



RSNA2008 聚焦(四)

第八部分 心脏 CT 和 MRI

杨岷, 夏黎明

今年 RSNA 年会上心脏方面的论文数量有所减少,主要是 MRI 方面的研究进展不多,相关文献较少。本文按疾病分类,进行简要介绍。

冠状动脉病变的 CT 和 MRI

1. 冠状动脉狭窄的 CT 诊断

Kerl 等通过与 DSA 的对比研究,探讨 64 层 CT 冠脉成像对非选择病例(105 例)冠脉显著狭窄的诊断准确性,包括按血管节段、血管支或按患者分析。按节段分析,92.6%的节段可清晰显示,7.8%的节段不满意,原因包括错位、运动伪影或小血管。按节段、血管支和患者分析,与 DSA 诊断结果的相关系数分别为 0.67、0.84 和 0.89。对血管狭窄 $>70\%$ 的诊断准确性高于血管狭窄 $>50\%$ 。另外一项研究也有相似的结论,尽管按患者或血管支评价时准确性较高,但按节段分析时由于敏感度(73.4%)有限仍有不少误诊,同时观察到由于空间分辨力的限制,根据斑块的密度来判断血管狭窄的准确性很低。Jeong 等的大样本(579 例)研究结果显示,CTA 诊断左冠脉主干狭窄($>50\%$)的敏感度仅 65%,低于以往的报道,主要因 CT 对冠脉分叉处的病变易造成误诊或漏诊。

前瞻性心电门控横轴面(PGA)CT 扫描是冠脉成像的一种新方法,已有研究发现与回顾性心电门控螺旋(RGH)CTA 比较,PGA 技术提高了图像质量,显著降低了有效放射剂量。Earls 等对影响 PGA 图像质量的相关因素进行了探讨。结果显示,PGA 扫描的平均有效放射剂量为 2.85 mSv,96.3%冠脉节段图像质量满足诊断要求。影响图像质量的主要因素为心率 >65 次/分、钙化评分 >1200 、预注射或扫描时心率波动 >8 bpm,而与患者的年龄、性别、主要症状、体重和体质指数均无显著相关性。Paul 等对 64 层 CT 冠脉成像时最佳重建时相(SPR)的选择进行研究,结果显示在心率较低时使用单一 SPR 获得优质图像的可能性高,在心率 <55 bpm 时 84%的患者可选择单一 SPR;随着心率的增加,SPR 从舒张期向收缩期转移。这一研究的意义在于在采用前瞻性心电门控时需要降低患者的心率,理想的是降到 55 bpm 或以下。Ko 等对 PGA 和 PGH CTA 的成像质量和放射剂量进行了前瞻性和回顾性对比研究,并探讨获得优质 PGA 图像时心率及其波动范围的界值。结果显示,PGA 明显降低了放射剂量(64%),但其诊断效果还是略

低于 RGH,特别是在心率未得到有效控制时(界值为 58 bpm)。

2. 斑块的 CT 和 MRI

Brodoefel 等对急性冠脉综合征(ACS)患者致病斑块的特征进行了 CTA 和血管内超声(IVUS)的对比研究。CT 能显示所有的致病斑块,IVUS 显示有血栓形成的斑块其 CT 值低于纤维化斑块而高于软斑块;致病斑块多具有表面散在点状钙化和血管重建的特点;CT 有助于鉴别斑块破裂和稳定的非钙化斑块。另外一项研究采用双源 CT(DSCT)和基于 CT 值的彩色编码技术对冠脉斑块进行分类和定量研究,结果显示基于 CT 值分析的 DSCT 技术可准确定量评价冠脉非钙化斑块,可重复性高,但对斑块构成(脂肪、纤维化和钙化的百分比)的评价与 IVUS 一致性低。Bauer 等的研究结果显示,非钙化斑块负荷(BS)作为冠脉斑块活动性的指标,与压力和静息 SPECT 心肌灌注成像(MPI)时心肌缺血的相关性好,优于钙化评分(CS)及冠脉狭窄程度。但还需要前瞻性研究其对 CAD 风险分级和治疗的作用,从而从形态和功能 2 方面来诊断 CAD。Ascareni 等的研究结果显示,斑块的构成尤其是其内高密度灶(钙化等)对 CTA 的诊断准确性有显著影响,而 CTA 对软斑块的诊断准确性与冠脉直径和图像质量无明显相关性。在冠脉 CTA 图像上冠脉壁轻度钙化有时类似于溃疡型斑块的表现,Carbone 等对此进行了研究,结果显示 CTA 前先行钙化评分检查有利于鉴别 2 种病变,从而提高 CT 对斑块的诊断准确性。Mollet 等研究发现,在冠脉斑块的定量研究中采用窗宽 740 HU、窗位 220 HU 时诊断准确性最高,能较好地显示管腔和管壁病变。

Nasir 等回顾性分析了 1043 例无心血管疾病的年轻患者 $[(49\pm 10)$ 岁]的冠脉 CTA 资料,旨在阐明隐匿性冠脉粥样硬化的自然进程。结果显示冠脉斑块的发生率为 21%,大部分(53%)患者为单血管节段内斑块形成,其中最常见于左前降支(71%)、尤其是其远端(70%),其次为右冠脉主干(13%)、左冠脉主干(10%)和左回旋支(5%)。以往的离体和侵袭性研究方法已证实冠脉局部血流动力学在斑块形成的病理过程中有重要作用,Suranvi 等采用 64 层 CTA 对冠脉斑块的空间分布和构成及其与血管内血流动力学的关系进行在体(382 个斑块)研究,结果显示 80%的斑块为偏心性,最易沉积在有湍流(血管分叉处)或血流剪应力低(在心肌内走行)的冠脉节段,尤其是非

钙化斑块。Nakaura 等的研究结果显示,左冠脉前降支(LAD)中段心肌桥是 LAD 近段斑块形成的重要因素。

3. 钙化评分

冠脉钙化评分(CS)正常(特别是 CS 为 0)时对排除冠脉粥样硬化的准确性一直存在争议,有学者对这类患者的临床预测指标进行分析,结果显示 CS 为 0 可导致对患者斑块负荷的低估,性别和吸烟情况可预测软斑块的存在,而其它临床因子无显著预测价值。Cindery 等对临床高度怀疑 CAD 而 CS 为 0 时其临床意义进行研究,结果显示尽管 CS 为 0 时对冠脉显著狭窄($>50\%$)的阴性预测值很高(93%),但如果患者的 CAD 风险很高,仍不能排除阻塞性 CAD。另外一位研究者则认为,老年患者 CS 低(0~10 分)时其发生冠脉事件的风险很低(NPV 为 99%),即使存在多个风险因素,随访 6.6 年均未发现 CHD 相关病变。Barreto 等采用离体研究,证实了双能 CT 技术可准确区分冠脉内钙化和对比剂,因此采用双能 CT 一次扫描即可完成钙化评分和 CAD 病变的评价。

4. 急诊室胸痛患者的影像诊断

在急诊室工作中,对具有中低度 ACS 风险的急性胸痛患者(ACP)的治疗方案的制定一直是一项难题。采用 MSCT 冠脉成像快速无创的诊断冠脉病变有助于早期确定急诊治疗方案,但 CT 表现与临床预后的关系尚有待研究。Hoffmann 等对 368 例 ACP 患者的大样本研究结果显示,CT 检查显示约 50% 的患者无 CAD,而且这些患者经住院或 6 个月随访均排除了 ACS(阴性预测值达 100%),说明对这类患者,冠脉 CTA 能可靠地进行筛查,而不需要再进行其它检查或住院治疗;另一方面,CTA 显示的冠脉粥样硬化和狭窄($>50\%$)的程度分别与 ACS 具有相关性。Vogel-Claussen 等对 ACP 采用全面 MRI 检查(包括 SSFP 电影成像、TSE-T₂WI、腺苷负荷和静息状态高分辨力 SSFP 序列灌注成像和延迟期增强扫描)以确定急性胸痛的病因,通过与作为金标准的核医学成像结果进行对照,探讨 MRI 的诊断准确性。结果显示,SPECT 和 MRI 对诊断可逆性心肌缺血具有中度一致性(89%),包括负荷灌注成像的全面 MRI 检查对急性胸痛患者的病因诊断优于核医学检查。Halpern 等的大样本(201 例)研究结果显示,64 层 CT 冠脉成像三联排除诊断法(冠状动脉病变、肺栓塞、主动脉夹层及其它胸部异常)可以安全、快速的对急诊室具有中低度风险的 ACS 患者作出判断,大部分(78%)患者无需行其它检查,30 天随访期间均无不良预后。

5. 支架和移植物的 CT 和 MRI

Papini 等对 64 层 CT 评价冠脉支架的准确性进行研究,结果显示 90% 的患者图像质量可用于诊断,但金属伪影使支架腔内密度增加,特别是对直径 <3 mm 的支架,可导致过度诊断内膜增生。所以目前 64 层 CT 上支架等金属结构产生的伪影还是一个问题,但对支架通畅性的诊断特异性很高(97%)。冠状动脉支架断裂是导致支架内再狭窄的重要原因之一,但还没有一种方法能清晰显示在体支架内结构。Ehara 等对 272 例患者(442 个支架)行 64 层 CT 检查,结果显示支架断裂的发生率约 8%,最易发生于右冠脉(尤其是开口处),表现为断裂为多支、

使局部动脉弯曲,从而导致支架内再狭窄。MSCT 能为诊断支架断裂提供必要的准确信息。Kong 等对 DSCT 对冠脉支架内再狭窄的诊断准确性进行了研究,以 DSA 作为金标准,DSCT 诊断支架内再狭窄的敏感度和特异度很高(分别为 85.4% 和 95.7%),可作为评价支架通畅性的随访检查方法。Boll 等通过制模(模拟人体心脏搏动)及优化图像采集和后处理技术,探讨双能 CT 对支架内结构的显示价值。支架内对比噪声比(CNR)和对支架网孔的显示(K)是相互影响的指标并受支架支架的影响。小支架(2~3 mm)采用低电压(80 kV)、横轴面扫描及增强算法时 CNR/K 显著提高;而大支架(4~5 cm)采用高电压(120 kV)、纵向扫描及增强算法时 CNR/K 显著提高。

Suranyi 等对 108 例行冠脉旁路移植术(CABG)的患者行心电图门控 CTA 检查,结果显示在 CABG 术后早期(3 个月内)CTA 发现有移植失败(移植血管闭塞、狭窄、斑块形成或有外科并发症)的无症状患者,需行再次经导管治疗或发生严重心脏病事件(MACE)的可能性显著增高,因此 CTA 可用于诊断 MACE 高危患者。

瓣膜和心房病变的 CT 和 MRI

1. 瓣膜解剖和功能的 CT 和 MRI

胸部 CTA 检查时显示右室与左室直径的比值($D_{RV/LV}$)升高是提示急性肺栓塞患者右室功能异常和预测致死性的指标之一,而采用 RGH CTA 测量 RV 和 LV 容积的比值($V_{RV/LV}$)准确性更高,但心电图门控 CTA 检查因放射剂量高而限制了其临床应用。Henzler 等对 100 例拟诊为 PE 患者的研究结果显示,非心电图门控 CTA 心腔容积测量可诊断 PE 患者右室功能异常, $V_{RV/LV}$ 对鉴别中心型 PE 与外周型和非 PE 的敏感度要高于 $D_{RV/LV}$ 。

Lembcke 等对比分析了 64 层 CT、经食道超声(TEE)和经胸超声(TTE)测量主动脉瓣面积(AVA)的准确性,以心导管检查(CATH)结果作为金标准。MSCT 对 AVA 的测量值高于 TTE 和 CATH,但 3 种方法间测量结果的一致性高,提示 AVA 面积测量 MSCT 优于 TEE,对 TTE 检查不能明确诊断的患者应考虑行 MSCT 检查。

Feuchtnner 等对 37 例临床疑为感染性心内膜炎(IE)的患者行 64 层 CT(单源和双源)检查,并与经食道超声(TEE)和手术结果进行对照,结果显示 CT 对瓣膜赘生物和瓣周脓肿/假性动脉瘤的敏感度、特异度分别为 96%、97% 和 100%、100%,与 TEE 的诊断准确性无明显差异,但对瓣周脓肿/假性动脉瘤能提供较 TEE 更准确的解剖学信息,同时 CT 还能显示冠状动脉病变,对 IE 患者的术前检查有重要意义。

2. 瓣膜和左心耳病变

左室流出道(LVOT)和主动脉瓣区(AVA)的定量分析和测量对主动脉瓣狭窄患者的临床治疗和手术方案的制定有重要价值。Halpern 等通过与 TTE 进行对比分析,探讨 MSCT 面积测量法对 LVOT 和 AVA 的测量准确性,结果显示,TTE 测量的 AVA 值显著低于 CT 面积测量法。导致这种差异的原因是 TTE 获得的 LVOT 面积是假设 LVOT 是标准圆形,通过测

量 LVOT 直径后推算出来的,而 CT 是直接对 LVOT 进行的面积测量。张等通过与 TTE 和 MRI 的对比研究,探讨 64 层 CT 评价单纯风湿性二尖瓣狭窄(PRMS)患者右室收缩功能和左室舒张功能及定量分析瓣膜狭窄程度的临床价值。测量指标包括右室收缩末期容积(RV-ESV)、中风容积(RV-SV)、射血分数(RV-EF)、心输出量(RV-CO)和室壁质量(wall mass,RVM)及左心室舒张末期容积(LV-EDV)、二尖瓣最大面积(MVA)和二尖瓣最大瓣环面积(MVAA)。对 43 例 PRMS 患者的研究结果显示,重度 PRMS 患者的 RV-SV、RV-EF、RV-CO、RV-M、LV-EDV、MVA 和 MVAA 显著低于,RV-ESV 显著高于轻度和中度 PRMS 患者,RV-ESV、RV-SV、RV-EF、RV-CO、RV-M 和 LV-EDV 与 MVA 具有显著相关性(r 均大于 0.87, $P < 0.001$)。3 种检查方法间一致性好,提示 64 层 CT 能准确、无创地定量分析和评价 PRMS 患者的心室功能及病变的严重程度。

超声心动图可评价瓣膜峰值流速(PV)等指标,但由于伪影对显示机械性瓣膜有局限性。LaBounty 等的研究结果显示,MSCT 能评价所有患者机械性瓣膜的瓣环直径(AD)和开放角度(OA),观察者间的一致性很高。与厂家提供的瓣膜数据比较,CT 测量的 AD 相似,OA 略偏小;PV 高(超声测量)的患者 OA 低于 PV 正常的患者。他们认为通过测量瓣膜直径和开放角度,CT 可用于评价瓣膜功能异常和患者-机械瓣膜不匹配。超声检查时主动脉瓣钙化(AVC)可用于预测主动脉狭窄(AS)患者不良事件发生率,但 CT 检查时 AVC 的临床意义尚未得到证实。LaBounty 等的另外一项研究结果显示,CT 显示的显著钙化(所有瓣叶有致密钙化)提示 AS 患者免于发生心脏病相关严重事件的可能性低,且是独立于 AS 严重程度的预测因子。因此在回顾性心电图门控心脏或胸部检查时应常规报告主动脉瓣钙化情况。Sundaram 等对比分析了 TTE 和 CT 对主动脉瓣(AV)的形态学特点的显示情况,结果显示动态 CT 评价 AV 是可行的,而且能准确地显示瓣膜的形态学特点。CT 对 AV 钙化、运动功能和厚度的分级评价与 TTE 有中度~极好的一致性。

胸部 CT 扫描动脉期图像上常可见到左心耳(LAA)充盈缺损,鉴别其究竟是真性血栓还是假栓子(如由于左心耳内对比剂和血液混合不均形成分层)有重要的临床意义。Akers 等回顾性分析了 1147 例患者的非门控胸部 CTA 资料,结果显示 LAA 充盈缺损的发生率约为 1%,在充盈缺损与强化的心腔间存在一个短的移行带,假性血栓 CT 强化率(血栓的 CT 强化值与心腔强化值的比值)明显低于真性血栓(分别为 0.097 ± 0.038 和 0.215 ± 0.005 , $P < 0.0001$),以 0.17~0.20 作为阈值,在非心电图门控胸部 CTA 图像上很好地鉴别真性和假性血栓。Yang 等通过与实时三维超声心动图(RT3DE)及 MRI 进行对比研究,探讨 64 层 CT 对二尖瓣返流患者右心室大小和功能的诊断价值。结果显示,3 种检查方法测量的右室容积(EDV 和 ESV)、射血分数(EF)和右室与左室心腔直径的比值(RV/LV)均无统计学差异,3 者一致性好($r > 0.92$);其中尤以 64 层 CT 测量的 RV/LV 与二尖瓣返流程度的相关性最好。Hur 等对 55 例脑卒中患者进行了 64 层双期 CTA 和经胸超声(TTE)检

查,结果显示 CT 是一种无创性、敏感度高的诊断左心耳血栓的检查方法,而且可准确鉴别栓子和自发性回声异常。

先天性变异或病变的 CT 和 MRI

Feuchtner 等对 200 例患者行 64 层 CT 冠脉成像,冠脉狭窄 $> 50\%$ 的患者被剔除。在 MRR 图像上分析冠脉前降支(LAD)心肌桥的长度、深度及收缩和舒张期管腔狭窄情况,将 CT 表现与心电图运动负荷实验(V5~V7 导联上 ST 段降低 > 0.1 mV 作为左室前壁心肌缺血的诊断标准)及临床表现(无症状、不典型及典型心绞痛)进行对比分析。结果显示,心肌桥的人群发现率为 26% (50/200),在无冠脉狭窄的患者中,LAD 心肌桥与心电图运动负荷实验阳性结果间具有显著相关性,但有典型心绞痛症状的很少。壁内段 LAD 显示有轻度~中度狭窄,以收缩期时更显著,但在负荷状态时可有显著狭窄。Hur 等提出了心肌桥(MB)的新 CT 诊断标准,根据血管被包绕程度将心肌桥分为 4 级:1 级为 $< 180^\circ$,2 级为 $> 180^\circ$,3 级为完全被包绕,4 级为其上覆盖心肌层(厚度 > 7 mm)。300 例患者中 DSA 显示有挤牛奶征象的 40 例患者中 97.5% 为 3、4 级 MB。另外,心肌桥的长度和位置也与挤牛奶征象有相关性。他们认为这个新的 MB 分级诊断标准将提高对 CAD 患者的诊断效能。

Hur 等发现,从左心房到右心房及下腔静脉的对比剂喷射流是卵圆孔未闭的特异性征象,如果在脑卒中患者常规 CTA 检查时出现此征象,可高度提示 PFO 而无需行有创性 TEE 检查。Liu 等对 20 例法洛氏四联征患者的 MDCT、DSA 和 TTE 结果与手术结果进行对比分析,显示 MDCT 诊断准确性高,在诊断肺动脉异常、冠状动脉异常和体肺侧支动脉方面均优于超声,它能为法洛氏四联征患者手术方案的制定提供更多有价值的信息。Hur 等发现,从左心房到右心房及下腔静脉的对比剂喷射流是卵圆孔未闭的特异性征象,如果在脑卒中患者常规 CTA 检查时出现此征象,可高度提示 PFO 而无需行有创性 TEE 检查。Sung 等采用 64 层 CT 对成人大动脉完全转位术后(Mustard 术,一种心房转位手术)冠状动脉的解剖特点进行了研究,29 例患者均为右侧供血优势型。左右冠脉主干起源正常 16 例(55%),左回旋支自右冠发出 7 例(24%);这 23 例中 22 例圆锥支和/或右室支起源于左循环;2 例为单一冠脉自右窦发出,但其中 1 例有 1 支单独的右室支自左窦发出;有 2 例冠脉起源是反向的,且其第一室间隔支起自右循环而右室支起自左循环。1 例患者为部分起源异常,其左前降支起自左窦。最后 1 例表现为左冠脉主干起自右窦,在主动脉与肺动脉间的心肌内走行。了解大动脉完全转位患者冠状动脉的解剖特点对手术方案的制定和患者的预后具有重要意义。

心肌病的 CT 和 MRI

心脏钠离子通道编码基因(SCN5A)异常与遗传性心律失常综合征(CAS)如 Brugada 综合征和进展性心脏传导性病变有一定相关性,是导致年轻人心源性猝死的重要原因之一。临床观察发现这些疾病常累及右心室,组织病理学检查显示右室结

构异常,包括增生、纤维脂质化和纤维化改变。MRI 对检出这些病变及功能异常(右室收缩功能减退、障碍和右室扩张)的临床价值还有待研究。Spijkerboer 等研究发现 SCN5A 异常基因携带者发生右室结构和功能异常的可能性显著增加,高场(3T) MRI 可准确显示这些改变,从而指导临床对与钠离子通道异常所致 CAS 患者进行基因普查。

虽然心脏并发症是结节病的重要预后因子,但心脏结节病(CS)却很难诊断。Watanabe 等对 MRI 对 CS 的诊断价值进行了研究,14 例经组织学或临床证实的 CS 患者中 13 例表现为边界清楚的条带状延迟强化(LGE),1 例表现为斑片状 LGE,条带状 LGE 符合活检病理所见;LGE 最常见于间隔壁基底部尤其是右室侧,心外膜下是最易累及的部位;6 例患者为透壁性 LGE,其左室射血分数显著低于非透壁性患者。一部分急性心肌炎(AM)患者的临床表现与急性心肌梗死(AMI)相似,Danti 等对 MRI 在两者鉴别诊断方面的价值进行了探讨,结果显示所有 AM 患者均表现为心外膜下和肌层的延迟强化(LE),无 1 例为内膜下 LE(AMI 的典型表现);而且,与其它心肌病变不同的是,AM 最常累及左室后壁。MRI 在这 2 种病变的鉴别诊断方面有重要价值。心肌炎和 CS 是导致非缺血性心衰的 2 个主要病因,其病理特点是显微镜下显示有心肌内细胞浸润。Tokita 等对其 MRI 表现与病理活检进行对照研究,36 例患者中 6 例病理显示心肌内有局灶性重度细胞浸润,均在 T_2 WI 上显示,表现为左心室透壁高信号灶。其中 5 例还显示有心肌延迟强化,但 2 者的机制并不一样, T_2 WI 所示病灶为细胞浸润病灶内水肿,而 DE 所示病灶为心肌细胞破坏或纤维化。

Anderson-Fabry 病(AFD)是一种罕见的 X 染色体连锁的鞘糖脂代谢异常疾病,最严重时导致心脏并发症,表现为对称性肥厚,与对称性肥厚型心肌病很难鉴别(sHCM)。Esposito 等对 MRI 延迟扫描在两者的鉴别诊断中的价值进行了研究,对比分析 PFD 和 sHCM 心肌延迟强化的位置和分布等方面的差异,试图找到简单的 MRI 征象来准确鉴别这 2 种病变。结果显示 AFD 导致的 LV 肥厚主要表现为 LV 侧壁的基底部、其次是中部心肌延迟强化,与 sHCM 导致的心肌 DE 的位置和分布(主要位于 LV 后壁的中部)明显不同,从而有助于 2 种病变的鉴别。Hosch 等的研究结果显示,心脏淀粉样变患者,由于淀粉样物质沉积于小血管壁,导致心肌细胞缺血,继发间质纤维化,在 MRI 上表现为心肌壁的延迟强化(主要在内膜下,其次为肌层),这种表现与淀粉样物质的沉积部位无明显相关性。

临床研究和应用

1. 人群和多中心研究

钙化评分(CS)为 0 的患者近期发生冠脉不良事件的风险很低,但并不是不会发生冠脉粥样硬化。Earls 等采用冠脉 CTA 对人群中 CS 为 0 的患者 CAD 的发生率进行了研究,结果显示 580 例此类患者中 14.6% 的患者存在冠脉粥样硬化,其中 8% 的患者有显著冠脉狭窄(均相对年轻)需进行进一步的检查和治疗。另外一项研究(452 例)结果显示,冠脉 CTA 对非典型胸痛患者发生严重心脏病事件(MACE)的阴性预测值达

100%,而冠脉狭窄 $>50\%$ 是患者发生 MACE 的风险预测因子,患者钙化评分和斑块类型与 MACE 的发生率无相关性。Kang 等与心电图运动实验(TMT)和 DSA 进行对照,探讨 64 层 CTA 对中度 CAD 风险患者的诊断价值,结果显示 TMT 的假阳性和阴性结果较多,而 CT 可用于需要行 DSA 甚至是 TMT 结果为阳性的患者。意大利 20 家医院的研究结果显示,随着患者 CAD 风险及钙化评分的增加,CTA 诊断 CAD 的阴性预测值降低,其与体质指数间则无此相关性。Palumbo 等对 722 例拟诊或确诊为 CAD 患者的病例资料进行分析,探讨 MSCT 冠脉成像(CTCA)、冠脉钙化评分(CACS)和 Morise 临床评分的预后价值。多变量分析结果显示糖尿病、阻塞性 CAD 和广泛钙化(>1000)是 MACE 的主要风险预测因子。CTCA 正常的预后价值最好(阴性预测值达 100%);而 CACS <100 和低度~中度 Morise 评分并不能排除 MACE。

Palumbo 等对冠脉 CTA 对拟诊或确诊为 CAD 的糖尿病(Ⅱ型)人群和普通人群的预后价值进行了对比分析,结果显示糖尿病人群总的和严重心脏病事件发生率(CER)均显著高于普通人群。多变量分析显示独立的预测因子包括吸烟、糖尿病、冠脉非阻塞性病变受累血管支和冠脉狭窄($>50\%$),以冠脉狭窄的预测价值最大。Gaspar 等对无 CAD 病史的Ⅱ型糖尿病患者(426 例)进行 CTA 检查,观察斑块的发生率及其与临床的相关性,结果显示这一特殊人群中大部分男性及 >55 岁的女性患者均存在冠脉斑块,而且约 2/3 的男性及 1/2 的女性患者均为多支血管受累。标准风险因素(年龄、性别、吸烟和高密度脂蛋白水平低)、冠脉钙化评分及 DM 的病程均为预测 CAD 程度的独立预测因子,尤其是冠脉 CTA 和钙化评分对无症状Ⅱ型糖尿病患者临床治疗方案的制定有重要作用。另外一项研究探讨 MSCT 对有症状运动员的诊断价值,结果显示 MSCT 在有症状运动员的职业生涯的评价有重要作用,能可靠地检出或排除引起心源性死亡的主要病因。

有学者对全身 CT 血管成像(WBCTA)在准确定量评价患者的斑块负荷和风险分级中的价值进行了探讨。一次注射对比剂完成全身血管成像,采用节段分析法(15 个冠脉、32 个冠脉外血管节段)评价血管的狭窄程度(正常~闭塞共 0~4 级),从而计算出每例患者的斑块负荷评分(ABS)。WBCTA 能准确无创地评价冠脉及冠脉外血管病变。2 年的随访结果显示,在高风险人群中 ABS 作为一种对全身血管病变的定量评价方法,与传统的临床心血管风险评分方法(Framingham 风险指数, FRI)间有较好的一致性;而在中低度风险的患者中 ABS 要优于 FRI。

已有越来越多的学者发现胸腔内脂肪是心血管疾病的独立风险预测因子之一,特别在糖尿病和肥胖症人群中,然而它与 CAD 程度的相关性尚未见报道。Bastarrika 等的研究结果显示,冠脉粥样硬化和狭窄性病变的严重程度与心外膜脂肪体积(EFV)和胸腔内脂肪体积有显著相关性,两者可作为 CAD 的辅助诊断指标;而与皮下脂肪体积无相关性。另外一项相似研究结果亦证实,非肥胖症患者心周脂肪是 CAD 的风险因子。心周脂肪体积(PFV)是心血管疾病的风险因子之一。但是即

使是采用半自动阈值测量方法,也需要耗费较多时间手动确定兴趣区范围。Oyama 等对 55 例疑有冠状动脉钙化的患者行心电图门控 CTA 检查,探讨单层测量心周脂肪面积(PFA)能否准确评价心周脂肪负担。结果显示,PFV 和 PFA 与体质指数和腹腔内脂肪面积均有显著相关性。各个解剖标志层面[隆突、主肺动脉、左冠脉主干起始部(LCMA)、右冠脉]PFA 测量值与 PFV 均有显著相关性($r=0.79\sim 0.93, P<0.001$),以 LCMA 层面为最佳。计算 PFV 平均耗时 15 min,而测量单层 PFA 仅需 20 s。

2. 临床应用

采用生物标记物进行心血管病风险分级和疗效检测已受到越来越多的关注。Ruzsics 等对反映动脉粥样硬化病变活动性和心肌重塑的血清生物标记物水平与心脏 CTA 表现的相关性进行了研究。结果显示,7 种生物标记物(TNF α 、IL-6、IL-8、基质金属蛋白酶(MMP)-2、MMP-3、MMP-7 和 MMP-8)中,IL-8 和 MMP-3 水平升高与粥样硬化病变的活动性和冠脉阻塞性病变有显著相关性,IL-6 和 MMP-2 水平与 CTA 测量的心功能指标(提示心肌重塑)间有相关性。因此,CTA 可作为生物标记物普查的联合诊断方法而提高诊断的特异性。Hong 等以 DSA 为金标准,探讨 64 层 CTA 在选择冠脉旁路移植术(CABG)适应证患者中的准确性进行了研究,结果显示 CTA 的诊断敏感度、特异度和符合率分别为 90.6%、92.8% 和 91.9%,因此可作为选择 CABG 适应证患者的普查方法。

Schuetz 对 CT 和 MRI 在诊断冠脉显著狭窄($>50\%$)中的准确性进行了对比研究,结果显示按每例患者来分析,CT 的敏感度和特异度(94.6% 和 79.7%)显著高于 MRI(87.0% 和 68.6%);64 层 CT 显著高于 16 层 CT。另外一项研究对再灌注治疗后 MSCT 延迟增强扫描对急性心肌梗死及无复流程度的评价准确性与 MRI 进行对比研究,结果显示 CT 延迟扫描(包括延迟 5 min 和 10 min)与 MRI 对心梗病灶大小及无复流程度的评价一致性非常高,延迟 5 min 时 MSCT 扫描对无复流区的评价($R=0.86$)及其图像质量(信号噪声比)均优于延迟 10 min 时($R=0.64$)。

对复杂先心病(CHD)患者异常肺静脉引流(APVD)的评价一直是一项难题,通过与 DSA 和手术所见进行对照分析,有作者对 MSCT 的诊断价值进行了探讨。结果显示,MSCT 能全面显示 CHD 患者的 APVD,其诊断准确性优于 DSA,特别是当肺血流减少时,其观察不受影响。对肺动脉闭锁患者,以往采用 DSA 来全面了解肺动脉和各种来源肺供血动脉。临床上迫切需要一种无创性检查方法能减少风险和医疗费用。超声心动图由于声窗的限制而对这类患者的诊断价值有限。研究显示 MSCT 在诊断肺动脉发育不良、狭窄和/或无肺动脉分支等方面均优于 DSA;MSCT 能显示所有的主肺动脉交通支和动脉导管未闭。因此认为 MSCT 能快速、准确、无创的诊断肺动脉闭锁患者所有的肺供血动脉,可部分取代 DSA。Boonyasirinant 等发现,在拟行冠脉旁路移植术(CABG)的缺血性心肌病患者中,冠脉窦 MSCT 成像显示右室功能不良者其冠状静脉窦分支中后侧壁支和左边缘支的出现率低,尤其在有心梗的患者中,

这也限制了移植物植入的最佳路径,提示这类人群对心脏再同步治疗的反应差。

Gayed 等研究认为,老年患者如果 CTA 检查时发现有多发冠脉钙化斑块,高度提示其可能存在功能性显著 CAD 导致的异常心肌灌注,应进行进一步的检查。Belgrano 的研究关注到 MSCT 冠脉成像的费用较传统的 DSA 明显降低,而成本效益明显提高。

动物实验

Furtado 等对 5 只猪的左冠状动脉前降支(LAD)进行闭塞和再灌注(各 2 h),然后行心电图门控和非心电图门控首过灌注成像(扫描时间 60 s,扫描范围 4 cm)及延迟扫描(注射对比剂后每 2 min 扫描 1 次,持续 12 min),结果显示与正常心肌比较,梗死心肌在首过灌注成像时表现为最大上升斜率低,而有显著的延迟强化,表现为周边呈显著环状强化、中心为弱强化区,提示有微血管阻塞。初步认为 MSCT 能在微血管和细胞水平反映梗死心肌再灌注后形态和功能的改变,但需在降低放射剂量和提高扫描范围后才能应用于临床。临床采用的电生理(EP)介入治疗放射剂量大,三尖瓣与下腔静脉间峡部(CTI)射频融术是临床上治疗心房扑动的标准 EP 方法。Koops 等对介入 MRI 下这项技术的可行性和有效性进行了研究。对 18 只猪采用一种 MR 兼容的 EP 导管(Biotronik, Berlin, Germany)进行股动脉插管,导管的末端安装了线圈产生高信号,采用一个低通过滤波器使连接的射频发生器对磁场均匀性产生的干扰降至最小。采用实时交互 SSFP 序列检测导管头的位置至三尖瓣环,对 CTI 区线形排列的 8 个点进行射频治疗,采用 MRI 黑血反转序列观察病灶区并与尸检结果进行对比分析。结果显示在整个操作过程中所有的导管均能清晰显示,甚至在射频治疗时 MRI 图像上也无明显伪影,仅有 2 个射频病灶不在目标靶区。18 只动物中 4 只在射频治疗期间转为了室性纤颤,其他的 14 只治疗成功,均经 EP 检查证实,4 只亦在 MRI 上观察到。因此认为目前的技术水平已能在介入 MRI 机上开展这项治疗。Othman 等采用血流动力学、生化指标和基因排列检查及 Mn 增强 MRI 等,利用肌酸激酶(CK)缺陷转基因小鼠探讨正常及肥大心肌的 CK 与心肌钙调控能力间的关系。24 只 CK 缺陷转基因小鼠和野生 C57 小鼠(对照组)均行 Mn 注射前、注射后及加用多巴酚丁胺(Db)注射后 MRI 扫描,测量室间隔及左室游离壁(LW)时间-信号强度曲线。采用微探头压力-容积导管(Millar Instruments, Houston, TX)测量血流动力学指标。结果显示,对照组在 Mn 注射后心肌信号增加 15%~20%,而在注射 Db 后信号增加 20%~35%,而且室壁厚度增加达 30%;而 CK 缺乏或心肌肥厚小鼠无明显变化。这些表现也与血流动力学检查结果一致,注射 Db 后仅对照组小鼠心肌收缩能力显著提高。Db 注射后信号变化与钙离子的摄取相关。这种关系可以应用于深入了解肥厚心肌的能量代谢的改变。CK 缺乏小鼠与心肌肥厚小鼠的这种相似的反应,提示由于 CK 的缺乏心肌细胞对钙离子调控能力的适应性改变。Mn 增强 MRI 可作为无创性评价心肌细胞对钙离子的敏感性及其心肌功能的重要检查方法。

Jacquier 等通过与荧光微球法进行对比研究,探讨动脉自旋标记(ASL)梯度回波 MRI 对异氟醚麻醉小鼠心肌血流情况评价的准确性。采用 Bruker Biospec 4.7T horizontal MRI 机, ECG 及呼吸门控翻转恢复梯度回波技术(TE 1.52 ms, 分辨率 $234\ \mu\text{m} \times 468\ \mu\text{m}$, 层厚 3 mm, 扫描时间 25 min)。结果显示, ASL 梯度回波 MRI 能无创性准确评价心肌灌注情况且图像空间分辨率高, 可作为定量研究心肌血流情况的金标准。Korkusuz 等通过对小鼠免疫注射猪心肌凝蛋白(第 1 和 7 天)制作自身免疫性心肌炎(EAM)模型, 在接种后第 21 天与对照组小鼠一起行心电图 MRI 扫描, 然后进行组织病理学检查。结果显示, 10 只小鼠有 8 只制模成功, 仅实验组小鼠心肌有延迟强化(LE), 而且与组织学检查所示 EAM 病变范围一致, 典型表现为左室前壁和后壁中层至外膜下延迟强化。心率对 LE 信号强度有一定影响。Dicks 等对 MR 引导下经导管心内膜下注射 VEGF 质粒(TED-PV)治疗左室(LV)心肌梗死的疗效进行评价。采用 MRI(电影、标记及延迟增强)、组织化学和组织病理染色法来评价左室壁形态和功能。结果显示, MR 引导下 TED-PV 治疗心肌梗死的疗效是肯定的, 治疗 50 天时实验组动物 LV 射血分数增加、梗死灶吸收、辐射状室壁增厚。值得指出的是, 这项实验有重要临床意义, 显示了 MRI 可准确评价心内膜下基因注射治疗后心肌 3 维应变性, MRI 引导下 VEGF 基因治疗较手术治疗的创伤性显著减小, 使患者不需要住院治疗、术后恢复快, 也降低了医疗费用。

CT 和 MRI 技术及进展

今年影像技术方面的进展主要集中在 CT 成像领域, 64 层以上 CT 及双源 CT 的临床应用都有相关专题报道, 而 MRI 的技术进展不多, 相关文献很少。

1. 64 层以上 CT

随着 320 层动态容积 CT 的临床应用, 使在不到 1 次心跳的时间内(0.35 s, 球管仅旋转一周)即可完成全心动态扫描, 如此快速的扫描时间, 使对比剂的注射时机及其与图像质量的关系比 64 层 CT 显得更为重要。DeFrance 等对此进行了研究, 80 ml 对比剂和 40 ml 生理盐水, 注射流率 6 ml/s, 采用自动团注触发技术(阈值为 200 HU)确定扫描延迟时间。结果显示 320 层 CTA 图像质量稳定, 所有冠脉节段强化效果满意, 且放射剂量低。Paul 等亦对 320 层 CT 冠脉成像质量及放射剂量的降低进行了研究, 结果显示与回顾性心电图门控 64 层 CTA 比较, 320 层 CT(前瞻性心电图门控)降低了约 70% 的放射剂量且不影响图像质量; 如果不进行钙化评分(约占总放射剂量的 50%), 则至少将降低约 80% 的放射剂量。另外一项研究对 320 层 CTA 图像上正常和狭窄冠脉腔内强化梯度(COG)进行研究, COG 定义为近段和远段血管腔内 CT 值的差值, 对正常血管为冠脉开口处与直径为 3 mm 的远端血管, 对病变血管支则为最近端病变的近端和远端血管。结果显示, 正常血管 COG 约为 40 HU, 冠脉狭窄 $>20\%$ 时此值显著增加, 提示 COG 可作为评价引起血流动力学异常病变的一个指标。

2. 双源 CT

Ruzsics 等对双能 CT(DECT)静息、负荷和延迟增强扫描对可逆和不可逆性心肌缺血和存活能力的诊断准确性进行了研究, 并与心脏 MRI 和 SPECT 心肌灌注成像(MPI)结果进行对照, 结果显示腺苷负荷和延迟增强扫描是可行的, 在诊断心肌缺血方面与 MRI 的一致性良好, 略优于 SPECT-MPI。另外有几位研究者也有类似的结论, 即双能 CT 是目前唯一的能全面评价缺血性心脏病(包括冠脉狭窄和心肌缺血等)的影像检查方法。Schlosser 等的研究结果显示, 双源 CT 对主动脉瓣区(AVA)及左室功能(射血分数、收缩末期容积、舒张末期容积、中风指数、心输出量和左室心肌质量)的定量测量结果与 MRI 高度一致。但需要指出, 如果 CT 检查前使用了 β 受体阻滞剂, 会导致测量的左室射血分数和中风容积显著低于 MRI。

Weustink 等研究结果显示, 不同心率时(未使用 β 受体阻滞剂)DSCT 冠脉成像诊断和排除 CAD 的敏感性均很高, 使其在临床的应用范围更广泛。Toepker 等亦有类似结论, DSCT 能准确定量分析 CAD, 而不受心率和血管直径的影响。以往研究证实 MSCT 能准确评价高级别冠脉狭窄, 但对心率不规则的患者有局限性。Reimann 等对 DSCT 对不稳定窦性心率(包括房颤)患者 CAD 的诊断能力进行了探讨, 结果显示 DSCT 冠脉成像质量受到一定的影响, 表现为较多冠脉节段有阶梯状伪影。Kong 等对心脏早搏(PB)患者的研究结果亦显示, 由于时间分辨率的提高, PB 患者的 DSCT 冠脉成像质量能满足诊断要求, 心率变化率和早搏类型对图像质量有影响, ECG 编辑能显著提高心率变动范围大的患者的图像质量。Nikolaou 等研究结果显示, 房颤患者冠脉 DSCT 图像质量大部分能满足诊断要求, 其中选择收缩期重建的图像质量优于舒张期。Habibi 等采用动物实验对 DSCT 在高心率时的成像质量进行分析, 结果显示心率达到 110 bpm 时冠脉 CTA 图像质量都能满足诊断要求, 因此提示在临床应用中, 当患者心率超过 110 bpm 时应考虑使用 β 受体阻滞剂以提高成像质量。

Bastarrika 等对心周脂肪的测量分析显示, 采用随机容积自动测量软件的测量结果可重复性及与临床相关指标的一致性均高于手工测量法。另外一项研究结果显示, 采用 2%、5% 和 10% R-R 间隔进行重建, 所测量的 LV 功能和体积参数具有良好的 consistency。

Seifarth 等对双源 CT 冠脉成像时采用个性化对比剂注射方案是否较传统注射方法(采用固定注射参数)能提供冠脉和心室内更均匀的强化效果。120 例患者分为 3 组, 分别采用调整法(根据体重、扫描时间和预注射来确定对比剂量、流率和扫描延迟时间)、部分调整法(根据扫描时间来确定对比剂量、注射流率 5 ml/s)和固定扫描参数法(80 ml, 5 ml/s)进行 CTA 检查, 结果显示采用个性化注射方案冠脉远段强化效果更好, 有利于 CAD 的诊断。

3. CT 技术及放射剂量

Pertranovic 等对比分析了 DSCT 和 64 层 CT 冠脉成像质量和放射剂量, 结果显示由于使用了球管电流调节技术(TCM)和低 KV 值, DSCT 显著降低了放射剂量, 而图像质量(SNR 和 CNR)优于 64 层 CT。但其对诊断准确性的影响有无临床意

义,还有待进一步研究。Hlaihel 等对前瞻性(SSC)和回顾性(RG)心电图门控冠脉 CTA 检查对图像质量和放射剂量进行了对比研究,结果显示 SSC-CTA 显著降低了放射剂量(约 70%),而图像质量无明显差异。因此,对心率小于 65 bpm 的患者建议采用 SSC-CTA。Li 等则发现,冠脉 CTA 时采用横轴面扫描比采用螺旋方式的有效放射剂量显著减少(分别为 3.65 和 19.42 mSv)。

冠脉 CTA 时乳腺的受照剂量比乳腺摄影时要大 10~30 倍。新的轴位扫描技术可调整机架角度进行扫描,Halpern 等对冠脉 CTA 检查时通过调整机架角度来避免乳腺受照的可行

性进行了研究,结果显示要完成心脏长轴位扫描需要调整机架角度 $4^{\circ}\sim 41^{\circ}$,通过这种方法完成冠脉采集扫描范围仅为 6.4~10.4 cm,乳腺受照剂量较常规横轴面扫描减少至少 50%。另外一项研究则采用一种支架来固定和调整乳腺的位置,以减少乳腺受照剂量。结果显示,采用这种办法时乳腺上象限和乳头区的受照剂量显著降低,由于约 85%的乳腺癌好发于此部位,因此采用这种方法能减少由于放射线导致的乳腺癌,而且对乳房巨大的患者还可以提高图像质量。

(作者单位:华中科技大学同济医学院附属同济医院)

第九部分 肌骨系统影像诊断

张伶,张海栋,宋少辉,周俊芬,王仁法

本次 RSNA 年会上肌骨系统的论文按部位(肩、脊柱、髋、膝、足、踝和神经肌肉)和疾病类别(退行性变和炎性关节炎、骨和软组织肿瘤、外伤、骨质疏松)进行了分类讨论,内容较多,涉及面广,涵盖了 3T MRI 以及 fMRI 在肌骨系统的应用、对特殊征象意义的研究分析、生理变异的再认识、异常病变的鉴别等。

1. 肩关节

采用 MSCT 直接关节造影观察肩关节后下方孟唇裂缝或不规则,并与关节镜结果进行对照。结果显示肩关节后侧孟唇裂缝或不规则出现的概率是 15.5%,大部分发生在下后方 1/4 的区域,并证实不存在孟唇撕裂,可能是正常变异。

150 例 50 岁以下肩部损伤的患者行 3T 肩部 MRI 和 MR 关节造影,随后行关节内镜检查。与 3T MRI 比较,MR 关节造影在诊断冈上肌肌腱部分撕裂和上孟唇前后向撕裂时,具有显著的优势;而在冈上肌肌腱全层撕裂和前侧或后侧孟唇撕裂时,MR 关节造影比 MRI 更准确,但无显著统计学意义。

37 例患者在行关节镜检查前一天行间接 MR 关节造影,采用各向同性高分辨 T_1 WI 容积成像(THRIVE)序列(视野 180 mm,矩阵 256×256 ,层厚 0.7 mm,TR 16 ms,TE 9 ms,翻转角 25° ,Philips 3T 系统)。结果显示,肩部各向同性 MRI 加上 MPD 后处理对诊断上孟唇撕裂和肩袖撕裂很有帮助,尤其是对前侧孟唇撕裂和冈上肌及冈下肌复合撕裂的诊断符合率达 90%以上。肩部的各向同性 MRI 是可行的,且用时更短。

按年龄组进行了大组病例肩峰远端骨化中心的 MRI 研究,评价不同年龄段肩峰远端骨化中心成熟度,分析与之相关的导致上肩痛的原因。肩峰的远端骨化中心的融合不是确定的,大多数人在 21 岁之前完成了 2/3 的融合,然而小部分有肩痛且肩峰骨化中心未融合的患者,MRI 示骨髓水肿带穿过肩峰骨化中心。这个发现可视为年轻的投掷运动员上肩部疼痛的一个未被认定的原因。

对 1011 例行 MR 关节造影的患者进行分析,发现 MR 关节造影将短暂加剧关节相关疼痛,且与患者的年龄有关,而与关节部位、对比剂用量、患者性别及放射科医师的经验无关。

患者应该被告知:一般在造影检查 4 h 后会有轻度疼痛,这种疼痛最迟会于 1 周内消退。

2. 脊柱

念珠菌脊椎炎是一种罕见的条件致病菌感染,分析 10 例活检证实的念珠菌脊椎炎 MR 特征,并与细菌性和结核性脊柱炎的 MRI 表现进行比较。MRI 按下面 6 个参数进行分析:椎间盘破坏、炎症蔓延到韧带下、跳跃性病变、累及椎体数目、椎体炎性肿块在 T_2 WI 上的信号强度以及椎旁脓肿的大小。如果病变累及相邻椎体而没有椎间盘破坏,椎体炎性肿块为 T_2 WI 低信号,内可见小脓肿,且发生于免疫抑制患者并有相对较长时间的背痛,则需警惕发生念珠菌属脊椎炎的可能。念珠菌脊椎炎的 MRI 特征可与细菌性脊椎炎或结核性脊椎炎相区别。

术后积液是造成严重疼痛的常见原因之一,其性质分为感染性或非感染性。由于受到手术产生的急性体征和症状的干扰,在术后短时间内很难区分积液的性质。本研究通过扩散加权成像(DWI)来区分积液的性质。22 例脊柱手术后因手术继发严重背痛的患者行 MRI 检查,包括矢状面、横轴面 T_1 WI 和 T_2 WI 及 DWI ($b=750$ s/mm²)。全身感染或败血症者应排除。积液在引导下吸出并进行药敏培养和相应处理。所有椎间盘 DWI 表现为高信号的患者经过药敏培养证实为感染性,且抗感染有效,其余 DWI 未显示高信号的病例在日后随访中证实为非感染性。DWI 对于脊柱手术后严重疼痛的患者,可区别感染性和非感染性椎间盘炎症或积液,并指导治疗。

脊柱以外病因引起的腰背痛并不常见,但需经脊柱 MRI 排除脊柱相关性疾病。采用大视野冠状面行 STIR 或 FSE 脂肪饱和序列 T_2 WI,显示主要位于髋骨和骨盆的骨髓和软组织水肿。对于诊断脊柱外病变,可避免延误合理治疗,降低治疗费用及有利于诊治难治性的腰背痛。对于伴或不伴神经根病的腰背痛患者,冠状面 STIR 序列大视野扫描必须列入腰脊柱扫描的方案中。

3. 髋关节

评估股骨转子形态改变在平片上的表现对 MRI 诊断外展