

· 规范与共识 ·

肺亚实性结节影像处理专家共识

中华医学会放射学分会心胸学组

随着 CT 分辨率的提高、辐射剂量的降低、肺癌筛查的普及和人们保健意识的增强,被检出的无症状肺内结节越来越多、体积越来越小、密度越来越淡。此类结节常缺乏特征性而难以确诊,但常导致患者焦虑不安,临床处理存在多样化、随机化和不规范化。国际多学科 2011 年推出了肺腺癌的病理新分类^[1], Fleischner 学会也于 2012 年底推出了肺内亚实性结节的推荐处理意见^[2-3]。如何遵循指南,结合国情达成中国专家共识,对亚实性结节做出正确处理,对于减轻患者和社会负担、改善患者预后都非常重要。

一、定义

磨玻璃影(ground-glass opacity, GGO)指 CT 上边界清楚或不清楚的肺内密度增高影,但病变密度又不足以掩盖其中走行的血管和支气管影。如果病变局限,则称为局灶性磨玻璃影(focal ground-glass opacity, fGGO);如果病灶边界清楚,呈圆形或类圆形,表现为结节状,则称为磨玻璃结节(ground-glass nodule, GGN)。GGO 根据内部密度分为两类,如果病灶内不含有实性成分,称为纯磨玻璃影(pure ground-glass opacity, pGGO);如果含有实性成分,则称为混杂性磨玻璃影(mixed ground-glass opacity, mGGO)。相应的 GGN 根据有无实性成分也分为纯 GGN(pure ground-glass nodule, pGGN)和混杂性 GGN(mixed ground-glass nodule, mGGN),后者又被称为部分实性结节(part solid nodule)^[4-5]。所有含磨玻璃密度的肺结节(pGGN、mGGN)都称为亚实性肺结节(subsolid nodule)。

二、影像检查方法

1.X 线:X 线平片可以作为肺癌的初筛工具,但不是 GGN 病变的有效检查方法,用来检出和显示

GGN 的价值有限。目前条件下使用计算机辅助检测(computed aided detection, CAD)也不能提高敏感度,使用数字断层摄影技术(digital tomosynthesis, DTS)有助于提高病灶检出率。

数字化 X 线成像由于简便易行、性价比适中、辐射剂量低,目前仍是肺癌初筛或初诊的重要检查技术。尽管随着数字化技术的进步,X 线的空间分辨率、图像清晰度明显提高,但 X 线得到的图像仍是人体各种组织结构和病变的重叠投影,病变过小、过淡时不容易被发现,大部分肺磨玻璃密度病变的形态特征不能明确显示,会造成漏诊及误诊。CAD 可以提高平片对肺实性结节或较大较浓 GGN 的检出率,但目前的假阳性率和假阴性率依然较高^[6]。因此,不推荐数字化 X 线和 CAD 作为 GGN 病变的筛查手段。

DTS 是在传统 X 线体层摄影基础上新发展起来的一项快速、低剂量体层成像技术,利用 X 线球管行一定角度(一般与中线夹角 $\pm 8^\circ \sim \pm 40^\circ$ 角)范围内的直线运动,对被照体进行低剂量体层序列式脉冲曝光,采用数字平板探测器采集容积 X 线数据,依靠滤波反投影、移位叠加算法、矩阵反转等后处理重建函数,重建出被检部位任意冠状方向上较高空间分辨率的数字化影像。DTS 已被应用于胸部,尤其是肺部小结节的检出,能有效提高普通 X 线易漏诊的直径较小、密度较低或隐蔽部位结节的检出率^[7]。最近有研究显示 DTS 对体模中 5~8 mm 的 GGN 检测率与 CT 相似^[8]。但 DTS 不能显示接近前、后胸壁处结节,对极低密度的 GGN 易漏诊,对左心缘旁结节常因搏动伪影影响观察,不同的后处理重建技术对肺结节的显示也有影响。鉴于 DTS 目前国内装机不多,其应用经验有待于进一步积累。

2.CT:CT 是显示 GGN 的首选方法,强调薄层高分辨率 CT、靶扫描或靶重建。

(1)剂量:推荐采用低剂量胸部 CT 扫描,没有迭代重建技术的可使用 120 kV 及 30~50 mAs 的扫描剂量;有新一代迭代重建技术的可使用 100 kV 及 30 mAs 以下作为最低扫描剂量^[9-10]。根据不同体质量指数(body mass index, BMI)还需要做一定的

DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2015.04.005

基金项目:上海市科委重大生物医药专项(13411950100);
2014 卫生计生委公益性行业科研专项(201402013);北京市科委重大项目(D141100000214006)

通信作者:刘士远,200003 上海,第二军医大学长征医院影像医学与核医学科,Email:cjr.liushiyuan@vip.163.com

调整,尤其需要显示 GGN 的细微征象,达到定性诊断需求时,应提高扫描剂量以保证图像质量。

(2)扫描方法:FOV 可根据实际情况及各自机型调整,靶扫描的 FOV 可缩小至 180 mm×180 mm。无论厂家的扫描准直层厚多少,建议 1 mm 薄层重建。扫描层厚<1 mm 者,可以无间隔连续重建;如扫描层厚>1 mm,重建间隔选择准直层厚的 50%~80%。滤过函数采用肺算法和标准算法分别进行重建,图像矩阵 512×512,有条件的医院可以选择 1024×1024。连续薄层 CT(1 mm 层厚)扫描以确认病灶是否为真实的 GGN,尽可能避免仅在厚层图像(通常是 5 mm 以上)上读片,以免漏诊较小的 GGN,或将实性结节误判为亚实性结节。

(3)后处理:建议采用多平面重组(multi-planner reformation, MPR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)处理日常胸部 CT 薄层图像,能更好地发现结节和显示病变的形态学特征。联合使用窗技术的变化来观察病变边缘及内部结构特征。

(4)病灶数量及分类:首先确认病灶单发还是多发,其次确定病灶大小,第三步确定 GGN 是 pGGN 还是 mGGN。pGGN 以 5 mm 大小为界进行分类观察;mGGN 除病灶大小外,其内部实性成分的大小更加重要,实性成分>5 mm 或<5 mm 要单独分类观察和处理。

(5)病灶量化的方法:推荐使用平均直径(选病灶最大层面,取最大径和垂直径之和除以 2);有肺结节分析软件的建议结合手动进行结节容积测量;病变密度也很重要,建议随访中观察病变密度的变化,以测量整个病灶平均 CT 值或结节质量最为准确。结节质量测量(nodule mass measurement)是用结节体积乘以结节平均密度。结节质量的增长既可代表体积的增大,也可代表密度的增高,比单纯测量体积和密度能更早地发现 GGN 的增长^[11-13]。

(6)病灶随访:随访过程中每次检查使用相近的扫描参数、显示视野、重建方法,使用平均直径及结节质量随访结节大小、密度的变化,在薄层高分辨率 CT 上观察病灶的形态、边缘、内部结构及周围组织的变化。最好是相同的医师进行阅片评估,从而使误差控制在尽可能小的范围。

(7)mGGN 实性成分比例的测量:实性成分大小的测量、实性成分和磨玻璃密度含量百分比的测量尤为重要,因为它和结节是否有浸润性以及结节的预后有关。实性成分的量化主要有两种方法:①径线法:也是最传统的方法,此方法需要分别测量实性部分和整个病灶横断面的最大长径、最大短

径以及上下径,三者乘积的二分之一即为所求体积。用求得的实性部分体积除以整个病灶的体积即所得实性部分比例。但这种方法手工测量操作繁琐,主观误差较大,容易受不同层厚及呼吸运动的影响。②容积测量:在容积再现(volume render, VR)图像重组中,选定 CT 阈值范围进行实性成分分离,利用容积测定软件测量体积。但是 ROI 的划定、CT 阈值的设置和结节与周围结构的关系都会影响其测量的可重复性和准确性^[14-15]。因此,还要结合其他处理方法综合应用。

3.MRI:在肺结节的检出方面,MRI 的敏感度远低于 CT,主要原因是肺部质子密度低、磁敏感性不均匀、空间分辨率低。应用常规 T₁WI 或者 T₂WI 很难显示 5 mm 以下的结节^[16]。对于 GGN,尤其是 pGGN, MRI 不能显示。因此,目前不推荐使用 MRI 检查诊断 GGN。

4.PET-CT:PET-CT 对 GGN 病变的诊断价值有限。主要原因是:(1)阳性率低,pGGN 假阴性率 100%,mGGN 假阴性率也达 60%以上。因此,其定性价值有限^[17]。(2)此类病变即使是恶性也很少发生淋巴或血行转移,因此分期价值也有限。(3)标准摄取值(standard uptake value, SUV)诊断良恶性的特异度较低,脱氧葡萄糖(FDG)高摄取不一定是肿瘤,低摄取也不能排除肿瘤。但最大 SUV(SUV_{max})对肿瘤预后有一定预测价值,高摄取的提示预后较差^[18]。因此,建议 SUV_{max} 联合观察 CT 形态学改变来对结节进行定性和预后评价。结合美国胸内科医师学会(American College of Chest Physicians, ACCP)2013 版临床指南中对疑似肺癌结节使用 PET-CT 检查的建议^[19],我们的建议如下:

(1)pGGN,不推荐 PET-CT 检查。

(2)mGGN,实性成分<5 mm 的,不推荐 PET-CT 检查。

(3)对直径 10 mm 以上的 mGGN,实性成分>5 mm 的,如果定性困难,可推荐 PET-CT 检查。

(4)高度怀疑恶性的 mGGN 病变,实性成分>5 mm 的,行全身 PET-CT 检查进行术前分期时可以推荐。

(5)伴有肺内其他实性结节,或者有肺外恶性肿瘤病史的 GGN 患者,建议行 PET-CT 检查。

三、GGN 的良恶性鉴别

1.结节的大小:随着体积的增大,GGN 的恶性或浸润性概率增加;<1 cm 的 pGGN,大多数为非浸润性病变;但是大小对 GGN 的定性诊断价值有限,需密切结合形态及密度的改变^[20-28]。

2.形态:大多数恶性GGN整体形态为圆形、类圆形,不规则形、多角形或出现扁平平直的边缘常常提示病变良性可能性大。但恶性亚实性结节与恶性实性结节相比,出现不规则形态的比例更高^[20]。

3.边缘及瘤-肺界面:恶性GGN多呈分叶状,或有棘状突起征象;良性GGN多数无分叶,边缘可有尖角、纤维条索等^[20-26]。恶性GGN多边缘清楚但不整齐,炎性GGN多边缘模糊,良性非炎症类GGN多边缘清楚整齐甚至光整。恶性病变瘤-肺界面清晰、毛糙甚至有毛刺。由于表现为GGN的病变即使是恶性其浸润性与实性结节相比也比较小,所以毛刺的出现率相对较低。

4.内部密度特征:GGN密度均匀提示良性;密度较高,密度不均匀提示恶性可能性大;但也有报道微浸润腺癌(minimally invasive adenocarcinoma, MIA)或浸润性腺癌可表现为pGGN^[24-25, 29-31];持续存在的GGN大多数是恶性的,或有向恶性发展的潜能。GGN的平均CT值对诊断有重要参考价值^[30, 32],密度较高恶性概率大,密度低恶性概率降低,当然需结合大小及其他形态变化综合判断。Eguchi等^[33]以病灶11 mm和CT值-680 HU为阈值判断病灶恶性的敏感度和特异度分别为91.7%和71.4%。

5.内部结构特征:pGGN恶性概率低,mGGN恶性概率高^[2];GGN内部空泡征、结节征、支气管充气征等征象的出现提示恶性概率大。如果小支气管被包埋且伴局部管壁增厚,或包埋的支气管管腔不规则,则恶性可能性大^[20-21, 26]。

6.瘤周结构:胸膜凹陷征及血管束束征的出现提示恶性可能,周围出现纤维条索、胸膜增厚等征象提示良性^[20, 26]。

7.关于增强:对于所有pGGN,一般不需要做CT增强扫描,原因是测量的CT值不准确,很难确定其血供情况。但mGGN、病灶与肺血管关系密切或者怀疑淋巴结转移时可以行胸部CT增强扫描。恶性mGGN中的实性成分与实性结节的强化规律相似,GGN中磨玻璃部分强化后同样会密度升高,部分可见结节状或网格状强化;借助MPR可观察结节与血管的关系:良性病变多不影响邻近血管,可见血管从病灶边缘绕过或平滑自然地穿过病灶;恶性肿瘤病灶周围的血管向病灶聚集或病灶内肿瘤血管异常增多,恶性病变中的血管边缘常常不规则或呈结节状^[34]。

8.PET的定性价值:以往多以SUV>2.5作为判断良恶性的阈值^[35]。由于pGGN的摄取很低或无摄取;mGGN大多数呈低摄取(随着实性成分比例增加,摄取值会相应升高)。另外,SUV_{max}受到患者

状态、药物衰减、机器矫正等多种因素的影响,本身就不稳定。因此,对亚实性结节,PET-CT定性价值有限,更多的用途是进行肿瘤淋巴结转移(tumor node metastases, TNM)分期。GGN,尤其是含实性成分较少的GGN,如果SUV_{max}相对较高,往往提示为炎性病变。

9.病灶随访的定性价值:不确定结节可以通过随访观察帮助定性,随访中注意对结节的直径、体积、内部实性成分及结节的质量进行量化分析。尤其要注意和保证每一次检查的扫描方案、扫描条件、图像显示、重组方法、测量方法等保持前后一致,同时建议在软阅读的条件下观察^[36-38]。随访观察的内容包括GGN大小、形态、边缘、内部结构、密度变化等。有以下变化提示恶性GGN:(1)GGN增大;(2)稳定并密度增高;(3)稳定或增大,并出现实性成分;(4)缩小但病灶内实性成分增大;(5)结节具备其他形态学的恶性征象。有以下变化提示良性GGN:(1)病灶形态短期内变化明显,无分叶或出现极深度分叶,边缘变光整或变模糊;(2)密度均匀,密度变淡;(3)随访中病灶缩小(密度没有增高)或消失;(4)随访中病灶迅速变大(倍增时间<15 d);(5)病灶长期稳定,但实性结节2年无变化提示良性并不适用于GGN,因处于原位腺癌(adenocarcinoma in situ, AIS)和MIA阶段的GGN可以长期稳定,所以这里的长期需要更长的时间,但究竟多长时间稳定提示良性,还需要进一步更加深入的研究。

总之,GGN病变的正确诊断和鉴别要依赖于详细观察各种影像表现并加以综合分析才能做出,不能依赖单一征象;对于不典型病例,还需要随访观察甚至有创检查才能确定。

四、GGN的临床处理

采用何种方法来处理,必须建立在对其恶性概率估算的基础上,而概率大小因患者年龄、吸烟史、结节体积以及CT征象的差异而有所不同^[39]。当恶性可能较小时,应使用低剂量CT对结节随访观察。当恶性可能较大时,应在风险可以接受的前提下手术切除。

1.考虑恶性的GGN,如影像科医师把握度较大则应及早手术切除。如果把握度不大但倾向恶性,可首先随访3个月,持续存在的pGGN呈分叶状、边缘毛糙、内部密度不均匀或有空泡征等,mGGN随访没有变化或增大增浓,均建议手术切除。

2.考虑良性的GGN,建议3个月后复查;如患者焦虑严重,可在临床医师指导下抗炎治疗1个月后复查;之后按照Fleischner学会推荐意见的随访

方案随访^[2]。

3. 对于难以定性的肺结节, 可以推荐其进行随访观察, 具体的随访原则根据 Fleischner 学会推荐意见^[2-3], 结合我国实际情况, 推荐意见如下。

(1) 孤立的、直径 ≤ 5 mm 的 pGGN, 2 年后低剂量 CT 随访, 没有变化则 4 年后随访。如患者情绪过于焦虑, 可适当缩短随访周期(首次 6~12 个月后复查, 以后每 2 年随访 1 次, 病灶变大、变浓则缩短随访周期或手术切除, 变小、吸收则保持 2 年随访或终止随访)。

(2) 孤立的、直径 > 5 mm 的 pGGN, 发现病变后 3 个月进行 CT 复查以确定病变是否持续存在; 如果病变持续存在且没有变化, 则每年 CT 随访复查, 至少持续 3 年, 之后仍应长期随访, 间隔期可以适当放宽, 有变化则调整随访周期。对于直径在 10 mm 以上, 平均 CT 值超过 -600 HU, 外形有分叶、内部可见空泡征的 pGGN, 恶性可能较大, 应建议手术切除。不推荐使用抗生素或进行 PET-CT 检查。

(3) 孤立的 mGGN, 3 个月后复查, 病变变淡、变小则 2 个月后复查至病变消失; 病变没有变化或增大时, 考虑为恶性可能, 建议手术切除。对于直径 10 mm 以上, 实性部分 > 5 mm 的 mGGN, 可考虑¹⁸F-FDG PET-CT 进一步检查, 有利于更准确地定性、预后评估以及优化术前分期和治疗方案的选择。

(4) 多发、直径 ≤ 5 mm、边界清楚的 pGGN, 应采取比较保守的方案。建议首先 6 个月复查, 病灶持续存在则 1 年后复查, 如 1 年后依然存在且没有变化则 2 年后随访, 之后每 2 年随访 1 次。病灶增多、增大、增浓则缩短随访周期, 或通过评估病灶部位、大小和肺功能情况, 选择性的对变化明显的病灶局部切除; 病灶减少、变淡或吸收则延长随访周期或终止随访。

(5) 多发 pGGN, 至少 1 个病变直径 > 5 mm, 但没有特别突出的病灶, 推荐首次检查后 3 个月 CT 随访, 如无变化, 之后每年 1 次 CT 检查, 至少 3 年。之后仍应长期随访, 间隔期可以适当放宽。发现病灶变化调整随访周期(增多、增大、增浓则缩短随访周期, 或通过评估病灶部位、大小和肺功能情况, 选择性的对变化明显的病灶局部切除; 减少、变淡或吸收则延长随访周期或终止随访)。

(6) 有突出病灶的多发 GGN, 在首次检查后 3 个月进行 CT 随访, 如病灶持续存在, 建议对较大的突出病灶给予更积极的诊断和治疗。出现以下情况考虑为突出病变: 病灶内实性成分直径 > 5 mm 的 mGGN; 病灶直径 > 10 mm 的 pGGN; 具有分叶征、

毛糙边缘、毛刺征、空泡征、胸膜凹陷征等恶性征象的 GGN; 任意大小的 pGGN 或内部实性成分直径 < 5 mm 的 mGGN, 若随访过程中出现病灶增大或密度增高; 结节出现任何其他浸润性病灶特征。以上情况均要高度怀疑恶性, 建议对其手术局部切除。

本共识的形成, 专家组参考了国内外大量文献、最新进展和多学科指南, 综合了中国学者的研究结果和专家意见及我国实际情况和医疗环境, 期望能成为临床工作的重要参考和依据。只有我们充分了解国内外最新进展和通行做法, 规范 GGN 影像检查和诊疗行为, 并将各种随访与治疗的优缺点充分说明, 才能将 GGN 的诊疗引导到正确、合理和安全的轨道上来, 以最大程度地保障医患双方的利益, 并使患者从中获益。

共识起草人: 第二军医大学长征医院影像医学与核医学科(刘士远)

共识专家组成员: 第二军医大学长征医院影像医学与核医学科(刘士远、于红、肖湘生、萧毅、范丽、李琼、周莹); 西安交通大学第一附属医院影像科(郭佑民); 北京医院放射科(陈起航、潘纪成); 大连大学附属中山医院放射科(伍建林); 中国医学科学院肿瘤医院影像诊断科(吴宁); 复旦大学附属中山医院放射科(张志勇); 复旦大学附属华东医院放射科(张国桢); 首都医科大学附属北京友谊医院放射科(马大庆、贺文); 解放军总医院放射科(赵绍宏); 四川大学华西医院放射科(杨志刚); 第三军医大学附属新桥医院放射科(邹利光); 南昌大学第一附属医院放射科(龚洪翰); 中南大学湘雅二院放射科(王云华); 上海交通大学附属胸科医院放射科(叶剑定); 宁夏医科大学总医院放射科(郭玉林); 兰州大学第一医院放射科(郭顺林); 内蒙古医科大学附属医院放射科(刘挨师); 广东省人民医院放射科(赵振军); 无锡市第一人民医院放射科(陈宏伟); 广州医学院第一附属医院放射科(曾庆思); 上海交通大学上海肺科医院放射科(史景云)

参 考 文 献

- [1] Travis WD, Brambilla E, Noguchi M, et al. International association for the study of lung cancer/american thoracic society/european respiratory society international multidisciplinary classification of lung adenocarcinoma[J]. J Thorac Oncol, 2011, 6(2):244-285.
- [2] Naidich DP, Bankier AA, MacMahon H, et al. Recommendations for the management of subsolid pulmonary nodules detected at CT: a statement from the Fleischner Society[J]. Radiology, 2013, 266(1):304-317.
- [3] 刘士远, 李琼. Fleischner 学会肺非实性结节处理指南[J]. 中华放射学杂志, 2013, 47(3):197-201.
- [4] Hansell DM, Bankier AA, MacMahon H, et al. Fleischner Society: glossary of terms for thoracic imaging[J]. Radiology, 2008, 246(3):697-722.
- [5] Austin JH, Müller NL, Friedman PJ, et al. Glossary of terms for CT of the lungs: recommendations of the Nomenclature Committee of the Fleischner Society[J]. Radiology, 1996, 200

- (2):327-331.
- [6] Kasai S, Li F, Shiraishi J, et al. Usefulness of computer-aided diagnosis schemes for vertebral fractures and lung nodules on chest radiographs[J]. AJR Am J Roentgenol, 2008, 191(1): 260-265.
 - [7] 赵丽琴, 王克杨, 贺文, 等. 数字化断层融合技术对肺结节筛查应用的初步研究[J]. 放射学实践, 2010, 25(11): 1283-1286.
 - [8] Gomi T, Nakajima M, Fujiwara H, et al. Comparison between chest digital tomosynthesis and CT as a screening method to detect artificial pulmonary nodules: a phantom study[J]. Br J Radiol, 2012, 85(1017):e622-e629.
 - [9] Christe A, Szucs-Farkas Z, Huber A, et al. Optimal dose levels in screening chest CT for unpaired detection and volumetry of lung nodules, with and without computer assisted detection at minimal patient radiation[J]. PLoS One, 2013, 8(12):e82919.
 - [10] 李琼, 刘士远, 于红, 等. 应用迭代重建技术的低剂量 HRCT 评估肺磨玻璃密度结节可行性的体模研究[J]. 临床放射学杂志, 2013, 32(4): 586-590.
 - [11] Park CM, Goo JM, Lee HJ, et al. Persistent pure ground-glass nodules in the lung: interscan variability of semiautomated volume and attenuation measurements[J]. AJR Am J Roentgenol, 2010, 195(6):W408-W414.
 - [12] Kim H, Park CM, Woo S, et al. Pure and part-solid pulmonary ground-glass nodules: measurement variability of volume and mass in nodules with a solid portion less than or equal to 5 mm[J]. Radiology, 2013, 269(2):585-593.
 - [13] de Hoop B, Gietema H, van de Vorst S, et al. Pulmonary ground-glass nodules: increase in mass as an early indicator of growth[J]. Radiology, 2010, 255(1):199-206.
 - [14] Ohde Y, Nagai K, Yoshida J, et al. The proportion of consolidation to ground-glass opacity on high resolution CT is a good predictor for distinguishing the population of non-invasive peripheral adenocarcinoma[J]. Lung Cancer, 2003, 42(3):303-310.
 - [15] Sumikawa H, Johkoh T, Nagareda T, et al. Pulmonary adenocarcinomas with ground-glass attenuation on thin-section CT: quantification by three-dimensional image analyzing method[J]. Eur J Radiol, 2008, 65(1):104-111.
 - [16] Wang YX, Lo GG, Yuan J, et al. Magnetic resonance imaging for lung cancer screen[J]. J Thorac Dis, 2014, 6(9): 1340-1348.
 - [17] Tsunozuka Y, Shimizu Y, Tanaka N, et al. Positron emission tomography in relation to Noguchi's classification for diagnosis of peripheral non-small-cell lung cancer 2 cm or less in size[J]. World J Surg, 2007, 31(2):314-317.
 - [18] Uehara H, Tsutani Y, Okumura S, et al. Prognostic role of positron emission tomography and high-resolution computed tomography in clinical stage IA lung adenocarcinoma[J]. Ann Thorac Surg, 2013, 96(6):1958-1965.
 - [19] Gould MK, Donington J, Lynch WR, et al. Evaluation of individuals with pulmonary nodules: when is it lung cancer? Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines[J]. Chest, 2013, 143 Suppl 5:S93-120.
 - [20] 范丽, 于红, 刘士远, 等. 3 cm 以下肺恶性局灶性磨玻璃密度结节与实性结节螺旋 CT 征象对照[J]. 中华放射学杂志, 2010, 44(1):16-19.
 - [21] 范丽, 李清楚, 刘士远, 等. 肺部混杂性磨玻璃密度结节的 MDCT 表现[J]. 实用放射学杂志, 2011, 27(1):46-50.
 - [22] 陈群慧, 叶晓丹, 朱莉, 等. 肺孤立性磨玻璃密度结节的超高分辨力 CT 表现及与病理的相关性[J]. 放射学实践, 2014, 29(1):57-60.
 - [23] 陈群慧, 叶晓丹, 朱莉, 等. 肺小腺癌原位腺癌半定量量化分级和病灶中磨玻璃密度含量的相关性研究[J]. 医学影像学杂志, 2013, 23(12):1920-1923.
 - [24] 景瑞, 赵绍宏, 蔡祖龙, 等. 纯磨玻璃密度浸润性肺腺癌的 CT 表现[J]. 中国介入影像与治疗学, 2014, 11(6):353-356.
 - [25] 金鑫, 赵绍宏, 高洁, 等. 纯磨玻璃密度肺腺癌病理分类及影像表现特点分析[J]. 中华放射学杂志, 2014, 48(4): 283-287.
 - [26] 范丽, 刘士远, 李清楚, 等. 肺部局灶性磨玻璃密度结节的 MSCT 征象分析[J]. 临床放射学杂志, 2010, 29(6):760-764.
 - [27] 彭德昌, 龚洪翰, 余克涵, 等. 肺部局灶性磨玻璃密度结节 MSCT 诊断[J]. 实用放射学杂志, 2012, 28(1):29-32.
 - [28] 蒙秋华, 陈桥香, 曾庆思, 等. 局灶性磨玻璃密度小结节肺泡癌的 MSCT 评价[J]. 影像诊断与介入放射学, 2011, 20(2):122-124.
 - [29] Lee SM, Park CM, Goo JM, et al. Invasive pulmonary adenocarcinomas versus preinvasive lesions appearing as ground-glass nodules: differentiation by using CT features[J]. Radiology, 2013, 268(1):265-273.
 - [30] Tamura M, Shimizu Y, Yamamoto T, et al. Predictive value of one-dimensional mean computed tomography value of ground-glass opacity on high-resolution images for the possibility of future change[J]. J Thorac Oncol, 2014, 9(4): 469-472.
 - [31] Chang B, Hwang JH, Choi YH, et al. Natural history of pure ground-glass opacity lung nodules detected by low-dose CT scan[J]. Chest, 2013, 143(1):172-178.
 - [32] Eguchi T, Kondo R, Kawakami S, et al. Computed tomography attenuation predicts the growth of pure ground-glass nodules[J]. Lung Cancer, 2014, 84(3):242-247.
 - [33] Eguchi T, Yoshizawa A, Kawakami S, et al. Tumor size and computed tomography attenuation of pulmonary pure ground-glass nodules are useful for predicting pathological invasiveness[J]. PLoS One, 2014, 9(5):e97867.
 - [34] Gao F, Li M, Ge X, et al. Multi-detector spiral CT study of the relationships between pulmonary ground-glass nodules and blood vessels[J]. Eur Radiol, 2013, 23(12):3271-3277.
 - [35] 关志伟, 姚树林, 田嘉禾, 等. PET 诊断肺部肿瘤的 SUV 值与灵敏度分析[J]. 中国临床医学影像杂志, 2003, 14(3): 169-172.
 - [36] 徐岩, 贺文, 李剑颖. 辐射剂量和成像系统对测量肺磨玻璃密度结节 CT 体积准确性的影响[J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(12):2385-2388.
 - [37] 徐岩, 贺文, 陈卉, 等. 迭代重建技术对低剂量 CT 图像质量和肺磨玻璃密度结节体积测量准确性的影响[J]. 中华放射学杂志, 2013, 47(10):926-931.
 - [38] 鄂林宁, 杨州, 李健丁, 等. 评价 64 层螺旋 CT 测量肺内磨玻璃密度结节体积的一致性[J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(2):428-429.
 - [39] Manos D, Seely JM, Taylor J, et al. The Lung Reporting and Data System (LU-RADS): a proposal for computed tomography screening[J]. Can Assoc Radiol J, 2014, 65(2): 121-134.

(收稿日期: 2014-09-19)

(本文编辑: 张琳琳)