

DOI:10.3724/SP.J.1008.2012.00789

前列腺癌的影像诊断

董爱生,左长京*

第二军医大学长海医院核医学科,上海 200433

[摘要] 前列腺癌是世界上男性常见的恶性肿瘤之一。近来,影像技术在前列腺癌的诊断、分期及治疗后随访中起到越来越重要的作用,本文综述了传统影像、功能影像以及分子影像在前列腺癌诊断和分期中的价值。

[关键词] 前列腺肿瘤;医学成像技术;诊断

[中图分类号] R 737.25 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2012)07-0789-05

Imaging diagnosis of prostatic cancer

DONG Ai-sheng, ZUO Chang-jing*

Department of Nuclear Medicine, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

[Abstract] Prostate cancer is one of the mostly-seen malignant tumors in men worldwide. Imaging technique has recently become increasing important in the diagnosis, staging, and post-treatment follow-up of prostate cancer. In this article, we review the values of conventional and functional imaging methods and molecular imaging approach in the diagnosis and staging of prostate cancer.

[Key words] prostatic neoplasms; medical imaging technology; diagnosis

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2012, 33(7): 789-793]

在美国,前列腺癌是男性生殖系中最常见的恶性肿瘤,占男性恶性肿瘤死因的第二位,仅次于肺癌^[1]。在我国及许多亚洲国家,近年来前列腺癌的发病率明显增高。在我国前列腺癌已居男性泌尿生殖系肿瘤的第三位,而且发病年龄也日趋年轻化^[2],所以早期诊断和治疗至关重要。前列腺癌诊断性研究的最终目标,是通过应用无创的检查方法对前列腺癌进行准确的定位诊断和分期,以指导进行个体化和合理化治疗。以往经直肠超声(transrectal ultrasound, TRUS)是主要的影像诊断方法和引导穿刺活检的手段,骨扫描和CT主要用于进展期患者的分期。随着功能超声、功能磁共振、单光子发射计算机断层(single proton emission computed tomography, SPECT)、正电子发射计算机断层(positron emission tomography, PET)和PET/CT的快速发展,影像学方法在前列腺癌诊治中的作用越来越重要^[3]。例如,影像检查有助于发现活检阴性的前列腺癌病灶,以减少漏诊率;对于活检阳性的患者,可以确定肿瘤的部位和范围,为手术和放疗进行定位;尤其新近使得影像技术引导下保留前列腺的前列腺癌局部治疗得以发展。本文主要综述用于前列腺癌诊断的传统和新的影像技术的发展现状。

1 TRUS

TRUS检查因价格低、可重复性及医院普及率较高,已被广泛应用于前列腺癌的筛选诊断。TRUS对了解周围包膜突破情况优于直肠指诊。TRUS可以计算前列腺癌的体积,用以判断肿瘤的扩散情况。此外,前列腺特异性抗原(prostatic specific antigen, PSA)在4~10 ng/ml时,TRUS帮助测定的前列腺体积计算所得的PSA密度有助于预测包膜的突破情况^[4]。然而TRUS诊断前列腺癌的敏感性和特异性较低^[3]。低回声结节是前列腺癌典型的超声改变;前列腺增生最常见的超声改变是混合回声,但部分呈低回声结节,容易与前列腺癌混淆;前列腺炎和前列腺萎缩也可以表现为低回声结节,这也是降低TRUS敏感性和特异性的原因之一。TRUS可通过计算前列腺癌的体积,判断肿瘤的扩散情况,但由于肿瘤的浸润性,TRUS对肿瘤体积的测量不够准确。部分前列腺癌,尤其是小的肿瘤,TRUS表现为等回声或边界不清,不能准确地确定肿瘤边界;分辨率有限,不能显示肿瘤对神经血管束的侵犯情况;不能充分评价淋巴结的累及情况。虽然多普勒超声可通过显示血流变化情况提高前

[收稿日期] 2011-12-01

[接受日期] 2012-03-09

[作者简介] 董爱生,博士,讲师、主治医师。E-mail: dash0108@yahoo.com.cn

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-81873678, E-mail: changjing.zuo@gmail.com

前列腺癌的检出率^[5],但很多小的肿瘤由于没有足够的新生血管生成,也很难清楚地显示。

应用微泡造影剂进行增强超声检查,可以提高前列腺癌检测的敏感性^[4-6],也有助于提高穿刺的准确性^[7]。但特异性仍较低,因前列腺炎也同样会被强化。另外微泡剂直径比较大,只能显示血管本身,而不能显示肿瘤组织,此点不同于磁共振造影剂,后者可以渗透到肿瘤组织间隙,而不仅仅显示血管本身。

弹性成像是根据各种不同组织(正常及病变)弹性系数不同,在加外力或交变振动后其应变(主要为形态改变)亦不同。收集被测体的某时间段内的各个片段信号,用自相关法综合分析(CAM),再以灰阶或彩色编码成像。由于弹性成像是实时两维超声成像的基础上收集其弹性信息,可同时实时显示常规声像图与弹性图,并作相互比较,故命名为超声弹性成像。前列腺实时弹性成像是诊断前列腺癌的一种比较敏感的技术,诊断的敏感性可达到84%^[3]。常规的超声与实时弹性成像相结合可以提高穿刺的准确性。通过评估组织的弹性情况能进一步区分病变组织的良、恶性^[8-11]。

TRUS引导下进行前列腺组织活检是目前广泛应用的组织病理学诊断方法,对前列腺癌的分期有重要价值,可以发现临床不能触诊的肿瘤,并且可获取前列腺和前列腺周围的组织标本;但敏感性较低,假阴性率较高,主要是约40%的前列腺癌表现为等回声,并且中央区前列腺癌很难被检测到。穿刺的阳性率还与患者的年龄、PSA等危险因素有关,年龄较大的、PSA高或PSA逐渐升高的患者的穿刺阳性率高于年轻的、PSA低或PSA稳定的患者;穿刺的阳性率还与穿刺取材位点的多少有关,穿刺取材越多,阳性率越高,但穿刺次数不宜过多,过多会加重穿刺出血,且增加标本分析成本^[12-14]。

2 常规CT及MRI

近年来多排CT(multidetector CT, MDCT)发展迅速,但对于前列腺癌的检测和分期作用有限。CT的组织对比度有限,很难分辨前列腺的边缘轮廓与周围肌肉和韧带组织。前列腺的中央带和周围带在平扫CT图像中很难分辨,增强后早期显示中央带强化界面比周围带明显,但还是很难显示前列腺癌组织,除非肿瘤足够大。

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)被广泛用于前列腺癌的诊断和术前评估^[15]。MRI可以很好地显示前列腺包膜以及内部结构。在1.5T扫描仪上应用直肠内线圈可以提高图像的信噪比,然而直肠内线圈会增加患者的检查痛苦。在3T扫描仪上是否需要应用直肠内线圈还存在争议。前列腺形态结构的显示主要基于T₁WI及T₂WI。前列腺组织在T₁WI为均一的中等信号,不能区分不同区带。

T₂WI可以很好显示前列腺的解剖结构,正常组织和前列腺癌的中央带和移行带均为低信号;正常组织外周带为高信号,而前列腺癌为低信号。但是,很多非肿瘤性病变在外周带也表现为低信号,如非特异性的炎症、活检后的出血组织、放疗后纤维化及去势疗法后改变等。研究表明T₂WI在前列腺癌的检测敏感性和特异性有较大差异,应用直肠内线圈对前列腺癌的检测敏感性和特异性较应用盆腔线圈稍高^[16]。

当怀疑淋巴结转移,或者当直肠指诊、血清PSA及Gleason评分提示肿瘤有局部侵犯或进展时,CT及MRI是常用的检查手段。MRI对于显示包膜外的侵犯及精囊腺的受累情况有一定的优势。但CT和MRI对淋巴结转移检测的敏感性较低。CT或MRI判断淋巴结有无转移主要依据淋巴结的大小,然而淋巴结大小与有无前列腺癌转移无相关性^[3],小淋巴结仍然可以有转移。

3 功能磁共振成像

功能磁共振成像,包括动态增强磁共振(dynamic contrast-enhanced MRI, DCE-MRI)、弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)及磁共振波谱分析(magnetic resonance spectroscopy, MRS)。

3.1 DCE-MRI DCE-MRI通过显示肿瘤组织和正常组织增强模式的不同进行前列腺癌的检测和定位。对DCE-MRI数据进行定量分析,可以提供功能性参数,如反映组织血流量和通透性的通透率常数,这些参数有助于前列腺癌、前列腺炎以及正常组织的鉴别诊断^[17]。前列腺癌组织血管数量生成增加,肿瘤血管的不均质性及新生肿瘤血管壁的不完整性使血流通透性高于正常组织血管。通常前列腺中央带的肿瘤灶与前列腺增生结节的区分会比较困难,但在DCE-MRI,肿瘤组织表现为早期快速强化并伴早期退出;而前列腺增生结节多表现为早期强化,但退出缓慢。DCE-MRI的检测敏感性和特异性分别约为52%~96%和65%~95%^[3],这与患者选择、成像方法、分析方法以及诊断标准有关。

3.2 DWI DWI可用于评价生物组织的水分子扩散运动,从微观水平反映组织细胞超微结构变化和生理状态。肿瘤细胞增殖引起细胞密度增加,细胞内大分子物质和细胞器的增加及组织间隙缩小均会使水分子运动受限,肿瘤信号增强,其原理不同于T₂及T₁弛豫变化所致信号增加。DWI在体部的研究应用,为前列腺癌的诊断提供了新手段。癌组织和正常组织的扩散差异可以通过DWI图像测得的表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)来区分。正常前列腺组织腺体比较丰富,水分子的扩散率较大;而前列腺癌细胞及纤维基质替代了正常前列腺组织,从而导致癌组织水分子运动受限和ADC值下降^[18-19]。但尽管前列腺癌组织与正常组织的ADC相比差异较大,个体差异反而可能会降低诊

断的准确性;扩散敏感系数 b 值越高对水分子扩散运动越敏感, b 值的增高可提高病变的检测,然而 b 值过高反而会降低图像的信噪比,信噪比较低时容易受到磁敏感伪影的干扰^[20]。

对 DWI 的研究目前还是相对有限的,与 T_2 WI 相比,DWI 提高了前列腺癌诊断的准确性,DWI 检测的敏感性和特异性分别约 57%~93.3% 和 57%~100%^[20-21],DWI 作为 T_2 WI 的辅助手段已经逐渐受到关注。

3.3 MRS MRS 反映了前列腺组织内枸橼酸盐(Cit)、胆碱复合物(Cho)和肌酸(Cre)等主要化学物质的代谢变化。正常前列腺组织是体内锌浓度含量最高的部位,锌通过抑制 Cit 的氧化酶-顺乌头酸酶的活性,导致 Cit 堆积;而前列腺癌细胞中锌含量较低,顺乌头酸酶的活性明显增强,枸橼酸浓度降低^[22]。胆碱峰的升高是前列腺癌细胞更新引起的游离 Cho 增加所致,前列腺癌组织的胆碱与 Cit 比值升高。胆碱峰或者胆碱/Cit 的比值升高都提示恶性病变,比值越高,提示肿瘤越具有侵袭性^[24]。此外,正常前列腺组织多胺也高于前列腺癌组织,这可能是调控多胺代谢的基因过度表达所致^[23-24]。但是 1.5T 和 3T 磁共振扫描仪上很难显示多胺,7T 或更高场强的磁共振可以很好地显示多胺峰。

MRS 与 MRI 结合有助于提高外周带前列腺癌检测和定位的准确性,以及癌组织体积的测量精度,且对前列腺癌诊断的敏感性和特异性都高于单独应用 MRS 或 MRI 检查^[25]。前列腺癌组织体积大小与包膜侵犯情况有关,MRS 与 T_2 WI 信息结合提高了癌组织体积计算的准确性,相应提高了对于包膜侵犯情况准确性的判断。此外,对于 PSA 升高且组织活检为阴性的前列腺癌患者,MRS 引导下的穿刺活检有助于提高诊断的准确性^[26]。另有研究表明(胆碱+肌酸)/枸橼酸盐的升高与 Gleason 评分呈正相关,这使无创情况下判断前列腺癌的侵袭性成为可能^[27]。MRS 还有助于移行带前列腺癌的诊断,但是移行带癌组织代谢物的比值变化范围很大,良、恶性组织之间产生重叠;MRS 还有助于判断治疗效果及肿瘤复发情况^[28]。MRS 也有不足之处:采集时间过长,匀场及后处理会影响结果的准确性;无法直接观察前列腺周围的解剖结构;穿刺活检会使得 MRS 波谱质量下降而影响诊断。高场强磁共振扫描仪可以提高信噪比,更准确区分不同的代谢物,减少扫描时间。更好的脂肪和水抑制技术也将会进一步提高波谱的质量。

4 分子影像

4.1 PET 和 PET/CT PET 及 PET/CT 为前列腺癌诊断和分期开辟了新途径。在肿瘤扫描中¹⁸F-脱氧葡萄糖(¹⁸F-FDG)作为代谢性示踪剂被广泛应用,但对于前列腺癌的诊断作用却不大。因为前列腺癌中葡萄糖转运蛋白低表达,糖

酵解只有轻度增高,¹⁸F-FDG 只有轻度摄取或者无摄取;此外,¹⁸F-FDG 经肾脏排泄而致膀胱内高放射性,会掩盖前列腺肿瘤组织对¹⁸F-FDG 的摄取,导致对前列腺癌的诊断受限。淋巴结和骨转移病变也同样摄取不明显。由于¹⁸F-FDG PET 敏感性有限,对前列腺癌的分期和再分期价值不大。为了克服¹⁸F-FDG 显像的不足,人们开发了一些新的放射性示踪剂,如¹¹C-胆碱及¹¹C-醋酸盐等^[29-31]。

胆碱参与细胞膜的磷脂合成、跨膜信号转导、脂酯及胆固醇的合成和代谢等。细胞恶变时胆碱激酶活性增加,另外肿瘤细胞的分裂增生极为旺盛,细胞膜的生物合成相当活跃,致使胆碱的摄取利用明显增加,造成肿瘤与正常组织间的差异。¹¹C-胆碱在前列腺肿瘤内高度浓聚,且在血浆的清除速度及前列腺组织的摄取速度都很快,在注射后 3~5 min 内便可进行显像,显像时膀胱及尿液不显影,有利于对盆腔病变的观察。¹¹C-胆碱 PET/CT 对原发灶的检测和定位有较高的敏感性,能很好地鉴别癌组织与前列腺增生、慢性前列腺炎及正常组织等非癌组织,¹¹C-胆碱的摄取程度与原发灶的 T 分期相关^[32],还可以鉴别瘢痕组织和复发肿瘤组织,评价放疗及去势疗法的疗效。醋酸盐可以合成胆固醇及脂肪酸,也参与脂酯合成,形成肿瘤细胞的细胞膜。¹¹C-醋酸盐主要通过胰腺和肠道摄取,盆腔的显像不会受到膀胱高放射性的干扰。¹¹C-醋酸盐 PET 在前列腺癌的分期和再分期中的临床研究表明其敏感性在 70%~100%^[30]。但¹¹C-胆碱和¹¹C-醋酸盐半衰期均较短,显像时间有限,限制了他们的广泛应用。

胆碱的类似物,¹⁸F-氟甲基胆碱(¹⁸F-FCH)半衰期较长,但其经尿液排泄,膀胱放射性偏高,而掩盖前列腺组织。但如果在早期尿路系统还没有放射性出现时进行显像,可以比较好显示原发灶和转移灶。¹⁸F-FCH PET 对于腺癌的分期敏感性约 60%~94%,特异性约 48%~90%^[33-35]。

其他还有一些诸如¹¹C-蛋氨酸、¹⁶ β -¹⁸F-氟-5 α -二氢睾酮(FDHT)等放射性示踪剂。¹¹C-蛋氨酸的摄取反映的是肿瘤细胞蛋白质合成和更新情况。¹¹C-蛋氨酸显像的初步临床应用表明其优于¹⁸F-FDG 显像^[36]。抗-1-氨基酸-3-¹⁸氟-氟环丁烷-1-羧酸(抗-3-¹⁸F-FACBC)是合成的左旋亮氨酸的类似物,在膀胱的排泄很少,且可以被前列腺肿瘤摄取,可以准确检测复发的前列腺癌组织^[36-37]。雄激素类似物 FDHT,通过和雄激素受体结合检测前列腺癌细胞的受体表达情况。雄激素受体显像可以检测雄激素耐受且表达雄激素受体的肿瘤,有助于治疗的方案设定^[38-39]。但是 FDHT PET 显像研究很少,初步研究表明 FDHT PET 显像本底摄取过高,检测前列腺中的癌组织比较困难,但对于进展期的前列腺癌有更多的应用价值,尤其是对于骨骼转移灶的检测^[39]。

4.2 SPECT 和 SPECT/CT 放射性核素标记的单克隆抗体可以特异性结合细胞表面抗原物质,从而进行肿瘤的显像

和治疗。前列腺特异细胞膜抗原(prostate specific membrane antigen,PSMA)在正常细胞表达很少,在前列腺癌组织高度表达,且PSMA的表达与前列腺癌细胞的分化程度相关,尤其在雄性激素非依赖性的前列腺癌中的表达上调。但是PSMA结合靶点位于细胞膜内,只有当细胞凋亡或缺血坏死死后,细胞膜露出结合的靶点,才能进行显像。这将使本底放射性升高,空间分辨率降低。鼠单克隆抗体¹¹¹钢卡罗单抗喷地肽(¹¹¹In capromab pendetide),可以结合PSMA细胞内区域,显示淋巴结转移和术后复发的肿瘤组织^[40]。

虽然¹¹¹In capromab pendetide SPECT或SPECT/CT与解剖图像的异机融合有助于提高检测的特异性,但总体准确性还是比较低。其对骨组织的穿透力比较差,对于骨转移病变的检测不如传统骨扫描。目前已有其他很多的PSMA抗体被开发出来,这些抗体主要结合细胞膜抗原的细胞外部区域^[41-42]提高对前列腺癌检测的能力和分级准确性。

5 结 语

现代医学影像学已从最初的X线发展到多种影像技术,从二维影像发展到多维影像,从单纯的解剖成像发展到功能水平成像。在常规的影像基础上,功能影像和分子影像为前列腺癌从不同的方面提供了相关的疾病信息,为前列腺癌的准确诊断和分期提供了更多帮助。随着影像技术的不断进步,影像学方法在前列腺癌诊治中的作用将会越来越重要。

6 利益冲突

所有作者声明本文不涉及任何利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] Jemal A, Siegel R, Xu J, Ward E. Cancer statistics, 2010[J]. *CA Cancer J Clin*, 2010, 60: 277-300.
- [2] 顾方六. 现代前列腺病学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2002: 276.
- [3] Puech P, Huglo D, Petyt G, Lemaitre L, Villers A. Imaging of organ-confined prostate cancer: functional ultrasound, MRI and PET/computed tomography[J]. *Curr Opin Urol*, 2009, 19: 168-176.
- [4] Pelzer A, Bektic J, Berger A P, Pallwein L, Halpern E J, Horninger W, et al. Prostate cancer detection in men with prostate specific antigen 4 to 10 ng/ml using a combined approach of contrast enhanced color Doppler targeted and systematic biopsy[J]. *J Urol*, 2005, 173: 1926-1929.
- [5] Pallwein L, Mitterberger M, Pelzer A, Bartsch G, Strasser H, Pinggera G M, et al. Ultrasound of prostate cancer: recent advances[J]. *Eur Radiol*, 2008, 18: 707-715.
- [6] Taymoorian K, Thomas A, Slowinski T, Khiabanchian M, Stephan C, Lein M, et al. Transrectal broadband-Doppler sonography with intravenous contrast medium administration for prostate imaging and biopsy in men with an elevated PSA value and previous negative biopsies[J]. *Anticancer Res*, 2007, 27: 4315-4320.
- [7] Mitterberger M, Horninger W, Pelzer A, Strasser H, Bartsch G, Moser P, et al. A prospective randomized trial comparing contrast-enhanced targeted versus systematic ultrasound guided biopsies: impact on prostate cancer detection[J]. *Prostate*, 2007, 67: 1537-1542.
- [8] Aigner F, Mitterberger M, Rehder P, Pallwein L, Junker D, Horninger W, et al. Status of transrectal ultrasound imaging of the prostate[J]. *J Endourol*, 2010, 24: 685-691.
- [9] Pallwein L, Mitterberger M, Gradl J, Aigner F, Horninger W, Strasser H, et al. Value of contrast-enhanced ultrasound and elastography in imaging of prostate cancer[J]. *Curr Opin Urol*, 2007, 17: 39-47.
- [10] Pallwein L, Mitterberger M, Struve P, Pinggera G, Horninger W, Bartsch G, et al. Real-time elastography for detecting prostate cancer: preliminary experience[J]. *BJU Int*, 2007, 100: 42-46.
- [11] Pallwein L, Mitterberger M, Struve P, Horninger W, Aigner F, Bartsch G, et al. Comparison of sonoelastography guided biopsy with systematic biopsy: impact on prostate cancer detection[J]. *Eur Radiol*, 2007, 17: 2278-2285.
- [12] Eskicorapci S Y, Baydar D E, Akbal C, Sofikerim M, Günay M, Ekici S, et al. An extended 10-core transrectal ultrasonography guided prostate biopsy protocol improves the detection of prostate cancer[J]. *Eur Urol*, 2004, 45: 444-448.
- [13] Singh H, Canto E I, Shariat S F, Kadmon D, Miles B J, Wheeler T M, et al. Improved detection of clinically significant, curable prostate cancer with systematic 12-core biopsy[J]. *J Urol*, 2004, 171: 1089-1092.
- [14] Stamatou K, Alevizos A, Karanasiou V, Mariolis A, Mihas C, Papatheanasiou M, et al. Impact of additional sampling in the TRUS-guided biopsy for the diagnosis of prostate cancer[J]. *Urol Int*, 2007, 78: 313-317.
- [15] Claus F G, Hricak H, Hattery R R. Pretreatment evaluation of prostate cancer: role of MR imaging and ¹H MR spectroscopy[J]. *Radiographics*, 2004, 24(Suppl 1): S167-S180.
- [16] Kim J K, Hong S S, Choi Y J, Park S H, Ahn H, Kim C S, et al. Wash-in rate on the basis of dynamic contrast-enhanced MRI: usefulness for prostate cancer detection and localization[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2005, 22: 639-646.
- [17] Franiel T, L demann L, Rudolph B, Rehbein H, Staack A, Taupitz M, et al. Evaluation of normal prostate tissue, chronic prostatitis, and prostate cancer by quantitative perfusion analysis using a dynamic contrast-enhanced inversion-prepared dual-contrast gradient echo sequence[J]. *Invest Radiol*, 2008, 43: 481-487.
- [18] Tamada T, Sone T, Toshimitsu S, Imai S, Jo Y, Yoshida K, et al. Age-related and zonal anatomical changes of apparent diffusion coefficient values in normal human prostatic tissues[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2008, 27: 552-556.
- [19] Kim C K, Park B K, Lee H M, Kwon G Y. Value of diffusion-weighted imaging for the prediction of prostate cancer location at 3T using a phased-array coil: preliminary results[J]. *Invest*

- Radiol,2007,42:842-847.
- [20] Kitajima K,Kaji Y,Kuroda K,Sugimura K. High b-value diffusion-weighted imaging in normal and malignant peripheral zone tissue of the prostate; effect of signal-to-noise ratio[J]. Magn Reson Med Sci,2008,7:93-99.
- [21] Lim H K, Kim J K, Kim K A, Cho K S. Prostate cancer: apparent diffusion coefficient map with T2-weighted images for detection—a multireader study [J]. Radiology,2009,250:145-151.
- [22] Costello L C, Franklin R B, Feng P. Mitochondrial function, zinc, and intermediary metabolism relationships in normal prostate and prostate cancer[J]. Mitochondrion,2005,5:143-153.
- [23] Casciani E, Poletini E, Bertini L, Masselli G, Emiliozzi P, Amini M, et al. Contribution of the MR spectroscopic imaging in the diagnosis of prostate cancer in the peripheral zone[J]. Abdom Imaging,2007,32:796-802.
- [24] Weis J, Ahlström H, Hlavcak P, Häggman M, Ortiz-Nieto F, Bergman A. Two-dimensional spectroscopic imaging for pretreatment evaluation of prostate cancer; comparison with the step-section histology after radical prostatectomy[J]. Magn Reson Imaging,2009,27:87-93.
- [25] Wetter A, Engl T A, Nadjmabadi D, Fliessbach K, Lehnert T, Gurung J, et al. Combined MRI and MR spectroscopy of the prostate before radical prostatectomy[J]. AJR Am J Roentgenol,2006,187:724-730.
- [26] Prando A, Kurhanewicz J, Borges A P, Oliveira E M Jr, Figueiredo E. Prostatic biopsy directed with endorectal MR spectroscopic imaging findings in patients with elevated prostate specific antigen levels and prior negative biopsy findings: early experience[J]. Radiology,2005,236:903-910.
- [27] Zakian K L, Sircar K, Hricak H, Chen H N, Shukla-Dave A, Eberhardt S, et al. Correlation of proton MR spectroscopic imaging with Gleason score based on step-section pathologic analysis after radical prostatectomy [J]. Radiology, 2005, 234: 804-814.
- [28] Joseph T, McKenna D A, Westphalen A C, Coakley F V, Zhao S, Lu Y, et al. Pretreatment endorectal magnetic resonance imaging and magnetic resonance spectroscopic imaging features of prostate cancer as predictors of response to external beam radiotherapy[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys,2009,73:665-671.
- [29] Jadvar H. Molecular imaging of prostate cancer: a concise synopsis[J]. Mol Imaging, 2009, 8: 56-64.
- [30] Emonds K M, Swinnen J V, Mortelmans L, Mottaghy F M. Molecular imaging of prostate cancer[J]. Methods,2009,48:193-199.
- [31] Bouchelouche K, Tagawa S T, Goldsmith S J, Turkbey B, Capala J, Choyke P. PET/CT Imaging and Radioimmunotherapy of Prostate Cancer[J]. Semin Nucl Med,2011,41:29-44.
- [32] Reske S N, Blumstein N M, Neumaier B, Gottfried H W, Finsterbusch F, Kocot D, et al. Imaging prostate cancer with ¹¹C-choline PET/CT[J]. J Nucl Med,2006,47:1249-1254.
- [33] Husarik D B, Miralbell R, Dubs M, John H, Giger O T, Gelet A, et al. Evaluation of ¹⁸F-choline PET/CT for staging and restaging of prostate cancer[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2008, 35: 253-263.
- [34] Beauregard J M, Williams S G, Degrado T R, Roselt P, Hicks R J. Pilot comparison of ¹⁸F-fluorocholine and ¹⁸F-fluorodeoxyglucose PET/CT with conventional imaging in prostate cancer[J]. J Med Imaging Radiat Oncol,2010,54:325-332.
- [35] Beheshti M, Imamovic L, Broinger G, Vali R, Waldenberger P, Stoiber F, et al. ¹⁸F choline PET-CT in the preoperative staging of prostate cancer in patients with intermediate or high risk of extracapsular disease—a prospective study of 130 patients[J]. Radiology,2010,254:925-933.
- [36] Hong H, Zhang Y, Sun J, Cai W. Positron emission tomography imaging of prostate cancer[J]. Amino Acids,2010,39:11-27.
- [37] Oka S, Hattori R, Kurosaki F, Toyama M, Williams L A, Yu W, et al. A preliminary study of anti-1-amino-3-¹⁸F-fluorocyclobutyl-1-carboxylic acid for the detection of prostate cancer [J]. J Nucl Med,2007,48:46-55.
- [38] Larson S M, Morris M, Gunther I, Beattie B, Humm J L, Akhurst T A, et al. Tumor localization of 16beta-¹⁸F-fluoro-5alpha-dihydrotestosterone versus ¹⁸F-FDG in patients with progressive, metastatic prostate cancer[J]. J Nucl Med, 2004, 45: 366-373.
- [39] Dehdashti F, Picus J, Michalski J M, Dence C S, Siegel B A, Katzenellenbogen J A, et al. Positron tomographic assessment of androgen receptors in prostatic carcinoma[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging,2005,32:344-350.
- [40] Schettino C J, Kramer E L, Noz M E, Taneja S, Padmanabhan P, Lepor H. Impact of fusion of indium-111 capromab pendetide volume data sets with those from MRI or CT in patients with recurrent prostate cancer[J]. AJR,2004,183:519-524.
- [41] Bander N H, Milowsky M I, Nanus D M, Kostakoglu L, Vallabhajosula S, Goldsmith S J. Phase I trial of ¹⁷⁷lutetium-labeled J591, a monoclonal antibody to prostate-specific membrane antigen, in patients with androgen-independent prostate cancer[J]. J Clin Oncol,2005,23:4591-4601.
- [42] Milowsky M I, Nanus D M, Kostakoglu L, Sheehan C E, Vallabhajosula S, Goldsmith S J, et al. Vascular targeted therapy with anti-prostate-specific membrane antigen monoclonal antibody J591 in advanced solid tumors[J]. J Clin Oncol,2007,25:540-547.