

## · 前列腺 MRI 专题 ·

## 动脉自旋标记序列对前列腺癌血流灌注无创定量测量的可行性研究

张晓东, 蔡文超, 王晶, 张珏, 杨学东, 王霄英

**【摘要】** 目的:探讨基于流动敏感交替反转恢复标记技术(FAIR)结合单次激发快速自旋回波(SSFSE)成像技术的动脉自旋标记(ASL)序列无创定量测量前列腺血流灌注(PBF)的可行性。方法:15例经临床活检确诊的前列腺癌患者纳入本组研究,每例患者同时采集4个不同反转时间(1000、1200、1400和1600 ms)下的ASL数据,以获得最优的标记血流到前列腺时间来估算其PBF。结果:前列腺正常组织区域测得的PBF为 $(52.04 \pm 8.69)$  ml/min/100g,前列腺癌区测得的PBF为 $(79.28 \pm 28.89)$  ml/min/100g,两者差异有统计学意义( $P < 0.01$ ,最优TI),表明前列腺癌区有更大的血流灌注。结论:初步结果表明基于流动敏感交替反转恢复标记技术结合单次激发快速自旋回波成像技术的动脉自旋标记序列(FAIR-SSFSE-ASL)可以无创、定量测量前列腺血流灌注,可探测到由于前列腺癌而引起的血流灌注改变。

**【关键词】** 前列腺肿瘤;灌注成像;磁共振成像

**【中图分类号】** R737.25; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)05-0469-05

**Feasibility of non-invasive quantitative measurements of prostate blood flow in prostate cancer using an arterial spin labeling sequence** ZHANG Xiao-dong, CAI Wen-chao, WANG Jing, et al. Department of Radiology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** The purpose of this study was to demonstrate the feasibility of arterial spin labeling (ASL) sequence for non-invasive quantitative measurements of prostate blood flow (PBF) in prostate cancer. **Methods:** Whether the measurement of PBF by FAIR-SSFSE-ASL can reflect prostate blood flow changes induced by prostate cancer in 15 prostate cancer subjects (confirmed by biopsy) with a mean age of 70.9 years was evaluated. Moreover, different levels of inversion times (TI=1000, 1200, 1400 and 1600ms) were utilized to obtain the optimal time of the inflow of labeled blood into prostate on the estimation of PBF. **Results:** The estimated PBF was  $(52.04 \pm 8.69)$  ml/min/100g in the prostate normal region, and significant increase of PBF in the prostate cancer region was  $(79.28 \pm 28.89)$  ml/min/100g ( $P < 0.01$  at optimal TI), reflecting an increase of blood flow in the prostate cancer region. **Conclusion:** In summary, we have demonstrated that non-invasive quantitative measurement prostate blood flow can be obtained using an FAIR-SSFSE-ASL sequence. The measurement can reflect the expected prostate perfusion changes induced by prostate cancer.

**【Key words】** Prostatic neoplasms; Perfusion imaging; Magnetic resonance imaging

磁共振动脉自旋标记(arterial spin labeling, ASL)MRI成像是将磁化标记后的动脉血中的水作为内源性示踪剂,实现无创性组织血流灌注的测量,已广泛应用于颅脑血流灌注成像,可评价血管病变、中风和肿瘤<sup>[1-4]</sup>。由于受呼吸、心跳、肠蠕动及腹部磁敏感伪影等影响,ASL在腹盆部的开发和应用受到限制<sup>[5-6]</sup>。近年来,采用流动敏感交互反转恢复(flow-sensitive alternating inversion recovery, FAIR)标记技术结合回波平面成像(echo planar imaging, EPI)的ASL方法被证实可定量测量前列腺灌注(prostate blood flow, PBF)<sup>[7-9]</sup>。本研究利用FAIR标记技术结合单

次激发快速自旋回波(single-shot fast spin-echo, SSFSE)成像的ASL序列无创定量评价经活检病理证实的前列腺癌的血流灌注,旨在探讨FAIR-SSFSE-ASL序列无创定量测量PBF的可行性。

### 材料与方法

#### 1. 研究对象和检查方法

15例经临床活检证实为前列腺癌的志愿者纳入本组研究(年龄44~82岁)。对研究内容充分了解后,所有志愿者均签署了知情同意书,实验方案得到了医院伦理委员会的批准。所有受试者都要求在实验前禁食禁水12h。

MRI检查在3.0T MR扫描仪上进行(Signa Excite TM; GE Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin, USA),最大梯度场40 mT/m,梯度爬升率120 T/m/s,8通道TORSOPA腹部相控阵线圈。首先采用矢状

作者单位:100034 北京,北京大学第一医院医学影像科(张晓东、蔡文超、杨学东、王霄英);100871 北京,北京大学物理学院(王晶);100871 北京,北京大学前沿交叉学科研究院功能成像中心(张珏、王霄英)

作者简介:张晓东(1979-),男,山西人,博士,技师,主要从事医学物理研究工作。

通讯作者:王霄英, E-mail: cjr.wangxiaoying@vip.163.com

基金项目:高等学校博士学科点专项科研基金(20110001120053);首都卫生发展科研专项项目(2011-4021-02)资助

面  $T_1$  WI 双回波序列得到前列腺 ASL 定位像。前列腺 ASL 序列由 FAIR 标记模块和 SSFSE 成像模块组成。前列腺轴面成像扫描参数: TR 3500 ms, TE 40 ms, 翻转角  $90^\circ$ , 带宽 62.5 kHz, 层厚 5 mm, 图像分辨率  $0.94 \text{ mm} \times 0.94 \text{ mm} \times 5.00 \text{ mm}$ 。为了消除不完全标记导致的边缘效应, FAIR 选择性标记区域的厚度为 30 mm; 每次交替采集 8 幅 FAIR-ASL 图像, 其中 4 幅为大范围非选择反转的标记相, 4 幅为前列腺区选择性反转的参考相, 平均后得到参考相和标记相各 1 幅。然后采用无 FAIR 标记的 SSFSE 序列采集 8 幅  $M_0$  图像, 为了保证弛豫恢复完全, TR 选择为 6000 ms, 其他参数与 FAIR-ASL 扫描时相同。另外, 为了得出最优的标记血到前列腺的时间, 每个志愿者均采集 4 个不同反转时间 (inversion time, TI) 的 ASL 数据, TI 时间分别为 1000、1200、1400 和 1600 ms。为了减少运动伪影, 志愿者尽量要求在屏气时进行扫描, 包括 ASL 和  $M_0$  单层数据完整的前列腺灌注扫描可在 5 min 之内完成。本研究除行 FAIR-ASL 序列扫描外, 还同时采集了常规的前列腺检查扫描序列数据, 包括  $T_1$  WI、 $T_1$  WI-双回波、 $T_2$  WI、DWI 及动态增强磁共振成像 (dynamic contrast enhanced MRI, DCE-MRI)。

## 2. FAIR-ASL 原理及其血流灌注定量模型

本研究选择 FAIR 方法标记前列腺成像层面<sup>[10-11]</sup>

(图 1)。首先, 通过一个非选择性反转脉冲使包含前列腺成像层面在内的较大范围动脉血被磁化标记, 标记的血流进入前列腺区域组织灌注, 经反转时间处理后成标记相图。然后, 再由流动敏感射频脉冲对前列腺区域进行选择反转获得参考相图, 标记相与参考相图相减所得差值图即为只含标记动脉血灌注信息的图像。ASL 利用磁化标记后的动脉血作为内源性示踪剂, 研究中采用示踪剂稀释单室模型<sup>[12-13]</sup>对前列腺血流灌注 (blood flow, BF) 进行定量估算:

$$\frac{dC_T(t)}{dt} = BF \times [C_a(t) - C_v(t)] \quad (1)$$

公式(1)中  $C_T(t)$  为组织示踪剂浓度,  $C_a(t)$  为动脉示踪剂浓度,  $C_v(t)$  为静脉示踪剂浓度。反转标记的动脉血作为内源性示踪剂, 其浓度即为磁化矢量强度  $M(t)$ , 衰减系数为其纵向弛豫率  $R_1$  ( $R_1 = 1/T_1$ ), 弛豫到稳态后磁化强度为  $M_0$ , 则由标记相与参考相相减得到 ASL 差值信号磁化强度  $\Delta M$  为:

$$\Delta M(t) = 2 \times \frac{M_0}{\lambda} \times PBF \times \tau \times e^{-t/T_1} \quad (2)$$

公式(2)中  $\lambda = C_T(t)/C_v(t)$ , 是水分比常数 (约为 0.90),  $\tau$  为灌注时间, 即标记的动脉血从进入成像平面到离开的时间。在已知  $t = TI$ 、 $M_0$  以及  $T_1$  值时, 即计算出  $\Delta M$ , 进而 PBF 可以利用公式(3)计算得出:

$$PBF = \frac{\lambda}{2 \times \tau \times TI} \times \frac{\Delta M(TI)}{M_0} \times \exp\left\{\frac{TI}{T_1}\right\} \quad (3)$$

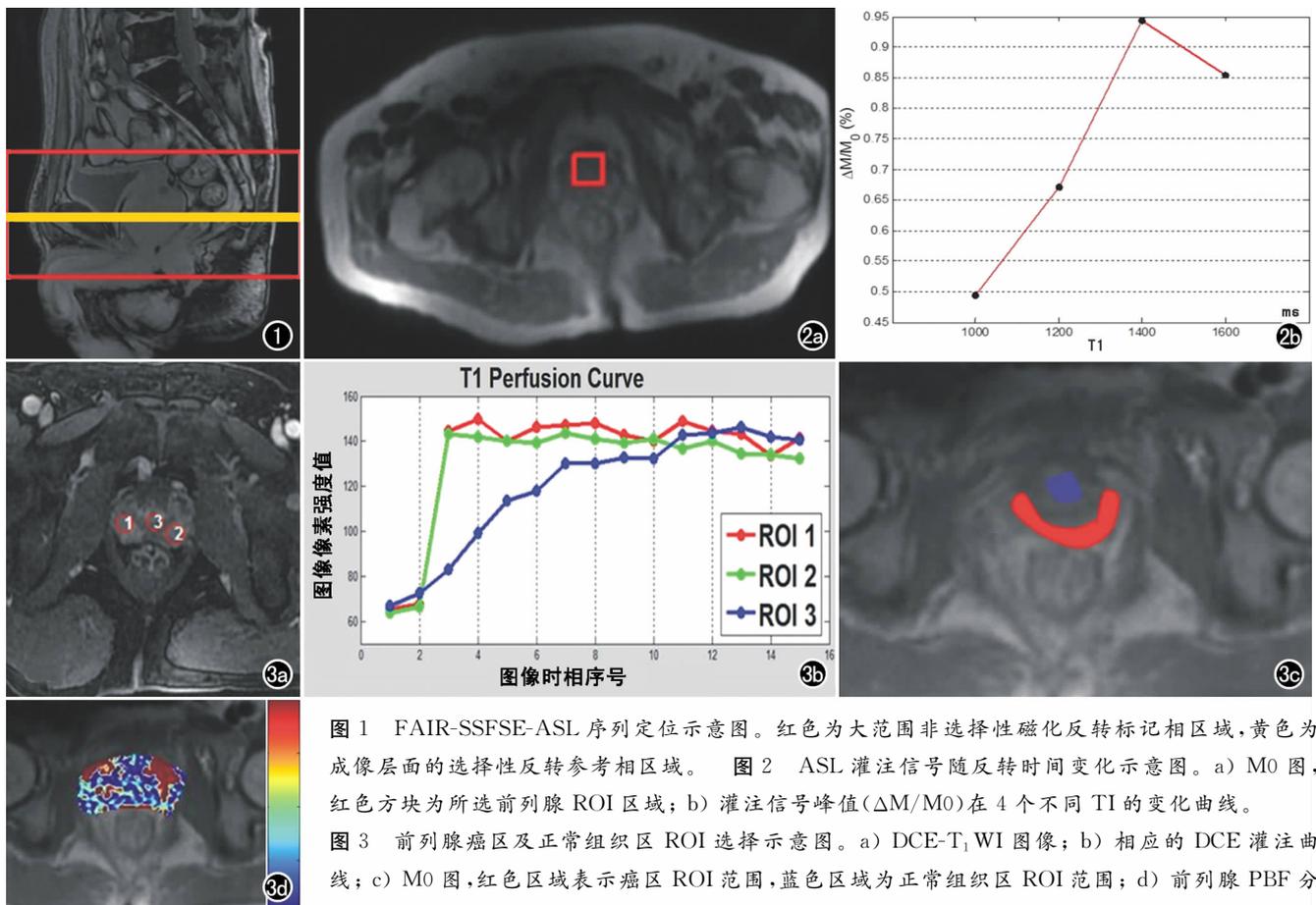


图 1 FAIR-SSFSE-ASL 序列定位示意图。红色为大范围非选择性磁化反转标记相区域, 黄色为成像层面的选择性反转参考相区域。图 2 ASL 灌注信号随反转时间变化示意图。a)  $M_0$  图, 红色方块为所选前列腺 ROI 区域; b) 灌注信号峰值 ( $\Delta M/M_0$ ) 在 4 个不同 TI 的变化曲线。

图 3 前列腺癌区及正常组织区 ROI 选择示意图。a) DCE- $T_1$  WI 图像; b) 相应的 DCE 灌注曲线; c)  $M_0$  图, 红色区域表示癌区 ROI 范围, 蓝色区域为正常组织区 ROI 范围; d) 前列腺 PBF 分布图叠加在  $M_0$  原始图上, 颜色尺度条的范围为 0~200。

### 3. 最优反转时间 TI 的选择

由于磁化标记的动脉血到达前列腺成像层面需要一定的时间,较短的 TI 时间会导致灌注不完全,而太长的 TI 时间又会使磁化标记效果因为弛豫效应而大大降低,从而影响灌注定量测量的准确性。为了更加准确地测量前列腺血流灌注,实际采集数据时我们分别在 4 个不同 TI 时间 (TI = 1000、1200、1400 和 1600 ms) 下测量 ASL 信号,比较其灌注信号峰值 ( $\Delta M/M_0$ ),从中找到最优的 TI 时间(图 2),从而大大减少了由于个体动脉磁化标记血传输时间差异而引起的灌注信号波动。

### 4. 结果分析及统计学处理

ASL 图像后处理程序由 Matlab (MathWorks Inc. Natick, MA, USA) 编写完成。局部前列腺灌注值采用兴趣区域分析法。M0 图像具有良好的组织对比,作为 ROI 选择的背景图像,由 5 区 13 针活检病理位置结合 T<sub>2</sub>WI 图像及 DCE 动态曲线确定前列腺癌区及正常组织区的 ROI 位置,并要求每个手动勾画的 ROI 至少包括 20 个像素(图 3)。本研究采用 Welch 独立样本 *t* 检验 (Welch Two Sample *t*-test) 比较前列腺正常组织区与癌区的血流灌注差异,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结果

15 例志愿者均成功完成数据采集,其中 ASL 标记相和参考相图像质量可接受,无显著磁敏感伪影或变形,所有 MR 序列扫描特定吸收率 (specific absorption rate, SAR) 值都在安全范围之内。15 例志愿者均得出前列腺在癌区和正常组织区的 PBF 值及得到该值的最优 TI 时间(表 1);前列腺癌区的 PBF 为

(79.28 ± 28.89) ml/min/100g,而正常组织区 PBF 为 (52.04 ± 8.69) ml/min/100g,前列腺癌区 PBF 值明显高于正常组织区,差异有统计学意义 ( $t = 3.4964, df = 16.514, P = 0.002868 < 0.01$ )。图 4 和图 5 分别显示了 15 名志愿者的前列腺血流灌注 PBF 在癌区与正常区整体及个体的变化。

表 1 PBF 在癌区和正常组织区的数值及其相应的最优 TI 时间

序号	癌区 PBF (ml/min/100g)	正常区 PBF (ml/min/100g)	最优 TI 时间 (ms)
1	62.03	38.28	1400
2	69.90	56.73	1200
3	122.44	62.51	1400
4	74.47	63.121	1400
5	58.38	49.82	1200
6	66.79	48.25	1200
7	64.35	58.20	1200
8	55.42	50.10	1000
9	132.28	57.86	1400
10	68.26	65.22	1400
11	81.83	41.94	1600
12	49.83	46.90	1200
13	99.47	52.23	1200
14	50.02	37.31	1000
15	133.68	52.16	1200

## 讨论

1. 前列腺癌与前列腺血流灌注水平变化之间的病理生理关系

血管增生与肿瘤早期生长密切相关<sup>[14]</sup>,而血管增生水平也是评估肿瘤级别及其转移可能性的关键病理生理特征<sup>[15-16]</sup>。血管增生使血供增加以支持肿瘤生长,对于前列腺来说,前列腺血流灌注异常增加是前列腺癌的重要病理生理特征之一<sup>[17-18]</sup>,因此,前列腺血流灌注可能成为对前列腺癌进行早期鉴别诊断、分级、治疗和预后疗效评估的重要生理指标。

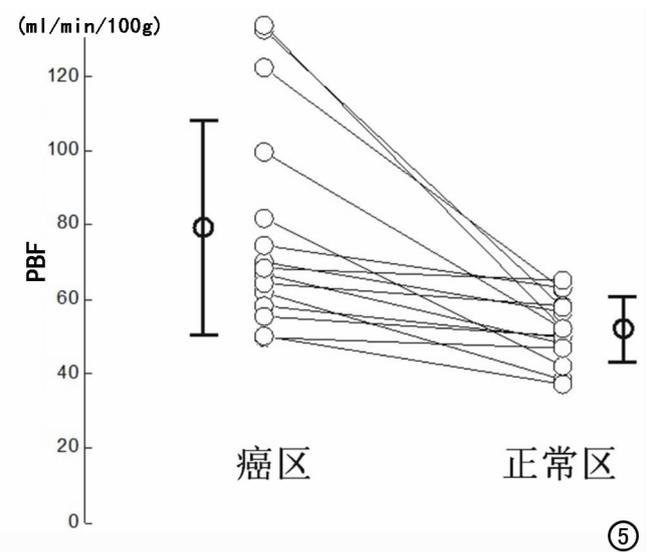
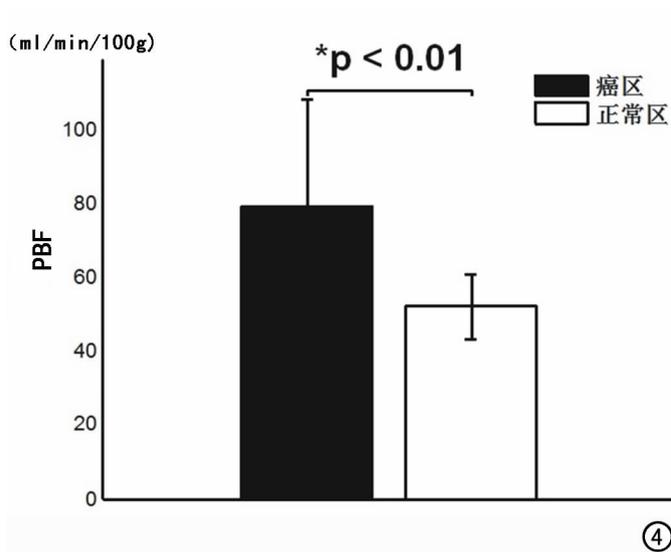


图 4 15 名志愿者的前列腺血流灌注 PBF 在癌区与正常区整体均值及标准差示意图。图 5 15 名志愿者在癌区与正常区个体前列腺血流灌注 PBF 的变化示意图。

## 2. 动脉自旋标记技术的优势

与正电子发射计算机断层成像 (positron emission tomography, PET)、DCE-MRI 等灌注成像方法相比, ASL 技术不需要外源性对比剂, 能够无创、定量地评估前列腺血流灌注水平。临床中特别是对于不适用对比剂的患者, ASL 是一种评估前列腺灌注水平的有效方法。在本研究中, 由 FAIR-SSFSE-ASL 序列测得的前列腺血流灌注在癌区较正常组织区显著增加, 这与理论预测一致, 证实了 FARI-SSFSE-ASL 测量前列腺血流灌注的可行性。

## 3. FAIR 标记技术的优势

当器官的动脉血供网络不是从固定的一端流入, 而是有可能从两侧同时流入时, FAIR 是稳妥谨慎的动脉血磁化标记技术, 这种标记方法可以确保完全标记所有流入的动脉血, 不会遗漏任何一侧流入该器官的动脉血供。另外, 对于单层成像, FAIR 的 RF 反转脉冲宽度较窄, 标记边界轮廓更锐利, 故 FAIR 标记技术更加有利于前列腺灌注的定量估算。

## 4. SSFSE 成像的优势

本研究采用 SSFSE 对 FAIR-ASL 信号成像, SSFSE 改变了传统自旋回波序列填充 K 空间的方法<sup>[9]</sup>, 一次 RF 射频激发可以采集多个回波信号数据, 在一个 TR 时间内完成整个 K 空间的填充, 有效缩短了扫描时间; 并且前列腺 ASL 序列中 SSFSE 成像模块采用对称式 K 空间填充方式, 有效减少了 FAIR 标记效率在成像过程中的损失。SSFSE 图像信噪比及分辨力较高 (0.94mm × 0.94mm × 5.00mm), 相对于常规回波平面成像序列受器官运动影响较小, 磁敏感伪影较少, 适用于前列腺等腹、盆器官的血流灌注定量评估。

## 5. 感兴趣区的选择原则

临床常规前列腺 MRI 扫描序列 T<sub>2</sub>WI、DWI 及 DCE 动态曲线结合 5 区 13 针穿刺活检可以对前列腺癌进行鉴别诊断。本研究中以 5 区 13 针穿刺活检提示癌区并结合 T<sub>2</sub>WI、DWI 及 DCE 共同确定前列腺癌区 ROI 位置 (图 3)。由于 MRI 图像与活检穿刺位置相关但并非严格一一对应, 故本研究对前列腺癌区及正常组织区域 ROI 的选择存在一定误差, 即正常组织区 ROI 中可能包括部分癌变组织, 反之亦然。

## 6. 本研究的不足

ASL 灌注模型的选择: 本研究采用单室模型估算前列腺血流灌注值, 其原理简单、计算复杂度较低, 能够在满足定量分析的基础上最大程度地减少扫描时间。但由于前列腺等目标器官的灌注速度及磁场强度不同, 单室模型可能会低估或高估血流灌注值。

呼吸运动对 PBF 测量结果的影响: ASL 在腹部

及盆腔的应用受到呼吸、心跳及肠道蠕动等运动的影响。与肾脏等腹部器官相比, 位于盆腔底部的前列腺位置相对固定, 受呼吸运动影响较小; 而且本研究利用 SSFSE 快速成像技术有效缩短了扫描时间, 并通过图像后处理将运动导致的 ASL 异常信号所在 MRI 层面剔除, 但运动仍可能对 PBF 估算产生影响。

ASL 序列标记及成像模块的选择: 本研究中所用的 FAIR 标记模块只限于单层数据采集模式, 实际上 3D 全前列腺灌注具有更加重要的临床意义, 这就需要将来进一步提高序列的标记效率及其成像速度, 以实现 3D 全前列腺灌注。

## 参考文献:

- [1] Detre JA, Alsop DC, Vives LR, et al. Noninvasive MRI evaluation of cerebral blood flow in cerebrovascular disease[J]. *Neurology*, 1998, 50(3): 633-641.
- [2] Detre JA, Samuels OB, Alsop DC, et al. Noninvasive magnetic resonance imaging evaluation of cerebral blood flow with acetazolamide challenge in patients with cerebrovascular stenosis[J]. *J Magn Reson Imaging*, 1999, 10(5): 870-875.
- [3] Chalela JA, Alsop DC, Gonzalez-Atavales JB, et al. Magnetic resonance perfusion imaging in acute ischemic stroke using continuous arterial spin labeling[J]. *Stroke*, 2000, 31(3): 680-687.
- [4] Silva AC, Kim SG, Garwood M. Imaging blood flow in brain tumors using arterial spin labeling[J]. *Magn Reson Med*, 2000, 44(2): 169-173.
- [5] de Bazelaire CM, Duhamel GD, Rofsky NM, et al. MR imaging relaxation times of abdominal and pelvic tissues measured in vivo at 3.0T: preliminary results[J]. *Radiology*, 2004, 230(3): 652-659.
- [6] Prasad PV. Functional MRI of the kidney: tools for translational studies of pathophysiology of renal disease[J]. *Am J Physiol Renal Physiol*, 2006, 290(5): 958-974.
- [7] 张海彬, 胡道予, 张娟, 等. 3.0T 磁共振动脉自旋标记 (ASL) 技术诊断前列腺癌[J]. *放射学实践*, 2012, 27(6): 645-651.
- [8] Li X, Metzger GJ. Feasibility of measuring prostate perfusion with arterial spin labeling[J]. *NMR Biomed*, 2013, 26(1): 51-57.
- [9] Nozaki A. Single shot fast spin echo (SSFSE)[J]. *Nihon Rinsho*, 1998, 56(11): 2792-2797.
- [10] Wong EC, Buxton RB, Frank LR. Implementation of quantitative perfusion imaging techniques for functional brain mapping using pulsed arterial spin labeling[J]. *NMR Biomed*, 1997, 10(4): 237-249.
- [11] Wong EC, Buxton RB, Frank LR. Quantitative imaging of perfusion using a single subtraction (QUIPSS and QUIPSS II)[J]. *Magn Reson Med*, 1998, 39(5): 702-708.
- [12] Wong EC. Quantifying CBF with pulsed ASL: technical and pulse sequence factors[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2005, 22(6): 727-731.
- [13] Buxton RB, Frank LR, Wong EC, et al. A general kinetic model for quantitative perfusion imaging with arterial spin labeling[J]. *Magn Reson Med*, 1998, 40(3): 383-396.
- [14] Folkman J, Watson K, Ingber D, et al. Induction of angiogenesis during the transition from hyperplasia to neoplasia[J]. *Nature*,

- 1989,339(6219):58-61.
- [15] Folkman J. Role of angiogenesis in tumor growth and metastasis [J]. Semin Oncol, 2002, 29(6 Suppl 16): 15-18.
- [16] Brawer MK, Deering RE, Brown M, et al. Predictors of pathologic stage in prostatic carcinoma. The role of neovascularity [J]. Cancer, 1994, 73(3): 678-687.
- [17] Ludemann L, Prochnow D, Rohlfing T, et al. Simultaneous quantification of perfusion and permeability in the prostate using dy-

- amic contrast-enhanced magnetic resonance imaging with an inversion-prepared dual-contrast sequence [J]. Ann Biomed Eng, 2009, 37(4): 749-762.
- [18] Buckley DL, Roberts C, Parker GJ, et al. Prostate cancer: evaluation of vascular characteristics with dynamic contrast-enhanced T1-weighted MR imaging—initial experience [J]. Radiology, 2004, 233(3): 709-715.

(收稿日期: 2014-03-25 修回日期: 2014-04-04)

## 本刊可直接使用的医学缩略语

医学论文中正确、合理使用专业名词可以精简文字, 节省篇幅, 使文章精炼易懂。现将放射学专业领域为大家所熟知的专业名词缩略语公布如下(按照英文首字母顺序排列), 以后本刊在论文中将对这一类缩略语不再注释其英文全称和中文。

- ADC (apparent diffusion coefficient): 表观扩散系数  
 ALT: 丙氨酸转氨酶; AST: 天冬氨酸转氨酶  
 BF (blood flow): 血流量  
 BOLD (blood oxygenation level dependent): 血氧水平依赖  
 BV (blood volume): 血容量  
 b: 扩散梯度因子  
 CAG (coronary angiography): 冠状动脉造影  
 CPR (curve planar reformation): 曲面重组  
 CR (computed radiography): 计算机 X 线摄影术  
 CT (computed tomography): 计算机体层成像  
 CTA (computed tomography angiography): CT 血管成像  
 CTPI (CT perfusion imaging): CT 灌注成像  
 DICOM (digital imaging and communication in medicine): 医学数字成像和传输  
 DR (digital radiography): 数字化 X 线摄影术  
 DSA (digital subtraction angiography): 数字减影血管造影  
 DWI (diffusion weighted imaging): 扩散加权成像  
 DTI (diffusion tensor imaging): 扩散张量成像  
 ECG (electrocardiography): 心电图  
 EPI (echo planar imaging): 回波平面成像  
 ERCP (endoscopic retrograde cholangiopancreatography): 经内镜逆行胰胆管造影术  
 ETL (echo train length): 回波链长度  
 FLAIR (fluid attenuation inversion recovery): 快速小角度激发反转恢复  
 FLASH (fast low angle shot): 快速小角度激发  
 FOV (field of view): 视野  
 FSE (fast spin echo): 快速自旋回波  
 fMRI (functional magnetic resonance imaging): 功能磁共振成像  
 IR (inversion recovery): 反转恢复  
 Gd-DTPA: 钆喷替酸葡甲胺  
 GRE (gradient echo): 梯度回波  
 HE 染色: 苏木素-伊红染色  
 HRCT (high resolution CT): 高分辨率 CT

- MPR (multi-planar reformation): 多平面重组  
 MIP (maximum intensity projection): 最大密(强)度投影  
 MinIP (minimum intensity projection): 最小密(强)度投影  
 MRA (magnetic resonance angiography): 磁共振血管成像  
 MRI (magnetic resonance imaging): 磁共振成像  
 MRS (magnetic resonance spectroscopy): 磁共振波谱学  
 MRCP (magnetic resonance cholangiopancreatography): 磁共振胰胆管成像  
 MSCT (multi-slice spiral CT): 多层螺旋 CT  
 MTT (mean transit time): 平均通过时间  
 NEX (number of excitation): 激励次数  
 PACS (picture archiving and communication system): 图像存储与传输系统  
 PC (phase contrast): 相位对比法  
 PET (positron emission tomography): 正电子发射计算机体层成像  
 PS (surface permeability): 表面通透性  
 ROC 曲线 (receiver operating characteristic curve): 受试者操作特征曲线  
 SPECT (single photon emission computed tomography): 单光子发射计算机体层摄影术  
 PWI (perfusion weighted imaging): 灌注加权成像  
 ROI (region of interest): 兴趣区  
 SE (spin echo): 自旋回波  
 STIR (short time inversion recovery): 短时反转恢复  
 TACE (transcatheter arterial chemoembolization): 经导管动脉化疗栓塞术  
 T<sub>1</sub>WI (T<sub>1</sub> weighted image): T<sub>1</sub> 加权像  
 T<sub>2</sub>WI (T<sub>2</sub> weighted image): T<sub>2</sub> 加权像  
 TE (time of echo): 回波时间  
 TI (time of inversion): 反转时间  
 TR (time of repetition): 重复时间  
 TOF (time of flight): 时间飞跃法  
 TSE (turbo spin echo): 快速自旋回波  
 VR (volume rendering): 容积再现  
 WHO (World Health Organization): 世界卫生组织  
 NAA (N-acetylaspartate): N-乙酰天门冬氨酸  
 Cho (choline): 胆碱  
 Cr (creatinine): 肌酸

(本刊编辑部)