

综 述

320排CT全脑灌注及4-D血管成像在颅脑的临床应用进展

广东医学院附属医院CT室

(广东 湛江 524000)

孟盈盈 罗泽斌 夏 俊

【关键词】320排CT; 全脑灌注; 4-D血管成像; 动态成像; 低剂量

【中图分类号】R651.1

【文献标识码】A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2015.02.36

通讯作者: 罗泽斌

Clinical Application Progress of 320-row CT in Cerebral Perfusion and 4-D Angiography

CT灌注成像在脑血管疾病(短暂性脑缺血发作(TIA)、脑梗死,脑动静脉畸形、烟雾病、颅内动脉瘤)、颅内肿瘤、颅内畸形等诊断中具有重要作用,但传统螺旋CT脑灌注成像曾因对较大病灶的覆盖面有限、动脉灌注值不精确及对目的灌注区域外的病灶无法探测等问题,使得其临床应用价值受限。同时,传统3-D CT血管造影(3-D CTA)相对于血管影像“金标准”数字减影血管造影(DSA)最大的不足在于,其检查时间过长、费用高,并且在临床应用存在一定风险。

320排CT的出现使以上问题迎刃而解,320排CT使用160mm宽度的探测器,探测器扫描一圈即能获得具有时间分辨率的全脑灌注及4-D血管成像的数据。回顾文献我们发现在多种临床情况下全脑灌注及4-D血管成像都是非常有用的检查方法。下面将对全脑灌注及4-D血管成像在多种颅内疾病中的应用作一综述。

1 320排CT的特点及在神经系统的临床应用优势

传统螺旋CT灌注成像在神经系统方面临床应用受限的最大因素在于其探测器对脑组织的覆盖面积有限,尤其是在血管痉挛、脑慢性缺血性疾病和动静脉畸形等病灶弥漫性分布或拥有多个病灶的疾病中其弊端更为显著。

目前评估脑灌注的其它方法有核医学,包括正电子发射断层扫描(PET)和单光子发射计算机断层扫描(SPECT),但其空间分辨率较差及必须要使用核素示踪等缺陷使得其在临床广泛应用亦受到限制。MRI灌注则虽然是一种可以提供全脑灌注的一项比较有前景的方法,但是这个技术最大的不足在于,相对于CT灌注参数来讲MRI获得的灌注参数是一个相对值^[1]。

320排CT是一款可以获得全脑灌注成像的新型CT,其最大的优势在于其探测器扫描一圈即能获得全脑灌注及4-D血管成像的影像数据。大大缩短扫描时间的同时保证了全脑灌注数据的同时相采集,所得到的图像完全忠实于真实数据;全面的数据获取可实现器官或病灶在所有时相、任意方向的切割观察;4-D动态血管成像可以提供可视化的动态血流及灌注成像,并且可以提供多种拥有血流动力学改变的疾病在短时间内其整体血流量的变化情况,这种方法在临床上已应用于对癫痫发作、急性脑卒中及脑动静脉畸形等多种疾病的诊断;320排CT的非螺旋轴扫模式一圈完全覆盖全脑,避免了螺旋扫描导致的X线重叠和累计,其进一步提高的量子探测技术在保证低剂量高清晰图像质量的同时,将成像辐射剂量再次降低了80%。

2 全脑灌注及4-D血管成像在部分颅内疾病中的应用

2.1 脑血管疾病

2.1.1 脑缺血性疾病:在我国,脑卒中是人群死亡第3位常见原因^[2]。脑卒中患者大部分是由于缺血性脑血管病引起,缺血性脑血管病

是由于局部脑血流量降低而引起的脑缺血性病变^[3]。快速检测急性缺血性脑卒中疾病的梗死部位及范围,对临床的治疗决策起着至关重要的指导作用。在临床上对于急性缺血性脑梗死的主要的影像诊断方法有头颅平扫、CT血管造影(CTA)及脑灌注等,其中,头颅平扫能够排除脑出血、陈旧性脑梗死灶^[4];脑动脉CTA可以发现急性闭塞的颅内动脉血管^[5]。急性脑梗死在普通CT最早要22h才能显示低密度病灶,常规MRI T1加权像, T2加权像分别最早于起10h、14h才显示病灶区异常信号区^[6]。尽管有文献报道MRI T2加权像8h可显示高信号,但仍失去了早治疗的机会。而CT灌注成像最早可在发病后40min显示病灶^[7],甚至这些病灶在头颅平扫中还没有出现阳性征象之前^[8]比MRI DWI最早105min^[9]仍要早1h。

但是传统CT的脑灌注成像有一个缺陷,即不能实现全脑覆盖。而320排CT的出现使得这一问题得到解决。320排CT“一站式”扫描使病人通过一次CT扫描便可获得包括头颅的CT平扫图像、CT血管成像及CT灌注成像在内的全套脑血流循环临床资料。血管成像可以对颅内血管病变经行评估,CT灌注图像可以早期显示局部脑组织缺血的异常灌注区、判定缺血的范围,通过各个参数的变化有效评估缺血脑组织的损害程度,从而提高诊断的敏感性和特异性。全脑灌注提供的有关缺血中心区及缺血半暗带的预后信息,可以快速、可靠的选择出虽然在介入治疗的时间窗之外但是仍可以在血管再通治疗中获得较好预后的患者,对于具有高风险的恶性脑梗塞的患者亦可以识别出来^[10]。

全脑灌注对局灶性发病原因

未明的脑梗死的诊断也非常重要,包括颅内出血性脑梗死(血肿及脑组织肿胀产生占位效应,压迫脑动脉所致)或者动脉瘤蛛网膜下腔出血后血管痉挛导致的脑梗死。这些缺血性损伤,特别是因为血管痉挛引起的损伤,可以通过及时的介入治疗而实现逆转。

在脑局部慢性缺血的病人中,脑灌注对多发、不全性局部缺血性损伤或者颅内缺血部位较远处的脑实质损伤,可以提供一系列影像征象^[11]。对于由于慢性较大脑动脉闭塞而产生慢性大脑半球缺血性症状的病人来讲,血管再通手术是一项很好的治疗方法^[12]。全脑灌注成像可以为临床的治疗方案提供比较重要的全脑血流动力学信息。

2.1.2 脑动静脉畸形:动静脉畸形(AVM)是胎儿期脑血管先天发育异常所导致的疾病,典型的AVM由供血动脉、畸形血管团和引流静脉3部分构成;非典型的AVM只有供血动脉和引流静脉,这种常伴畸形血管的瘤样扩张,较少见。其特点在于供血动脉与引流静脉之间直接交通,其间无毛细血管床。临床表现以出血、癫痫及头痛为主^[13]。

AVM的诊断主要依赖于各种影像学检查,目前DSA仍然是诊断脑血管疾病的金标准。随着CT技术的发展,CT血管成像技术得以明显提高,CTA对AVM的诊断越来越可靠。但传统CTA对诊断AVM仍有一些缺点,比如,虽然静态的CTA可以提供比较精确的血管团(瘤巢)的三维解剖信息,但这些图像是静态的,脑动静脉畸形的血流动力学信息,包括主要供血动脉的细节、早期静脉的引流方式、及流速等,不能通过静态的CTA直观的表现出来^[14]。4D CT血管造影(4D-CTA)图像可以进行时间分

辨率方式的分析,可能会更容易发现病灶并通过周围供血动脉把病灶识别出来^[15]。此外,4D-CTA可以观察在DSA上不能直接看到的脑组织结构的变化,比如脑出血等。

320排CT扫描除了可以获得CTA图像外,亦可以同时获得脑灌注的图像数据。CT灌注(CTP)可以评价周围及中心病灶的灌注情况,还可以直观的看出因动静脉分流导致的静脉淤血的情况。同一个病灶不同的分隔,可以因为各自的血流不同而显示出不同的灌注特征^[16]。

2.1.3 烟雾病(moyamoya病):是一种慢性进行性血管性疾病,其特点是慢性进行性狭窄和闭塞的颈内动脉颅内段近端分支及侧枝血管形成,发病原因不明^[17]。烟雾病的脑缺血症状与颈内动脉及到脑中动脉供血区域有关。病变的可以进展缓慢、间歇性发病,也可以呈爆发性发病,致神经功能快速下降^[18]。大多数患者表现出短暂性脑缺血发作或脑梗死^[19]。

临床上用于诊断烟雾病的方法有DSA、经颅多普勒、MRI、CTA、CTP等,其中DSA是诊断烟雾病的金标准。但是其检查时间过长、费用高,并且是一种有创性检查,在临床应用存在一定风险,故不能作为常规脑血管性疾病筛查的方法。CTA相比DSA有着相对少的禁忌症,检查方法更为简便,并且更容易获得高精度的图像。虽然磁共振血管成像(MRA/MRV)也可以实现脑动静脉的成像,但是CTA相对于MRA/MRV检查过程更加简便,检查所需的花费更低。并且对于体内有金属植入物的患者,CTA亦适用。

320排4D-CTA在烟雾病的应用优势在于:a.时间分辨率高:

320排CT采用160mm宽度探测器,其扫描一圈时间仅需0.35s,所获得的图像实现“0时相差”,可获得纯动脉期、纯静脉期图像,亦可以获得类似于DSA的4D动态血管减影。b.低造影剂用量:相对于DSA,320排CT在一次扫描中可以获得包含CTA及CTP的容积数据,其所需要的对比剂浓度小于DSA检查,故对于老年患者及肾功能不全患者,CTA具有更大的优势。c.全脑成像:4D-CTA在获得精确的脑血管图像的同时,它亦可同时显示颅内异常血管与邻近脑组织的关系,这是DSA所不能比拟的。

2.1.4 硬脑膜动静脉瘘:硬脑膜动静脉瘘(dAVF)是指发生于硬脑膜动脉与硬脑膜静脉、脑静脉窦及皮质静脉之间的异常动静脉吻合,可发生于硬脑膜的任何部位,但以横窦、乙状窦最为常见,其次是海绵窦^[20]。根据病灶位置和动静脉瘘的不同程度,其在临床拥有多种表现,比如搏动性耳鸣、结膜水肿及其他非特异性的征象。回顾文献我们发现,脑出血及静脉高压性脑病在dAVF中亦有着很高的发病率。

目前,DSA检查仍是诊断dAVF的金标准,依靠其较高的时间及空间分辨率,DSA可以直观的显示瘘口位置、供血动脉及静脉引流方式。但其毕竟是有创性检查,并且检查费用较高,无法在临床作为dAVF的筛查手段。随着CTA技术发展,依靠静脉造影剂团注的CTA是一种颅内血管性病变无创性的检查方法,但是传统CTA没有良好的空间分辨率来观察静脉引流方式。

4D-CTA依靠其类似于DSA的4D血管动态减影技术,可以准确的显示静脉引流方式。其获得的信息和DSA检查非常接近,这在已经

治疗或者未治疗的患者中都可以体现出来。但是,4D-CTA也有一定的弊端,因为信噪比较低,所以对供血动脉(尤其是对未扩张的侧枝动脉)的检测能力比DSA稍低一些;此外4D-CTA无法进行选择性的静脉造影检查^[21]。

2.1.5 颅内动脉瘤:自发性脑出血80%来自于颅内动脉瘤破裂,颅内动脉瘤破裂后引起的临床症状危重,病死率高,因此,早期发现并及时对颅内动脉瘤进行治疗,对患者来评极其重要。

相较于金标准DSA,CT血管成像是一项相对无创性检查,传统CTA在临床上对颅内动脉瘤的早期诊断及术前评估有着大量的文献报道,其检查结果的可信度已经过大量的临床检验。传统CTA因其低辐射剂量、低费用、较短的检查时间、较小的创伤逐渐得到了临床的青睐,但同时它也有一定的不足之处,例如,传统CTA在对近颅骨的较小的动脉瘤的探测,容易出现假阴性的结果等。

320排CT的最新的4D-CTA技术,使CT血管成像又迈上了一个新的台阶,其以类似于DSA的成像模式使得其对颅内动脉瘤的探测更为敏感,其可以去除颅骨对血管成像的干扰来动态的观察血管成像,尤其是微小动脉瘤及动脉远端动脉瘤有着更佳清晰的显示。相对于传统CTA,在不影响诊断的条件下,4D-CTA成像所需辐射剂量可以更低,回顾文献我们发现,4D-CTA的80kVp扫描成像在>3mm的动脉瘤的检测同传统CTA无统计学差异,而4D-CTA的80kVp扫描成像在对≤3mm的动脉瘤的检测中,同传统CTA相比,低千伏组的敏感度由最初的75%提高至100%^[22]。

2.2 颅内肿瘤 CT脑灌注成像反应了造影剂通过毛细血管时

引起的脑组织密度的变化。脑组织的增强程度与造影剂在组织中的浓度成线性相关,故得到的示踪剂组织浓度-时间曲线能够较为真实的反应脑组织血流动力学信息。320排CT实现的全脑灌注即可以提供详尽的解剖学信息,又可以评估颅内肿瘤的微循环功能状态;4D-CTA可以显示肿瘤的血供情况并可以显示延迟强化的肿瘤病灶。

颅内肿瘤血管生成是其生长、浸润和转移的基础,新生毛细血管会引起血容量、灌注量及毛细血管通透性的变化。通过CT灌注成像测定肿瘤组织灌注参数,可以评估肿瘤的血管形成程度,判断其生物学行为,初步确定肿瘤的组织学类型和分级。回顾文献我们发现,高级别颅内肿瘤具有高血容量和血流量,新生毛细血管成熟程度低;同时,不同肿瘤或同种不同级别的肿瘤间灌注参数有明显的差异,因此,全脑灌注成像在对不同颅内肿瘤的鉴别诊断中具有一定的价值。

较传统脑灌注相比,320排CT的全脑灌注在脑内弥漫性或散在多发颅内肿瘤具有更大的优势。传统脑灌注对于顶叶区域及大脑凸面的肿瘤病变范围不能准确的进行评估,并且因其灌注区域有限,所以对灌注目的区域外的颅内肿瘤无法观察。全脑灌注却可以实现颅内肿瘤立体、直观的展示,即使病变范围很大,全脑灌注图像依然可以准确定位;并且,全脑灌注所得的病变信息较为真实,所以其能为肿瘤的定位、定性诊断及肿瘤的分级提供更多有价值的信息。

4D-CTA在临床不仅可以用于诊断脑血管性疾病,还是一项对诊断颅内肿瘤有价值的一种方法。4D-CTA对肿瘤的良恶性及术

前评估有一定的作用。在射线剂量方面,4D-CTA射线剂量明显低于DSA检查,根据协议,其4D-CTA灌注的辐射剂量可以低至5.08~5.87mSv,在传统CT灌注规定辐射剂量之内^[23],故在临床上对颅内肿瘤诊断中,4D-CTA较DSA及传统CTA具有更大优势。

3 结语与展望

320排CT的出现为急性或慢性脑血管疾病的诊断打开了一扇无创检查的大门:全脑灌注成像可以提供毛细血管水平全脑组织的血流量信息,同时摆脱了传统CT灌注探测区域的局限性,为巨大颅内病灶或散在多发颅内病灶的完全评估提供了可能。一次数据采集即能获得全面的数据,可以观察CTA血管造影的任何时相的信息,并且可以实现数据的任意方向的旋转切割,从而显示任意部位的血流;4D-CTA(4D动态血流减影)更是可以实现类似DSA成像来动态观察动静脉血流信息,从而为疾病的诊断又提供一种影像学方法。

320排CT在辐射剂量方面亦有很大优势,其160mm宽探测器一次扫面即能全脑覆盖,相对于传统CT螺旋扫描,辐射剂量大大减低;在相对较低的辐射剂量下,其拥有可以和DSA相媲美的4D-CTA成像,并且4D-CTA成像是近乎无创的检查方法,使320排CT在临床对颅内血管性疾病筛查的优势更为突出。

当然,全脑灌注及4D-CTA的优势在临床检查中还有继续发挥的空间,笔者认为,依据不同脑组织类型病变的新生毛细血管情况不同,全脑灌注结合CT平扫、增强扫描有对不同组织类型,甚至同组织类型但不同分化级别的

颅内病变提供定性分析的可能性,但这尚需大量样本的研究来获得定性诊断的影像学标准,如果可以实现,320排CT有助于实现颅内病灶术前病理诊断。

4D-CTA虽无法完全取代DSA在临床对颅内疾病的作用,但作为筛选手段,笔者认为4D-CTA较DSA具有更大的优势,通过动态观察动静脉血管的成像数据,在结合横断、矢状、冠状位脑组织的成像数据,4D-CTA有可能发现DSA无法明确发现的微小病灶,其更多的临床应用前景还要在临床中逐渐摸索、发现。

参考文献

- Jai Jai Shankar, Cheemun Lum. Whole brain CT perfusion on a 320-slice CT scanner. *India Journal of Radiology and Imaging*, 2011, vol21/issue3.
- 王宏,王文宏.脂联素与脑卒中关系研究进展[J].东南大学学报:医学版,2012.31(2):235-238.
- 颜利辉,高歌军,戴峰,等.脑血管CT成像对脑缺血患者Willis环形态及代偿潜能评估的价值[J].现代医学,2009,37(3):212-216.
- 王涛,张青山,夏平等.320排CT颅脑灌注成像在超急性期脑梗死中的初步应用[J].现代医学,2013,41(11):850-853.
- Kirchhof K, Schramm P, Klotz E et al. Zur Rolle der Mehrschicht-CT in der Frühdiagnostik der fokalen zerebralen Ischämie. *Fortschr Röntgenstr* 2002;174:1089-1095.
- 韩鸿宾,谢敬霞.MR扩散与灌注成像在早期脑梗死诊断中的应用[J].中华放射学杂志,1998,32(6):364-369.
- 汤晓明,李澄,王礼同,等.多层CT灌注成像在早期脑梗死诊断中的初步应用[J].射学实践,2003,18(4):255-257.
- Rozeik C, Kotterer O, Wieschen A et al. Dynamische Sch?del CT bei isch?mischen Gro?hirn?sionen. *Fortschr R?ntgens* 1993;158:355-361.
- 张敬,张云亭.CT灌注成像技术的临床应用[J].临床放射学杂志,2001,20(10):803-806.
- Dittrich R, Kloska SP, Fischer T et al. Accuracy of perfusion-CT in predicting malignant middle cerebral artery brain infarction. *J Neurol* 2008;255:896-902.
- Pantano P, Baron JC, Samson Y, Bousser MG, Derouesne C, Comar D. Crossed cerebellar cerebellar diaschisis: Further studies. *Brain* 1986;109:677-94.
- Kang KH, Kim HS, Kim SY. Quantitative cerebrovascular reserve measured by acetazolamide-challenged dynamic CT perfusion in ischemic adult moyamoya disease: Initial experience with angiographic correlation. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008;29:1487-93.
- Kader A, Young WL. The effects of intracranial arteriovenous malformations on cerebral hemodynamics. *Neurosurg Clin N Am* 1996;7:767-81.
- Warren DJ, Hoggard N, Walton L, Radatz MW, Kemeny AA, Forster DM, Wilkinson ID, Griffiths PD. Cerebral arteriovenous malformations: comparison of novel magnetic resonance angiographic techniques and conventional catheter angiography. *Neurosurgery* 2001;48:973-82, discussion 982-73.
- Brouwer PA, Bosman T, van Walderveen MA, Krings T, Leroux AA, Willems PW (2010) Dynamic 320-section CT angiography in cranial arteriovenous shunting lesions. *AJNR Am J Neuroradiol* 31:767-770.
- Warren DJ, Hoggard N, Walton L, Radatz MW, Kemeny AA, Forster DM, Wilkinson ID, Griffiths PD. Cerebral arteriovenous malformations: comparison of novel magnetic resonance angiographic techniques and conventional catheter angiography. *Neurosurgery* 2001;48:973-82, discussion 982-73.

17. Suzuki J, Takaku A (1969) Cerebrovascular 'moyamoya' disease. Disease showing abnormal net-like vessels in base of brain. Arch Neurol 20: 288-299.
18. Scott RM, Smith JL, Robertson RL, Madsen JR, Soriano SG, et al. (2004) Long-term outcome in children with moyamoya syndrome after cranial revascularization by pial synangiosis. J Neurosurg 100: Suppl: 142-149.
19. Bing Tian, Bing Xu, Qi Liu, Qiang Hao, Jianping Lu. (2013) Adult Moyamoya disease: 320-Multidetector row CT for evaluation of revascularization in STA-MCA bypasses surgery. European Journal of Radiology. 82(12), pages 2342-2347.
20. Kirsch M, Liebig T, Kuhne D, et al. Endovascular management of dural arteriovenous fistulas of the transverse and sigmoid sinus in 150 patients. Neuroradiology. 2009; 51: 477-483.
21. Hirokazu Fujiwara, Suketaka Momoshima, Takenori Akiyama, Sachio Kuribayashi. Whole-brain CT digital subtraction angiography of cerebral dural arteriovenous fistula using 320-detector row CT. Published online: 16 April 2013.
22. 丁娟, 孙钢, 李敏等. 320排CT低剂量CTA评价颅内动脉瘤的可行性研究[J/CD]. 中华临床医师杂志: 电子版, 2012, 6(8): 2217-2220.
23. Usefulness of 320-Row Area Detector Computed Tomography for the Diagnosis of Cystic Falx Meningioma.

(本文编辑: 唐润辉)

【收稿日期】2015-01-05

(上接第 112 页)

所以导致患者发生对比剂肾病的几率增加。在对患者进行CT尿路造影检查时,一般都经患者肘正中静脉团注对比剂,剂量大约在60~100ml。由于这个范围较为模糊,进而使得实际操作难以把握,最终导致存在基础疾病的患者发生对比剂毒副作用,减低患者耐受性,极易发生对比剂肾病。本次研究中,所采用的对比剂为20ml,同时这也是一个常用剂量。一些学者采用先对患者进行IVP检查,再对患者进行CT检查,经研究发现,联合检查是一种无创且安全的检查方法,当患者出现肾脏显影不足等情况时,其可作为IVU的补充,同时还可提高输尿管梗阻疾病的诊断准确性。

综上所述,本次采用管电流100mA和对比剂20ml时,其能够获取到与常规剂量类似的图像质量,并可达到较好的诊断效果,同时还可最大程度降低患者辐射

剂量,保护患者肾脏功能,减少对对比剂肾病的发生率。

参考文献

1. 闫力永, 李云飞, 邹文远等. 呋塞米+常规剂量静脉尿路造影在尿路梗阻疾病中的诊断价值[J]. 医学综述, 2011, 17(02): 310-311.
2. 赵彦博, 李丽. 多层螺旋CT尿路成像研究现状及进展[J]. 中国煤炭工业医学杂志, 2011, 14(05): 783-786.
3. 李亭, 郭春梅, 王成龙等. 螺旋CT尿路成像在上尿路梗阻性病变的运用及诊断价值[J]. 华西医学, 2011, 26(05): 702-706.
4. 舒小钢. 多层螺旋CT尿路造影对泌尿系统疾病的诊断价值[J]. 现代诊断与治疗, 2011, 22(05): 307-310.
5. 舒小钢, 查云飞. 低剂量对比剂CTU的可行性研究[J]. 临床放射学杂志, 2012, 31(04): 567-570.
6. 孙丽敏, 刁胜林, 王芬. MSCT联合CTU在肾尿路梗阻的诊断价值[J]. 医学影像学杂志, 2012, 22(05): 852-853.
7. 周硕, 林美福, 陈彩龙等. HSCTU诊断泌尿系统先天性疾病的价值: 与IVU、MRU对比研究. 中国CT和MRI杂志, 2008; 6(5): 38-41.
8. 黄新锐, 段超, 叶利. MSCT联合CTU在肾尿路梗阻的诊断临床研究[J]. 中国医药导刊, 2012, 14(09): 1525-1526.
9. 孙英, 何丹, 丛林. 多层螺旋CT三维尿路成像技术对泌尿系梗阻性疾病的诊断价值探讨[J]. 中国CT和MRI杂志, 2008, 04: 58-60.
10. 吴兆生, 李光明, 夏继国等. 低剂量MSCT尿路成像方法的临床应用[J]. 临床医学工程, 2013, 20(03): 274-275.
11. 郑全增, 付传明, 陈伦刚等. IVP联合MSCT平扫在输尿管梗阻病变中的价值[J]. CT理论与应用研究, 2013, 22(04): 679-684.
12. 黎学兵, 李丽亚, 张华伍等. 无对比剂CT尿路成像技术的临床应用探讨[J]. 实用医学影像杂志, 2013, 14(06): 444-446.
13. 周玲, 胥丽, 张蓓等. 多层螺旋CT泌尿系统造影对小儿上尿路梗阻病变诊断及应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2010, 20(02): 289-290.
14. 房伟, 李媛媛, 张友军. 多层螺旋CT平扫诊断急性梗阻性尿外渗应用分析[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2010, 16(04): 312-315.

(本文编辑: 刘龙平)

【收稿日期】2015-01-15