

小肠MRI的临床应用和进展

任小军^{1*}, 章士正²

作者单位:

1. 西安西电集团医院放射科, 西安 710077
2. 浙江大学医学院附属邵逸夫医院放射科, 杭州 310016

通讯作者:

任小军, E-mail: renxjun@.163.com

收稿日期: 2013-08-14

接受日期: 2013-10-22

中图分类号: R445.2; R574.5

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1674-8034.2013.06.016

任小军, 章士正. 小肠MRI的临床应用和进展. 磁共振成像, 2013, 4(6): 471-475.

[摘要] 随着医学影像学的发展, 小肠疾病越来越需要多种影像学检查技术的综合诊断, 传统的小肠造影与CT扫描各有优缺点; 由于MRI具有无射线辐射、无碘对比剂过敏和软组织对比度好的优点, 而且近几年MRI软、硬件技术快速发展, 不但扫描速度大大增快, 完全可以克服呼吸运动伪影和肠蠕动伪影的干扰, 而且图像分辨率越来越高, 使之应用于小肠疾病的诊断成为可能并逐渐增多。本文即对近几年小肠MRI的检查技术、常用扫描序列、肠道对比剂及其临床应用作一综述, 以便全面了解MRI在小肠疾病诊断中的价值及其将来可能的发展趋势。

[关键词] 磁共振成像; 小肠; 肠疾病

Clinical application and advancement of small-bowel MRI

REN Xiao-jun^{1*}, ZHANG Shi-zheng²

¹Department of Radiology, Xidian group hospital, Xi'an 710077, China

²Sir Run-Run Shaw Hospital of Medical School, Zhejiang University, Hangzhou 310016, China.

*Correspondence to: Ren XJ, E-mail: renxjun@.163.com

Received 14 Aug 2013, Accepted 22 Oct 2013

Abstract Evaluation of small-bowel disease need increasingly multiple imaging techniques with the development of medical imaging. Conventional enterography and CT have both advantages and disadvantages. Owing to its no X-ray radiation, no iodine allergic response and excellent soft-tissue contrast, as well as the rapid development of software and hardware, which makes high resolution of image and overcomes artifacts of breath and bowel peristalsis, MRI is used to evaluate small-bowel disease more and more frequently. So the examination techniques, common scan sequences, intraluminal contrast medium and clinical application of small-bowel MRI are reviewed in this article so that we have a knowledge of the diagnostic value of small-bowel MRI and its tendency in the future.

Key words Magnetic resonance imaging; Intestine, small; Intestinal disease

小肠疾病的检查一直是个难题, 小肠灌肠气钡双对比造影在小肠疾病的诊断中起着重要作用, 但难以直接观察肠壁和腔外病变; CT可以显示肠壁增厚和病变对腔外结构的侵犯, 但存在大量射线辐射; 由于无射线辐射, 软组织对比度好, MRI越来越多地应用于小肠疾病的诊断。

要获得最佳的小肠MRI检查效果, 须使肠腔充盈足量的对比剂使肠管充分扩张, 并联合应用多种MRI检查技术。小肠MRI检查中, 萎陷的肠管既可能掩盖病变, 又可能被误诊为病变。因此, 应用适当的肠道对比剂充分扩张肠管是诊断肠道疾病的关键, 既可清楚显露肠壁和病变, 又可减少肠腔气体, 防止磁敏感伪影。

1 肠道内对比剂

1.1 良好的MRI肠道对比剂须具备以下条件

- (1)等渗且不被人体吸收, 这样才能保持恒定的对比剂充盈肠腔;
- (2)与肠壁的信号对比度高;
- (3)对人体安全, 无毒副作用;
- (4)摄入量充足, 大量对比剂才能使肠腔充分扩张, 清楚显示肠壁。

1.2 MRI肠道对比剂的种类

MRI肠道对比剂可分为阴性对比剂、阳性对比剂和双相对比剂^[1]。阴性对比剂在T1WI和T2WI均为低信号, 如: 气体^[2]等。阳性对比剂在T1WI和T2WI均为高信号, 如: 稀释的钆剂, 超顺磁性氧化铁溶液^[3]等。双相对比剂应用最多, 在T1WI为低信号, T2WI为高信号, 常用的有: 甲基纤维素水混合液、硫酸钡溶液、聚乙烯醇溶液、等渗甘露醇等^[4-8]。双相对比剂可配制成等渗、不吸收、具有果香味的溶液, 能提供良好的肠腔对比

和扩张, 清楚显示小肠黏膜、肠壁和肠壁病变, 并且患者恶心、呕吐及腹痛等副反应少。

2 常用检查技术和扫描序列

小肠MRI检查时, 应用恰当的检查技术和扫描序列是非常重要的。

检查前需向小肠引入足量的对比剂, 其方法有口服法和经小肠导管灌入法, 前者称为MR小肠造影(MR enterography, MRE; MR follow-through, MRFT), 后者称为MR小肠灌肠(MR enteroclysis)。MRE和MRFT是在MR扫描前30~60 min分次口服1000~2000 ml小肠对比剂, 让对比剂不间断地充盈小肠, 达到清楚显示肠壁、肠腔和肠管周围结构的目的。MR enteroclysis结合了传统X线小肠灌肠和MRI检查技术, 是在X线透视下经鼻向十二指肠远端-空肠近端插入小肠导管, 在MRI透视下经导管以60~150 ml/min的速度直接向小肠内注入对比剂800~2000 ml, 对比剂用量取决于患者小肠有无手术切除、病变肠管狭窄程度和患者的忍耐程度^[2, 9]。MRE和MRFT的优点为无小肠插管的不适和X线透视的射线辐射, 口服对比剂简便, 但摄入的量有限, 对小肠扩张的效果不如MR enteroclysis理想, 尤其是近端小肠。MR enteroclysis患者有小肠插管的不适和接受X线透视的辐射, 且需要检查医师具备插管技术, 但经导管向小肠快速灌入大量液体可使小肠充分扩张, 可非常清楚显示肠壁及病变。

静脉注射钆剂增强扫描具有非常重要的意义。因为增强扫描不但能更清楚显示正常肠壁, 而且还能更敏感地显示炎症肠段及炎症对肠管周围结构的侵犯。肠道肿瘤增强后既可了解肿瘤血供情况, 又可以清楚显示肿瘤形态及其与周围血管的关系。

使用低张药以抑制肠蠕动, 消除肠蠕动伪影, 并且可增加肠道对比剂对肠管的扩张效果。

钆剂增强后应当使用脂肪抑制技术。这样, 肠壁周围被抑制的脂肪的低信号与肠腔内对比剂的低信号才能清楚描绘出呈中等强化的光整的肠壁。

尽可能应用快速序列屏气扫描, 不但可显著缩短扫描时间, 又可避免呼吸运动伪影和减少肠蠕动伪影。如T1WI二维的快速扰相梯度回

波(FSPGR)或FLASH、三维的肝脏容积快速扫描(LAVA)、容积式内插法扫描(VIBE)或高分辨率各向同性容积采集(THRIVE), T2WI的单次激发快速自旋回波(SSFSE)或半傅立叶采集单次激发快速自旋回波(HASTE)、真实稳态进动快速成像(true-FISP)或FIEST序列。当患者屏气不良时, 可用带呼吸门控的FSE序列, 如果患者呼吸均匀, 图像的呼吸运动伪影较少, 也可获得优质的图像, 但耗时较长。

MRI透视: Umschaden等^[4]在行MR小肠灌肠(MR enteroclysis)时, 在灌入甲基纤维素水溶液的同时行MR透视, 以SSFSE序列行冠状位扫描, 层厚为100~180 mm, 可包括整个小肠, 采集每幅图像仅需1.8 s。该序列使充满液体的肠道清楚地显示为高信号, 图像类似于小肠X线钡剂造影。重复多次扫描, 可动态观察灌注液体在肠腔的充盈过程。

多轴面扫描: (1)冠状面和横断面屏气平扫: T1WI和T2WI; (2)带脂肪抑制的T1WI增强扫描; (3)冠状面快速序列屏气扫描10~15 s可完成全小肠的扫描, 横断面屏气10~15 s, 2次采集可完成扫描; (4)T2WI可用True-FISP或FIEST序列代替SSFSE或HASTE, 因为前者的图像质量更优, 但因为肠壁化学位移伪影产生黑边效应, 可能对轻度肠壁增厚产生错误的评估^[7]。

3 小肠MRI的临床应用

由于MRI具有软组织对比度好, 没有射线辐射可多次复查, 对对比剂增强高度敏感的优越性, 并且由于场强的提高, 多通道线圈、并行采集(SENSE)技术以及各种超快速屏气扫描序列的应用, MRI的空间和时间分辨率越来越高, 应用于小肠疾病的诊断日益成熟。

3.1 正常小肠MRI表现

平扫时, 在肠道内对比剂和周围脂肪的衬托下肠壁呈菲薄而光整的中等信号, 抑脂的钆剂增强后, 肠壁呈均匀的中等强化而显示更加清楚。国内及国外对服用肠道对比剂的两组正常小肠MRI分析后认为, 空肠直径为18.0~26.0 mm, 回肠直径为13.0~23.0 mm, 空肠壁厚2.0~2.9 mm, 近段回肠1.4~2.4 mm, 远段回肠1.7~2.9 mm。健康者服用液体后肠管扩张最佳的时间为: 空肠

在5~15 min, 近端回肠在10~20 min, 回盲部在25 min左右^[5, 10]。

3.2 炎症性肠病

MRI在小肠疾病的应用和研究最多的是炎症性肠病, 尤其是Crohn病的诊断和对其活动性的评估。Crohn病的MRI表现为肠壁节段性增厚, 增强后明显强化, 病变以肠系膜侧严重^[8], 严重者还可见肠腔狭窄和扩张。当炎症侵及肠管周围结构时, MRI还可显示肠系膜的炎性浸润和脂肪纤维增生, 肠壁间的脓肿、瘘管以及肠系膜肿大的淋巴结。而传统小肠钡剂灌肠却无法直接显示肠壁及其周围的病理改变。Gabriele等^[11]对40例Crohn病患者行传统的X线小肠灌肠(conv-E)和MR小肠灌肠(MR enteroclysis)、MR小肠造影(MR per OS)对比研究后发现, 对肠壁表浅病变如溃疡、炎性息肉的显示, MR enteroclysis和conv-E具有一致性, 尤其是SSFSE和FIEST序列, 并且两者都优于MR per OS; 显示肠系膜病变, MR enteroclysis和MR per OS的准确性显著高于conv-E。MR enteroclysis可作为Crohn病的首次检查方法, MR per OS可在患者拒绝行MR enteroclysis时和随访时应用。Rieber等^[12]对84例Crohn病研究后发现, 诊断炎性病变的敏感度和特异度, MRI分别是95.2%和92.6%, 传统小肠灌肠是85.4%和76.9%, 诊断脓肿和瘘管的敏感度, MRI是77.8%和70.6%, 传统小肠灌肠则是0%和17.7%。

3.3 小肠肿瘤

MRI对小肠肿瘤的诊断敏感而可靠。小肠肿瘤在T1WI与肠壁相比呈等、低信号, 在T2WI呈高信号, 在抑脂增强的SPGR或LAVA序列, 在周围低信号的对比下呈显著高信号而显示更加清楚。MRI可检出直径<1 cm的小肠肿瘤和P-J综合征的小肠多发息肉。True-FISP和抑脂增强的SPGR序列可清楚显示肿瘤的位置, 大小和形态, 对小肠肿瘤的诊断最有价值。Stijn等^[13]对91例患者中的32例经内镜、手术和传统小肠灌肠诊断的小肠肿瘤的MR灌肠分析, 敏感度和特异度分别达到94%和97%, 总的诊断准确性达95.0%。诊断准确的肿瘤有小肠腺癌、淋巴瘤、转移瘤、神经内分泌肿瘤、错构瘤型息肉(大小为3 mm×3 mm~32 mm×39 mm)、腺瘤(大小为4 mm×7 mm~14 mm×11 mm)。

3.4 小肠缺血和出血性病变

应用适当的MRI技术, 不但可以显示肠系膜血管狭窄和血栓形成的形态改变, 还可以应用血氧水平依赖功能成像(blood oxygen level-dependent imaging, BOLD imaging)评价肠系膜血流血氧含量的病理生理信息。应用MRA和实时MRI(real-time MRI), 既可以显示肠系膜血管内充盈缺损的血栓及延迟强化的节段性缺血的肠壁和肠系膜, 又可以显示肠系膜血管动态充盈的过程^[4]。Hilfiker等^[14]在消化道出血的实验研究中, 向血管内注入对比剂后在30 min内对肠道行多次3D MRI后, 发现肠道出血部位均被正确显示, 敏感度和特异度均为100%, 明显高于核素显像。出血的量, 也可由反复多次的数据采集确定。

3.5 小肠梗阻

梗阻小肠内的液体为一种天然对比剂, 应用True-FISP和HASTE或SSFSE序列快速扫描, 可清楚显示梗阻点以上高信号的肠道。利用扩张肠管与萎陷肠管之间的移行区和扩张肠管内食物残渣的不均匀信号可诊断肠梗阻的位置。应用MRI透视, 可观察对比剂在肠道的走行和肠管的形态变化, 对鉴别完全性和部分性肠梗阻以及肠管狭窄处为炎性水肿还是纤维增生具有重要价值。应用True-FISP序列的电影MRI(cine MRI), 利用呼吸运动, 可动态观察小肠的活动, 诊断粘连性肠梗阻的梗阻部位^[15]。

4 MRI新技术在小肠病变的应用

4.1 扩散加权成像(DWI)

Schmid等^[16]对14例患者的25个小肠和结肠的瘘管和窦道行MRI检查, 发现T2WI+DWI和T2WI+T1WI增强均较T2WI明显提高了瘘管和窦道的检出率, 并且T2WI+DWI和T2WI+T1WI增强的检出率无明显差异。因此, DWI是一种有价值的检查序列, 特别是对肾功能衰竭的患者。Aytekin等^[17]对11例Crohn病患者行DWI检查, 检出了19个病变肠段中的18 (94.7%)个, 在DWI, 炎症肠段与正常肠段相比呈高信号, 10例图像无或轻度伪影, 1例为中度伪影; 定量分析, 炎症肠段与正常肠段的ADC值分别为 $(0.47\sim 2.60)\times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$ 和 $(1.39\sim 4.03)\times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$, 差异具有统计学意义, 表明炎症肠壁的水分子扩散受限。

4.2 动态增强扫描

Riccardo等^[18]应用高分辨率MRI技术对16例Crohn病的回肠末端行动态增强扫描评估其活动性,发现9例肠壁分层强化中8例为活动性,1例为非活动性,7例均质强化病例均为非活动性,活动性Crohn病肠壁黏膜层、黏膜下层及浆肌层强化时间信号曲线存在显著差异,而非活动性Crohn病肠壁强化时间信号曲线没有差异。Jasper等^[19]对48例Crohn病行MR动态增强扫描后认为,肠壁增强比率、肠壁厚度与Crohn病临床分级和活动指数显著相关,可反映其严重性。Sabina等^[20]对70例Crohn病动态增强扫描后认为,活动性Crohn病的相对增强值、最大增强值、强化斜率都显著高于非活动性;最大增强值、斜率与Crohn病活动性具有高度相关性。I型速升平台型增强曲线100%为活动性Crohn病,II型缓升缓降型增强曲线100%为非活动性。

4.3 血氧水平依赖成像(BOLD)

与脑功能成像(functional MRI, fMRI)一样,也可行肠系膜BOLD成像。通过餐后肠系膜上静脉去氧血红蛋白(具有降低BOLD信号的作用)含量的变化导致BOLD信号的改变,可诊断慢性肠系膜缺血。在健康者,因为餐后动脉血流增加为组织提供足够的氧和血红蛋白与旺盛的代谢产生的去氧血红蛋白保持平衡,餐后肠系膜BOLD信号保持稳定或者升高。可是,当肠系膜缺血时,餐后动脉血流增加甚少,缺血小肠的肠系膜上静脉血流量增加,去氧血红蛋白含量增多,BOLD信号下降。并且缺血程度不同,BOLD信号变化也不一样^[21]。

5 小肠MRI的展望

由于MRI设备软、硬件技术的快速发展,超快速序列的不断涌现,MRI空间和时间分辨率的逐渐提高,并且由于内镜检查在小肠疾病的诊断中受到限制,小肠钡剂灌肠难以直接显示腔外病变和CT检查具有大量射线辐射的缺点,应用MRI诊断小肠疾病将会逐渐增多,尤其是应用于儿童和孕妇^[22]。对慢性炎症性肠病的诊断和治疗后的随访,对小肠出血和缺血性肠病的诊断以及对小肠肿瘤的检出,MRI都将发挥越来越重要的作用。成功的MRI检查,既需要MR设备卓越的性能,也需要恰当的MRI检查技术,包括彻底的

肠道清洁,充分的肠管扩张及脂肪抑制、屏气快速的平扫和增强扫描。插管注入对比剂比口服对比剂对肠管扩张更为理想,但增加了患者的不适和检查的复杂性。因此,研究对肠管扩张效果理想而无毒副作用的口服肠道对比剂将具有重要意义。

参考文献 [References]

- [1] Arda K, Jacob O, Farid D, et al. Magnetic resonance enterography in Crohn's disease: standard and advanced techniques. *World J Radiol*, 2010, 28(4): 113-121.
- [2] Zhang SZ, Ren XJ, Zhang QW. The value of MR enteroclysis with air infusion in the diagnosis of small bowel disease. *Chin J Radiol*, 2004, 38(5): 489-493.
章士正,任小军,张峭巍. MR注气小肠灌肠检查对小肠疾病的诊断价值. *中华放射学杂志*, 2004, 38(5): 489-493.
- [3] Rieber A, Aschoff A, Nussle K, et al. MRI in the diagnosis of small bowel disease: use of positive and negative oral contrast media in combination with enteroclysis. *Eur Radiol*, 2000, 10(9): 1377-1382.
- [4] Umschaden HW, Szolar D, Gasser J, et al. Small-bowel disease: comparison of MR enteroclysis imaging with conventional enteroclysis and surgical findings. *Radiology*, 2000, 215(3): 717-725.
- [5] Laghi A, Carbone L, Catalano C, et al. Polyethylene glycol solution as an oral contrast agent for MR imaging of the small bowel. *AJR Am J Roentgenol*, 2001, 177(6): 1333-1334.
- [6] Carmel GC, Derek GL, Ann MB, et al. Does MRI with oral contrast medium allow single-study depiction of inflammatory bowel disease enteritis and colitis? *Eur Radiol*, 2010, 20 (7): 1667-1674.
- [7] Roberto M, Riccardo M, Luigi B, et al. Assessment of Crohn's disease activity in the small bowel with MR-enteroclysis: clinico-radiological correlations. *Abdom Imaging*, 2008, 33(6): 669-675.
- [8] Ren XJ, Zhang SZ, Zhang QW, et al. MRI diagnosis of small intestinal Crohn's disease. *Chin J Radiol*, 2004, 38(11): 1201-1205.
任小军,章士正,张峭巍,等. 小肠Crohn病的MRI诊断. *中华放射学杂志*, 2004, 38(11): 1201-1205.
- [9] Lawrance IC, Welman CJ, Shipman P, et al. Small bowel MRI enteroclysis or follow through: which is optimal? *World J Gastroenterol*, 2009, 15(42): 5300-5306.
- [10] Zhang SZ, Ren XJ, Zhou HS. Diagnosis of small bowel diseases with Hydro-MRI. *Chin Comput Med Imaging*, 2003, 9(6): 421-425.
章士正,任小军,周合山. 小肠磁共振水成像的诊断价值. *中国医学计算机成像杂志*, 2003, 9(6): 421-425.
- [11] Gabriele M, Emanuele C, Elisabetta P, et al. Comparison of MR enteroclysis with MR enterography and conventional enteroclysis in patients with Crohn's disease. *Eur Radiol*, 2008, 18(3): 438-447.
- [12] Rieber A, Wruk D, Potthast S, et al. Diagnostic imaging in Crohn's disease: comparison of magnetic resonance imaging and conventional imaging methods. *Int J Colorectal Dis*, 2000, 15(3): 176-181.
- [13] Stijn JB, Martijn RM, Maarten AJ, et al. MR enteroclysis in the diagnosis of small-bowel neoplasms. *Radiology*, 2010, 254(3): 765-773.
- [14] Hilfiker PR, Weishaupt D, Kacel GM, et al. Comparison of three dimensional magnetic resonance imaging in conjunction with a blood pool contrast agent and nuclear scintigraphy for the detection of

- experimentally induced gastrointestinal bleeding. *Gut*, 1999, 45(4): 581-587.
- [15] Sonja BK, Reinhold L, Chlodwig K, et al. Functional cine MR imaging for the detection and mapping of intraabdominal adhesions: method and surgical correlation. *Eur Radiol*, 2008, 18(6): 1215-1223.
- [16] Schmid TC, Agrawal G, Dahi F, et al. Diffusion-weighted MRI: role in detecting abdominopelvic internal fistulas and sinus tracts. *J Magn Reson Imaging*, 2012, 35 (1): 125-131.
- [17] Aytakin O, Fang Z, Kirti K, et al. Evaluation of diffusion-weighted MR imaging for detection of bowel inflammation in patients with Crohn's disease. *Acad Radiol*, 2009, 16 (5): 597-603.
- [18] Riccardo DV, Ilaria S, Renato C, et al. Dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging of the terminal ileum: differentiation of activity of Crohn's disease. *Abdom Imaging*, 2008, 33(4): 417-424.
- [19] Jasper F, Martin NJ, Kasia A, et al. Dynamic contrast-enhanced MRI of the bowel wall for assessment of disease activity in Crohn's disease. *AJR Am J Roentgenol*, 2006, 186(5): 1384-1392.
- [20] Sabina G, Lorenzo F, Emanuele N, et al. Dynamic MRI of the small bowel: usefulness of quantitative contrast- enhancement parameters and time- signal intensity curves for differentiating between active and inactive Crohn's disease. *Abdom Imaging*, 2010, 35(6): 646-653.
- [21] Li KC, Pelc LR, Puvvala S, et al. Mesenteric ischemia due to hemorrhagic shock: MR imaging diagnosis and monitoring in a canine model. *Radiology*, 1998, 206(1): 219-225.
- [22] Lai C, Zhou HC. Clinical value of MR enterography in pediatric patients. *Chin J Magn Reson Imaging*, 2012, 3(3): 188-193. 赖灿, 周海春. 儿童小肠MR成像临床应用评价. *磁共振成像*, 2012, 3(3): 188-193.

(上接第467页)

世界分子影像学会前主席Robert J. Gillies在讲座中通过分析肿瘤的不均质性的原因即肿瘤的基因多态性, 提出分子影像学可能通过对肿瘤不均质性的评价, 将在检测肿瘤的基因多态性及指导肿瘤治疗方面发挥重要的作用。

中国现代诊疗技术创新战略联盟理事长戴建平教授在讲座中指出, 分子影像学的发展离不开“政、产、学、研、用”紧密合作, 只有充分发挥理、工、医各学科人才优势, 才能将优秀科研成果迅速转化到临床应用, 才能加速促进分子影像学健康发展。

中国生物物理学会分子影像专业委员会主任委员田捷教授作了题为“光学分子影像手术导航技术在乳腺癌前哨淋巴结活检中的应用”的精彩演讲。美国海外华人磁共振学会前任主席胡小平教授介绍了磁共振分子影像学从理论研究到动物实验再到临床应用的发展过程。周晓洪教授从物理学的角度介绍了磁共振扩散加权成像技术演变和临床应用。郑海荣教授与大家分享了“超声分子影像及诊疗一体化方法探索研究”, 随着技术的发展, 医学超声将在疾病治疗中起着越来越多的作用。美国国立卫生研究院李旭日教授向大家介绍了“新生血管

性疾病预防的新靶点——PDGF-C和PDGF-D”, 随着进一步深入研究, 对于某些致癌细胞将来会有特效靶向药物问世。山东省干细胞工程技术研究中心主任李建远博士介绍了“人类精子成熟整体功能基因组学筛选不育分子靶点”。此外, 王滨教授、赵斌教授、吴仁华教授、居胜红教授、王梅云教授、王怡宁副教授、张仕状教授、夏国伟教授、姚振威教授、胡振波教授、马恒主任医师等专家围绕分子影像学作了精彩讲座。

分子影像学离不开计算机辅助, 资深医院信息化专家茅海萼先生就“影像循证的计算机辅助”作了精彩演讲。分子影像学是一个创新驱动的新兴前沿交叉学科, 《磁共振成像》杂志社贺光军社长从科技信息对科研创新的重要作用谈起, 分析了科研创新思维的五大杀手, 介绍了高效创新团队建设的原则, 从而总结创新人才应该具备的五大素质, 并以两位诺贝尔奖获得者的实例向大家展示了创新型人才、创新型团队要想取得成功应具备的必要条件。

此次大会高端前沿学术内容丰富、会场交流活跃, 必将引领和推动分子影像学发展。

(供稿: 贺光军 李祥林)