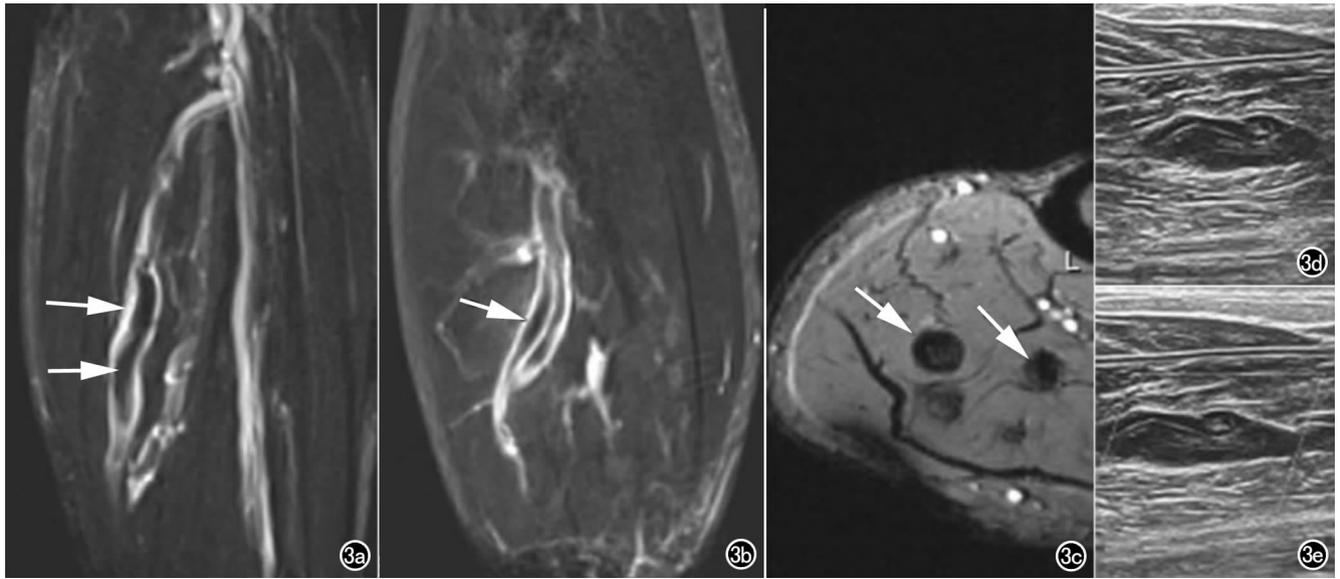


图3 患者,男,67岁,左侧小腿肿胀。a) SPACE显示左侧小腿深静脉内的低信号血栓(箭),血栓位置管腔不全闭塞,尚有血流通; b) 在扩张的胫后静脉的属支内显示血栓(箭); c) 在 T_2^* -mapping图像上见到多个低信号的结节影(箭),表示血栓具有顺磁性; d) 超声示胫骨后静脉扩张; e) 加压超声证实血栓的存在。

脉和检测深静脉血栓。这是因为静脉血液在SPACE序列上是高亮信号,而肌肉相对于静脉是低信号。血栓内含有顺磁性物质,如高铁血红蛋白,引起血栓的 T_2 弛豫时间缩短^[9]。在SPACE图像上,血栓一般为极低信号。需要注意的是血栓内的高铁血红蛋白是由脱氧血红蛋白氧化形成的,随着血栓形成时间延长其浓度逐渐增加^[10]。对于形成时间少于48h的超急性血栓,其含有的顺磁性高铁血红蛋白很少, T_2 缩短效应并不明显,在SPACE上可能表现为高信号,所以SPACE能显示急性、亚急性、慢性期血栓,但是对于形成时间少于48h的超急性血栓,SPACE可能不能很好检测。

SPACE是一个三维序列,可以做到各向同性,从而能做多平面重建,有助于检测血栓。由于静脉血液与静脉血栓对比分明,SPACE的图像易于判读。SPACE也易于分辨血栓存在的位置管腔是完全闭塞还是不完全闭塞,因为后者可以看到邻近血栓的线状高信号,代表可通过的静脉血流。我们发现SPACE能够在10min以内完成全下肢的静脉血栓检测,这个速度与超声相比无明显优势。SPACE的另外一个优势在于可以清晰显示与DVT并存的其它下肢病变,如静脉曲张、肌肉内血管瘤、肌肉水肿等。在血栓存在的位置,由于静脉血流停滞或流速明显变慢,因此往往不受流动失相位的干扰,能获得较稳定的图像质量。由于SPACE是一个无需对比剂的磁共振序列,不受对比剂通过时间窗口的限制,可以重复执行检查,直到获得满意的图像质量为止,与对比剂增强MRV相比

具有优势。

SPACE检测下肢血栓最大的挑战来源于下肢显著水肿的肌肉,因为其在SPACE上表现为较高的信号,与高亮静脉血的对比度减少,可能干扰深静脉的显示。然而血栓在SPACE上一般为极低信号,与高信号水肿肌肉的对比良好,因此DVT的检测并不受影响。

本研究存在一些局限性。首先,本研究把超声作为研究的金标准,而没有把传统的静脉造影作为金标准。这是由于在目前的临床上超声几乎完全替代了静脉造影。其次,没有使用SPACE对盆腔内的静脉血栓作系统检测评估。这是由于盆腔内的静脉无法使用超声探头压迫。另外,盆腔静脉的显示受到B1场不均匀的影响较大,成像质量不稳定。在未来的研究中我们可以进一步优化SPACE的扫描参数,使之能可靠地用于盆腔静脉血栓的检测。

总之,非对比剂增强 T_2 加权三维SPACE序列检测下肢深静脉血栓高度准确。由于假阳性和假阴性的存在,SPACE还不能完全替代超声。然而,对于疑似有下肢深静脉血栓而又有超声检查禁忌的患者,SPACE可以作为安全、方便的替代检查。

参考文献:

- [1] Kearon C. Natural history of venous thromboembolism[J]. Circulation, 2003, 107(23 suppl 1):122-130.
- [2] Screaton NJ, Gillard JH, Berman LH, et al. Duplicated superficial femoral veins: a source of error in the sonographic investigation of deep vein thrombosis[J]. Radiology, 1998, 206(2):397-401.
- [3] Aschauer M, Deutschmann HA, Stollberger R, et al. Value of a

- blood pool contrast agent in MR venography of the lower extremities and pelvis: preliminary results in 12 patients[J]. Magn Reson Med, 2003, 50(5): 993-1002.
- [4] Kanne JP, Lalani TA. Role of computed tomography and magnetic resonance imaging for deep venous thrombosis and pulmonary embolism[J]. Circulation, 2004, 109(1): 15-21.
- [5] Ono A, Murase K, Taniguchi T, et al. Deep vein thrombosis using noncontrast-enhanced MR venography with electrocardiographically gated three-dimensional half-Fourier FSE: preliminary experience[J]. Magn Reson Med, 2009, 61(4): 907-917.
- [6] Mugler JP, Brookeman JR. Ultra-long echo trains for Rapid 3D T₂-weighted turbo-spin-echo imaging[C]. Proceedings of the 11th International Society of Magnetic Resonance in Medicine, Toronto, 2003: 970.
- [7] Treitl KM, Treitl M, Kooijman-Kurfuerst H, et al. Three-dimensional black-blood T₁-weighted turbo spin-echo techniques for the diagnosis of deep vein thrombosis in comparison with contrast-enhanced magnetic resonance imaging: a pilot study[J]. Invest Radiol, 2015, 50(6): 401-408.
- [8] Sampson FC, Goodacre SW, Thomas SM, et al. The accuracy of MRI in diagnosis of suspected deep vein thrombosis: systematic review and meta-analysis[J]. Eur Radiol, 2007, 17(1): 175-181.
- [9] Westerbeek RE, Van Rooden CJ, Tan M, et al. Magnetic resonance direct thrombus imaging of the evolution of acute deep vein thrombosis of the leg[J]. J Thromb Haemost, 2008, 6(7): 1087-1092.
- [10] Saha P, Andia ME, Modarai B, et al. Magnetic resonance T₁ relaxation time of venous thrombus is determined by iron processing and predicts susceptibility to lysis[J]. Circulation, 2013, 128(7): 729-736.

(收稿日期: 2018-04-27 修回日期: 2018-06-26)

· 书 讯 ·

《医学影像技术考试一本通》出版发行

由全国 20 余位从事医学影像技术学临床、教学、科研、管理的一线专家、学者编写的《医学影像技术考试一本通》出版发行。该书容纳近 4200 道试题,是所有编委数十年临床、教学的结晶,同时也是我国医学影像技术试题库量最大、覆盖面最广的考试类用书之一。该书涵盖乳腺及数字 X 线成像技术、电子计算机断层扫描技术、磁共振成像技术、数字减影血管造影及介入技术、超声成像技术、核医学成像技术、放射治疗技术、生物医学工程技术等相关内容,适用于在校学生考试、入院前准入制考试、“三基”考试、大型医用设备使用人员上岗考试、职称晋升考试等。欲购此书者,敬请登录微店:医学影像技术学购买。

《CT/MR/DSA/乳腺技师业务能力考评全真模拟与精解》出版发行

为满足全国同仁有效地进行 CT、MR、DSA、乳腺技师业务能力考评,来自全国 10 余所高等医学院校、20 多所教学医院的 40 余位奋战在医学影像技术学临床、教学、科研、管理的一线专家和学者本着与时俱进的原则,针对全国上岗考试的特点,采用最佳选择题和多选题,专门编写了近 3000 道的全真模拟试卷,这也是关于全国医用设备使用人员(CT/MR/DSA/乳腺技师)业务能力考评(即上岗证考试)最具权威和影响力的畅销书(已出版过 2 次、且在半年内多次加印),同时也是医学影像技术学界题库量最大的考试类用书之一。

第一主编不仅在 401 位江苏省同仁参加全国 CT 上岗考试中夺得冠军,还曾在辅导江苏省同仁参加全国 CT 技师上岗考试中,通过率高出全国平均通过率 20% 左右;在辅导 MRI 技师上岗考试中,通过率高出全国平均通过率 10% 左右。欲购此书者,可通过微店:医学影像技术学购买。

(王骏)