

论 著

数字化导管定位X线图像的视觉分级分析：双能量减影和导管类型对图像质量的影响*

马超伟 何子福 彭 锐

文娣娣 白亚妮*

1.空军军医大学西京医院放射科
(陕西 西安 710032)

【摘要】目的 研究比较数字化X线(DR)和双能量减影技术(DES)对植入式导管定位摄影的图像质量和对患者的相关辐射水平。方法 利用可视化视觉分级分析(VGA)研究方法对我院69例进行DR和DES两种摄影技术的患者图像质量进行评估,其结果进行Wilcoxon 符号秩检验后比较DR与DES在不同导管类型间图像质量的差异。辐射剂量采用设备显示单次曝光剂量和剂量面积乘积(DAP)参考值分析患者接受的额外剂量水平。结果 5位观察者对DR与DES的VGAS结果比较, $P<0.0001$ 。DES与DR导管定位图像在不同导管类型分组之间的 $P<0.001$ 。观察者内部变异性进行Friedman检验, P 值(0.11~0.89), Friedman 统计值(1.16~8.54), 内部观察性一致。PICC、输液港和腹部透析管三种导管类型的DES与DR单次曝光剂量和DAP结果比较, $P>0.05$, 输尿管组的结果显示 $P<0.05$ 。DES较DR在PICC组、输液港组和腹部透析管组剂量增加3%~17%, 输尿管组剂量降低22%~23%。结论 这项VGA研究表明, 植入体内的导管定位X线图像中DES与DR存在明显差异, 尤其是对于背景结构混淆的病例, DES 可帮助快速辅助诊断。VGA研究方法对于放射实践中优化研究的设置简便且直观, 推荐放射技师利用这种对图像质量的详细评估结果来优化研究影响图像质量技术定义的方法。

【关键词】DR; 双能量减影; 视觉分级分析; 辐射剂量

【中图分类号】R445.4; R814.3

【文献标识码】A

【基金项目】陕西省自然科学基金基础研究计划项目(一般项目)(2020JQ-461);
中国人民解放军空军军医大学第一附属医院学科助推项目(XJZT18MJ52)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.06.057

Visual Grading Analysis of Digital Catheter Positioning X-ray Images: Impact of Dual-Energy Subtraction and Catheter Type on Image Quality*

MA Chao-wei, HE Zi-fu, PENG Rui, WEN Di-di, BAI Ya-ni*.

Department of Radiology, Xijing Hospital, Air Force Military Medical University, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China

ABSTRACT

Objective Study compares the image quality of digital X-ray(DR)and dual-energy subtraction technology (DES) for positioning imaging of implantable catheters and related radiation levels to patients. **Methods** The image quality of 69 patients who underwent DR and DES photography techniques in our hospital was evaluated using visual grading analysis(VGA)research method, the results were compared with Wilcoxon signed rank test to compare the statistical quality of DR and DES between different catheter types. Radiation dose is based on the single exposure dose and the dose area product (DAP) reference value by the device to evaluate the additional dose level received by the patient. **Results** Comparison of VGAS results of DR and DES by 5 observers, $P<0.0001$. DES and DR catheter positioning images between different catheter type groups, $P<0.001$. The internal variability of observers was evaluated by Friedman test, P value (0.11~0.89), Friedman statistic value (1.16~8.54), internal observations were consistent. Comparison of single exposure dose and DAP results of DES and DR of three catheter types of PICC, venous port aces (VPA) and peritoneal dialysis catheter (PDC), $P>0.05$, the results of double-pigtail stents(DPS) group showed $P<0.05$. Compared with DR, the dose of DES in PICC group, VPA group and PDC group increased by 3% to 17%, and the dose of DPS group decreased by 22% to 23%. **Conclusion** This VGA study shows that there is a clear difference between DES and DR in catheter positioning X-ray images, especially for cases with confusing background structure, DES can help quickly diagnose. The VGA research method is simple and intuitive for setting up optimization studies in radiology practice. It is recommended that radiologists use this detailed assessment of image quality to optimize research methods that affect the definition of image quality technology.

Keywords: DR; Dual-Energy Subtraction; Visual Grading Analysis; Radiation Dose

在患者体内预植入导管已成为临床治疗方案中搭建体液通路的首选,体内置管具有创伤小、留管时间长、操作简便的优势,且有效减少了药物对需长期输液患者外周静脉刺激所带来的副反应^[1]。FDA(the Food and Drug Administration)标准建议将经外周静脉置入中心静脉导管(peripherally inserted central catheter, PICC)末端放置于上腔静脉右心房入口上1~2cm或上腔静脉中下1/3处最为佳^[2],置管末端留置位置的准确是PICC术成功的关键,利用胸部X线摄影去评价PICC置管位置已成为临床的必要选择。胸部X线摄影具有快速、简便、准确率高且费用低的特点,为临床治疗提供了可靠支持。但在放射实践中也同时发现X摄影的不足之处,重叠的解剖结构及病理变化会在正面遮盖导管位置,混淆的背景结构会增加判断导管位置的难度,甚至存在无法诊断的可能,增加了患者治疗的风险和不确定性。

基于数字化摄影(digital radiography, DR)和计算机辅助诊断技术的发展,能量减影(energy subtraction, ES)为临床提供了一种新的解决方案,ES可以轻松识别许多人体内的异物和设备,包括金属、硅胶或塑料制品^[3-4]。双能量减影(dual-energy subtraction, DES)技术是经高低两种不同能量(管电压值通常在120kV与60kV)的X线曝光后,计算机对两次曝光获得的组织衰减数据做加权减法,产生独立的骨组织图像与软组织图像,实现了解剖结构上的“骨肉分离”,从而改善了钙化和非钙化病变的检测特征,提高X光片上细微病变的诊断准确性^[5]。Peter vock等^[2,5]的研究认为PICC 导管定位是X线DES技术在临床的重要应用方向,建议DES作为PICC定位的首选。熊磊^[6]的研究中也给出了类似的结论。然而PICC并不是临床治

【第一作者】马超伟,男,主管技师,主要研究方向:医学影像技术及医学影像设备学。E-mail: macw988@163.com

【通讯作者】白亚妮,女,主管技师,主要研究方向:医学影像技术教学及数字化乳腺摄影成像。E-mail: byn207@163.com

疗中唯一的体内置管类型, 植入式静脉输液港(venous port aces, VPA)、腹膜透析管(peritoneal dialysis catheter, PDC)及肾盂输尿管双J管(double-pigtail stents, DPS)都是影像检查中常见的类型, 腹部导管定位X线图像同样存在解剖结构、病变与导管的部分容积效应, 利用DES技术辅助诊断腹部X线图像中导管定位的研究报道目前较少。

对患者进行准确的诊断是放射检查的主要目的, 投照技术的所有优化都应集中在产生的图像上, 图像质量的优劣决定了患者病变的诊断质量。但是, 优化是一个复杂的过程, 涉及图像质量的差异化与临床治疗的相关性研究等多种因素。视觉等级分析(visual grading analysis, VGA)评估图像质量是一种基于图像内可见结构的可见性和再现性来测量图像质量的简单且直观的方法, 解剖结构与病理变化在图像上呈现时, 观察者使用已定义解剖结构的绝对或相对等级量表对图像印象打分^[7-11]。VGA研究的设置较ROC(receiver operating characteristics, ROC)分析方法容易, 更适用于站在放射技师的角度去设计优化研究^[8,12]。

因此, 本文目的是: (1)使用视觉等级特征分析(visual grading characteristics analysis, VGC)^[7]的方法评估DES与DR在以上四种导管类型定位X线图像质量, (2)比较分析DR与DES两种摄影技术的辐射剂量变化。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析从我院2019年1月至2020年4月申请X线导管末端定位的患者影像, 根据以下标准最终进入研究的患者69例, 其中男40例, 女29例, 年龄范围14~82岁, 平均年龄52.9岁。

纳入标准: DR检查时已完成导管置入术; 检查目的包含标注体内导管末端位置; 患者影像资料来自同一台检查设备; 使用DES技术辅助诊断时均经患者同意; 影像诊断结果已证实体内导管末端位置。排除标准: 使用床旁X线设备获得影像; 异物伪影干扰严重且无法摘除; 病理基础较严重的患者导致影像解剖细节缺失。

1.2 研究设计 纳入研究的69例病例图像依据摄影部位分为胸部组(39例)、腹部组(30例), 每位病例包括同一时间段内DR与DES两次摄影后采集的影像资料。胸部组依据类型分为PICC组

(32例)与输液港组(7例), 腹部组分为腹透管组(18例), 输尿管组(12例), 纳入研究的导管类型在各组内部固定为同种规格, 其中导管直径和末端材质为: PICC, 单腔4F, 聚氨酯; 输液港, 6.5F, 聚氨酯; 腹膜透析管, 2.6mm, 半透明硅胶; 输尿管, 5.0F, 聚氨酯。本研究主要利用VGA和VGC的评价方法, 获得每幅图像的视觉等级评分(visual grading analysis score, VGAS), 采用非参数检验的方法检验各组间图像质量差异的统计学意义。辐射剂量评价依据影像采集器显示的剂量范围乘积(dose area product, DAP)和单次曝光剂量值进行统计分析。

1.2.1 检查设备 检查设备为通用医疗GE DR-Difinium6000数字化影像系统, 图像探测器为41×41cm²薄膜非晶硅基平板探测器, 自动电离室曝光控制技术, 图像工作站配有DAP、单次曝光剂量显示。

1.2.2 检查方法与技术参数 检查方法: (1)患者优先采用DR检查技术流程, 获得标准DR图像; (2)若DR检查无法确定导管末端位置时, 与患者沟通取得同意后, 采用DES技术辅助诊断, 选择DE-AP/PA程序后保持摄影体位不变, 按下曝光手闸后在极短时间内DR影像系统自动以高、低两种kV值曝光两次, 将依次得到标准图像(Standard)、软组织图像(Soft-Tissue)和骨组织(Bone)图像(图1~图4)。

摄影参数及后处理: DR与DES技术参数: 胸部DR: 管电压120kV, 管电流250mA, AEC两侧电离室; 胸部DES: 管电压(高120kV, 低60kV), 管电流250mA, AEC全电离室, 曝光间隔时间0.1s; 腹部DR: 管电压85kV, 管电流400mA, AEC全电离室; 腹部DES: 管电压(高130kV, 低60kV), 管电流250mA, AEC中心电离室, 曝光间隔时间0.1s; 图像后处理参数均采用系统默认值Factory1参数卡。

1.3 图像质量评价 本研究中图像质量的评估采用VGA绝对等级类型方法^[8], 依据欧洲共同体委员会(communitary european committee, CEC)制定24点放射诊断图像质量标准^[13-15], 针对胸部与腹部影像解剖结构细节制定VGAS标准(表1), 定义图像评价分级分值, VGAS结果包括评价放射图像质量(radiographic image quality, RIQ)的相关参数, 如空间分辨率、对比度分辨率和噪声^[16]。

表1 胸部与腹部图像质量视觉分级分析得分(VGAS)量表

	描述	结果	分值区间
胸部解剖	1.胸锁关节对称; 2.两肩胛骨旋出肺野; 3.两侧锁骨水平; 4.肺野纹理分布; 5.双侧肋膈角; 6.主支气管; 7.左主支气管; 8.右主支气管; 9.胸椎(T1-T4); 10.胸椎(T5-T10); 11.胸椎(T11-T12); 12.主动脉; 13.心脏边缘; 14.肋骨骨皮质; 15.肋骨骨小梁; 16.软组织; 17.脂肪线	1/0	[0,17]
腹部解剖	1.腰椎(L1-L5)椎体; 2.椎弓根; 3.横突; 4.棘突; 5.骶椎(S1-S5); 6.椎体骨间隙; 7.椎体骨质8. 双侧髋关节; 9.耻骨联合; 10.骶髂关节; 11.双肾轮廓; 12.腰大肌; 13.胃内气液平面; 14.肠道内气液影像; 15.结肠内容物影像; 16.软组织; 17.脂肪线	1/0	[0,17]
导管	1.导管末端位置清晰; 2.导管末端模糊, 但可诊断; 3.导管末端无法明确; 4.导管走行清晰; 5.导管走行模糊, 但可诊断; 6.导管走行无法明确	2/1/0	[0,4]
噪声	1.无噪声; 2.轻度噪声; 3.明显噪声, 但可诊断; 4.重度噪声, 影响诊断	3/2/1/0	[0,3]

注: 评分细则: 观察者依据图像中影像解剖(胸部解剖和腹部解剖)特征显示取相应分值, 有显示为“1分”, 无显示为“0分”。导管影像特征对应分值为清晰“2分”, 模糊、但可诊断“1分”, 无法明确“0分”。噪声评价对应分值为无噪声“3分”, 轻度噪声“2分”, 明显噪声“1分”, 重度噪声“0分”。图像VGAS总评分为各项分值之和, 导管评分为导管单项目分值之和。

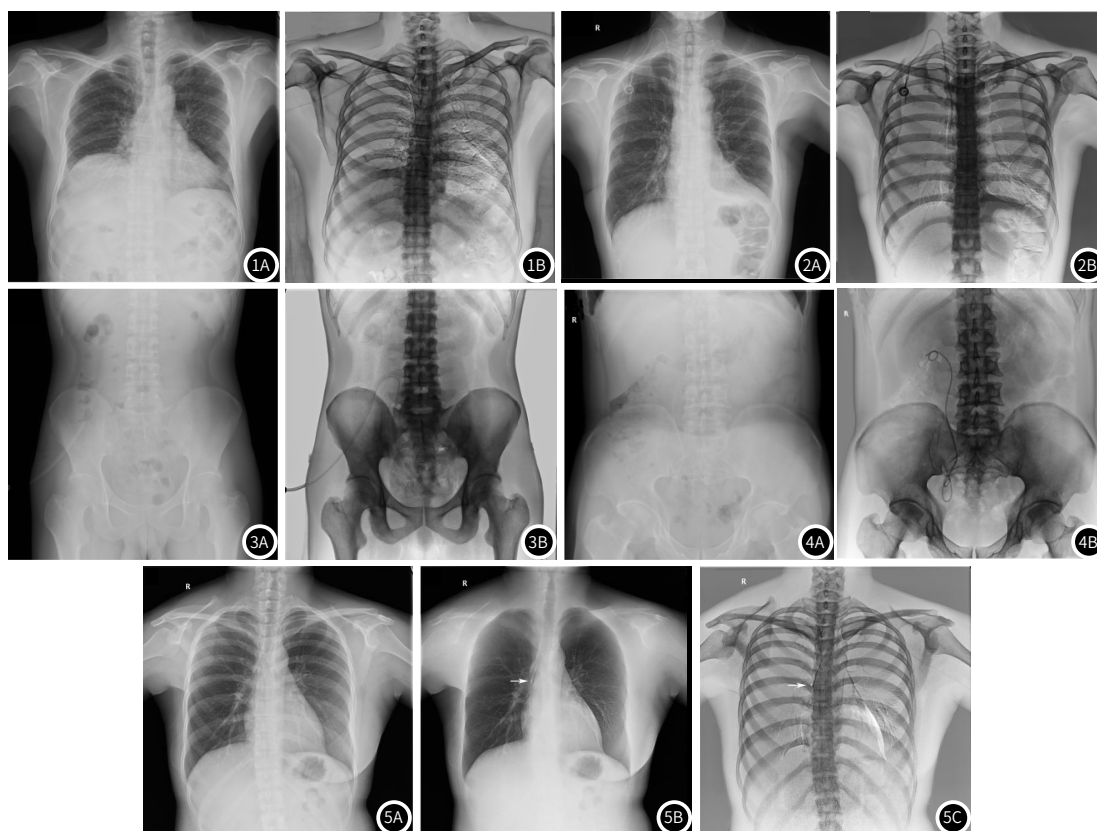


图1A PICC 120Kv标准DR图像, 导管末端无法明确; 图1B 双能量减影骨骼图像, 可见PICC末端与第6胸椎下缘重叠, 定位清晰。图2A 输液港120Kv标准DR图像, 导管末端与中纵隔组织重叠, 位置无法明确; 图2B 双能量减影骨骼图像, 可见输液港末端位于第6胸椎右侧缘。图3A 腹透管80Kv标准DR图像, 导管末端在盆腔位置无法明确; 图3B 双能量减影骨骼图像, 可见腹透管末端位于耻骨联合上方且与尾椎骨重叠。图4A 输尿管80Kv标准DR图像, 导管末端在右侧盆腔成团状影, 末端位置无法明确; 图4B 双能量减影后骨骼图像, 可见输尿管末端位于右侧髂关节下方且向内侧成团状卷曲。图5A PICC120Kv标准DR图像, 导管末端无法明确; 图5B 双能量减影后软组织图像导管末端影像伪影(白色箭头); 图5C 双能量减影骨骼图像, 导管末端影像呈现分叉伪影(白色箭头)。

观察员共有5名, 包括3位影像诊断医师与2位主管技师, 每位观察者影像工作经验均在10年以上。5名观察者分别用同一台高分辨率显示器(显示器分辨率>3M)在PASC上读取图像后分析, 可以使用窗宽窗位调节、黑白翻转及图像放大等图像观察工具辅助。研究图像由预先设计的随机顺序显示, 且观察者不能在图像序列之间来回移动以更改VGAS得分, 显示器特性校准根据DICOM灰度标准显示功能(greyscale standard display function, GSDF)进行^[16]。在视觉分析评价之前, 使用研究之外的隔离图像对所有观察者培训, 培训图像具有相似的解剖细节, 且相关技术参数与研究设计相同。为减少观察者疲劳偏差, 选择在早晨时段进行图像评价, 并在每10组图像后休息20分钟。

1.4 统计方法 使用SPSS 24.0版统计软件进行统计分析, 所有的参数以($\bar{x} \pm s$)表示, 用Wilcoxon signed-rank test检验比较各组间VGAS差异性, 单次曝光剂量与DAP用t检验比较。确定P值法, 当 $P < 0.05$ 时认为差异具有统计学意义。

2 结果

表2为胸部组和腹部组DR与DES两种图像观察者之间的总体VGAS结果, 5位观察者DR与DES的VGAS经Wilcoxon 符号秩检验, 均 $P < 0.0001$, 说明导管单项分值与图像总分值之间存在统计学上的显著差异, DES方法获得的图像质量均高于DR, 组织解剖结构和导管的影像再现性较好。

观察者间的内部变异性分析中, 观察者之间导管类型分组的图像评分再次进行Friedman检验, 5位观察者的P值范围0.11~0.89, Friedman 统计值(1.16~8.54), 各观察者之间均未发现统计学上差异, 表明观察者之间对不同导管类型的评价标准较为一致。

不同导管类型分组中, DES与DR获得的各类型导管定位图像的之间的VGAS差异均有统计学意义($P < 0.001$), DES图像质量在导管末端和导管走行的可视性要高于DR(图6A)。图像质量的总体评估结果显示, 各组间DES图像的VGAS还是显著高于DR, 且均存在统计学上的显著性差异($P < 0.001$)(图6B)。

表3显示同一病例在DR与DES两种投照技术下的辐射剂量参考值, 胸部组中PICC与输液港两种导管类型的单次曝光剂量与DAP结果比较, 配对T检验后均未发现统计学上显著性差异。腹部中输尿管组的DR与DES的辐射剂量结果显示 $P < 0.05$, 差异存在统计学意义, DES在单次曝光剂量与DAP测量值上均小于DR, 患者接受的辐射剂量水平低于DR。腹透管组未出现明显差异($P > 0.05$), 表明DES与DR辐射水平基本一致。

3 讨论

长期以来, X线摄影是判断植入导管位置的主要标准, 图像内容的可视化是决定临床任务的关键因素。虽然X线摄影技术发展已有近百年的历程, 但至今图像质量的优化仍然是一项

表2 观察者对胸部组和腹部组导管与图像VGAS评价结果

		导管VGAS分值			图像VGAS总分值		
		DR	DES	P ^a	DR	DES	P ^b
胸部组	观察者1	2.69±0.46	3.82±0.39	<0.0001	17.67±1.37	20.64±1.35	<0.0001
	观察者2	2.56±0.50	3.85±0.36	<0.0001	17.74±1.35	20.74±1.21	<0.0001
	观察者3	2.54±0.55	3.80±0.40	<0.0001	17.49±1.50	20.67±1.40	<0.0001
	观察者4	2.49±0.68	3.74±0.44	<0.0001	17.64±1.41	20.54±1.34	<0.0001
	观察者5	2.51±0.60	3.82±0.39	<0.0001	17.67±1.35	20.59±1.33	<0.0001
腹部组	观察者1	2.50±0.56	17.43±1.59	<0.0001	3.87±0.34	20.83±1.46	<0.0001
	观察者2	2.30±0.74	17.37±1.47	<0.0001	3.77±0.42	20.80±1.45	<0.0001
	观察者3	2.33±0.65	17.40±1.63	<0.0001	3.73±0.44	20.53±1.48	<0.0001
	观察者4	2.37±0.66	17.27±1.41	<0.0001	3.80±0.40	20.73±1.37	<0.0001
	观察者5	2.23±0.62	17.03±1.43	<0.0001	3.70±0.46	20.90±1.38	<0.0001

注：P^a为单次曝光总剂量之间P值，P^b剂量面积乘积(DAP)之间P值。

表3 四种导管类型的辐射剂量参考值

		单次曝光总剂量(mGy)			剂量面积乘积-DAP(mGy*cm ²)		
		DR	DES	P ^a	DR	DES	P ^b
胸部	PICC组(n=32)	0.007±0.008	0.008±0.012	0.622	0.061±0.025	0.064±0.019	0.452
	输液港组(n=7)	0.006±0.003	0.006±0.001	0.555	0.078±0.025	0.075±0.016	0.601
腹部	腹透管组(n=18)	0.020±0.010	0.019±0.009	0.576	0.222±0.121	0.221±0.098	0.952
	输尿管组(n=12)	0.027±0.012	0.018±0.008	0.028 [*]	0.289±0.142	0.204±0.088	0.042 [*]

注：P^a为单次曝光总剂量之间P值，P^b剂量面积乘积(DAP)之间P值；*表示P<0.05，差异存在统计学意义。

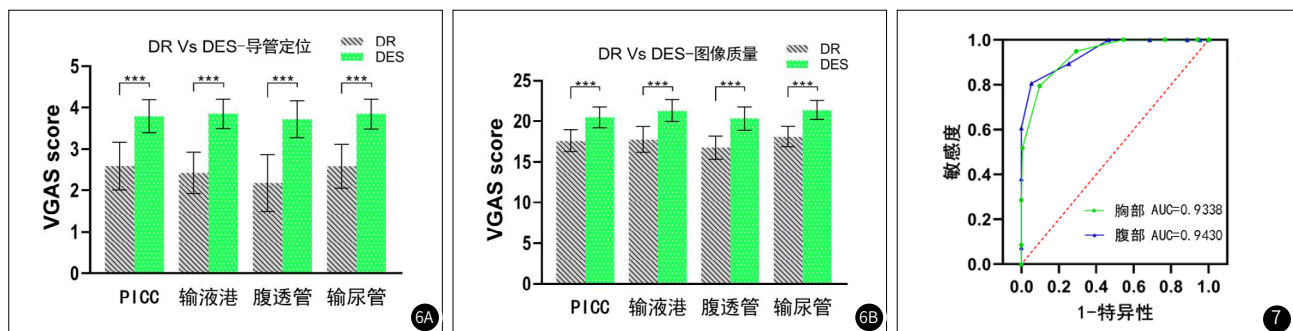


图6A~图6B DR与DES在不同导管类型间导管定位及图像质量VGAS结果。图7 胸部及腹部DES图像质量ROC曲线

艰巨的任务，仍需以尽可能低的辐射剂量得到足够诊断的图像质量^[18-19]。探测器类型、剂量和图像后处理都可能对临床的诊断产生重大影响，站在放射技师的角度，优化要考量一种兼顾所有影响因子的方法来平衡图像质量和辐射剂量，结果是产生最佳医疗效果并得到认可的图像^[20]。在临床环境或研究项目中，讨论图像质量的诊断价值，以及诊断准确性和最终诊断对治疗的价值可能相当耗时，也很困难，故选择一种科学评估图像质量的方法尤为重要。图像可视化分级分析(VGA)比临床结果研究更为简单和直观，研究设计相对容易，也适用于放射技师的角度去分析和改进临床工作结果。

影像探测器的高量子检出效率(DQE)与强大的图像后处理技术在提高患者影像诊断水平的同时也降低了辐射剂量^[21]，但是二维影像的容积效应也是无法克服的瓶颈，重叠的解剖

结构还是会遮盖病变，在Austin等^[22]的研究中发现，82%的病例中，病变被肋骨重叠，病变与2块或2块以上骨组织重叠的病例占比52%，混淆的背景结构是诊断困难的主要原因。DES最开始的目的就是消除重叠的骨骼，增加诊断的敏感性。Ober等^[1]的研究中胸部DES技术被建议成为PICC置管定位的首选方法。Gao等^[23]也提到与标准DR相比，栓塞导管的轮廓在双能量减影图像上明显更好。在本文的研究中图6A的结果显示DES技术在导管单项评分与图像总评分方面，分值结果都要高于DR，DES与DR的roc曲线分析后，图像评分的曲线下面积(AUC)胸部为0.9338(95%CI: 0.9116-0.9560)，腹部为0.9430(95%CI: 0.9200-0.9660)(图7)。DES尤其对DR中存在骨骼或病变干扰的病例展现出优势，实现组织间在影像上的“骨肉分离”，减影后的软组织像和骨骼像对导管位置的判

断提供很大帮助。在导管类型的分组比较中，同等研究条件下，植入式输液港出现导管定位不清晰的患者病例占比要低于PICC导管(植入式输液港占18%，PICC占82%)，VGAS结果中输液港组DES的图像质量也高于PICC组，判断可能与选择导管的相关参数有关，比如导管直径及材料。

放射检查的优化除了图像质量的提高，还包括辐射剂量水平的考虑。在本文收集的病例中发现，参考GE DR数字化影像系统显示的单次曝光剂量(total dose)和DAP数值，DES较DR在PICC组、输液港组及腹透管组剂量增加3%~17%，但在统计学上并未发现显著差异(表4)。Fischbach等^[24]的研究也报道了与单次标准胸部X射线(DR)相比，DES两次曝光的辐射剂量增加了大约14%。可是本研究仍然要考虑电离辐射的因素，因此建议DES技术在成人中有选择地使用，而在儿童中则不建议使用^[25]。同样，胸部侧位(LAT)投照剂量可能是胸部后前位(PA)的两倍以上，所以要尽量减少在侧位使用DES技术^[26]。表4中输尿管组剂量降低22%~23%，分析后判断可能与摄影技术参数有关，腹部DES技术管电压为130kV，高千伏投照下射线的穿透力增加导致曝光时间缩短，因此出现了部分患者辐射剂量下降的情况。但由于本文收集的患者样本量较小，腹部DES与DR之间的辐射剂量还需要进一步研究，此项研究的结果仅作为收集样本的参考。辐射剂量分析旨在表明临床必要时选择DES技术所产生的额外剂量与临床诊疗价值相比在可以接受的范围。

表4 四种导管类型的辐射剂量差值比较(%)

		单次曝光总剂量	剂量面积乘积-DAP	t值	P
		(DES-DR/DR)	(DES-DR/DR)		
胸部	PICC组	17%	17%	0.0416	0.97
	输液港组	7%	5%	0.1223	0.90
腹部	腹透管组	3%	9%	0.5101	0.61
	输尿管组	-23%	-22%	0.0908	0.93

注：辐射剂量差值(%)=(DES-DR/DR)%。

DES技术也存在技术上的局限性，高低千伏的两次曝光中间存在100ms~200ms的时间间隔，呼吸和心脏搏动产生运动位移后减影图像上会出现运动伪影(图5)，减少曝光间隔时间会改善图像质量，但也不能完全避免。由于第二次是低能量曝光，因此减影后软组织区域(如胸膜、胸壁和膈肌)的周围噪声也会增加^[27]。

这项VGA研究表明，DES与DR对于X线导管定位影像显示存在明显差异，尤其是对于背景结构混淆的病例，DR无法明确时，DES可帮助快速辅助诊断。PICC与腹膜透析管的患者可以将DES作为置管位置检查的首选方法。VGA研究从对比度、噪声和清晰度方面全面地评估正常结构的可见性，视觉分析图像的方法对于放射实践中优化研究的设置更简便且直观，不过也要尽可能降低观察者主观评价的偏差，使用明确定义的相关解剖标准评分和VGC统计方法显得尤为必要。虽然这项研究已经清楚地得出了DES技术在导管定位的应用价值，但具体的实践仍需放射人员综合判断，根据患者情况选择最佳的检查方案。

此项研究的一些局限性：所有图像和辐射计量参考值都来自GE DR设备，因此得出的结论并不是主张一种绝对意义上的最佳处理方案，相反，更推荐放射技师使用这种图像质量评估的方法从自己的角度去为患者选择一种合适的检查技术。

参考文献

[1]Ober S,Craven G.Infusion nursing standards of practice influences the boards of registration in nursing on advisory rulings regarding peripherally inserted central catheters[J].J Infus Nurs,2012,35(2):81-82.

[2]Caparas J V,Hu J P.Safe administration of vancomycin through a novel midline catheter: A randomized,prospective clinical trial[J].J Vasc Access,2014,15(4):251-256.

[3]Gilkeson R C,Sachs P B.Dual energy subtraction digital radiography: Technical considerations, clinical applications,and imaging pitfalls[J].J Thorac Imaging,2006,21(4):303-13.

[4]Kuhlman J E,Collins J,Brooks G N,et al.Dual-energy subtraction chest radiography: What to look for beyond calcified nodules.Radiographics[J].2006,26(1):79-92.

[5]Vock P,Szucs-Farkas Z.Dual energy subtraction: Principles and clinical applications[J].Eur J Radiol,2009,72(2):231-237.

[6]熊肅.双能量减影技术在PICC术置管定位中的价值[J].现代医用影像学,2016,025(6):1089-1091.

[7]Båth M,Månsson L G.Visual grading characteristics (VGC) analysis:A non-parametric rank-invariant statistical method for image quality evaluation[J].Br J Radiol,2007,80(951):169-176.

[8]Precht H,Hansson J,Outzen C,et al.Radiographers' perspectives'on Visual Grading Analysis as a scientific method to evaluate image quality[J].Radiography (Lond),2019,25 Suppl 1:S14-S18.

[9]Lanca L,Silva A.Digital radiography detectors-A technical overview: Part 2[J].Radiography,2009,15(2):134-138.

[10]Lanhede B,Båth M,Kheddache S,et al.The influence of different technique factors on image quality of chest radiographs as evaluated by modified CEC image quality criteria[J].Br J Radiol,2002,75(889):38-49.

[11]Tingberg A,Sjöström D.Optimisation of image plate radiography with respect to tube voltage[J].Radiat Prot Dosimetry,2005,114(1-3):286-293.

[12]Zanca F, Van Ongeval C,Claus F,et al.Comparison of visual grading and free-response ROC analyses for assessment of image-processing algorithms in digital mammography[J].Br J Radiol,2012,85(1020):e1233-41.

[13]European Communities.European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images[J].European Commission,1998.

[14]Perlmutter N,Arthur R J,Beluffi G,et al.The quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics[J].Radiat Prot Dosimetry,1998,80(1):45-48.

[15]Granata C,Sorantin E,Seuri R,et al.European society of paediatric radiology computed tomography and dose task force: European guidelines on diagnostic

- reference levels for paediatric imaging[J]. *Pediatr Radiol*, 2019, 49(5): 702-705.
- [16] Matthews E P. Radiation physics, biology, and protection[J]. *Radiol Technol*, 2019, 90(5): 471-485.
- [17] McIlgorm D J, McNulty J P. DICOM part14: GSDF-calibrated medical grade monitor vs a DICOM part14: GSDF-calibrated "commercial off-the-shelf" (COTS) monitor for viewing 8-bit dental images[J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2015, 44(3): 20140148.
- [18] Kim T H, Ryu J H, Jeong C W, et al. Reduced radiation dose and improved image quality using a mini mobile digital imaging system in a neonatal intensive care unit[J]. *Clin Imaging*, 2017, 42: 165-171.
- [19] Conradie A, Herbst C P. Evaluating the effect of reduced entrance surface dose on neonatal chest imaging using subjective image quality evaluation[J]. *Phys Med*, 2016, 32(10): 1368-1374.
- [20] Metsälä E, Fridell K. Insights into the methodology of radiography science[J]. *Radiography (Lond)*, 2018, 24(4): e105-e108.
- [21] Floyd C E Jr, Warp R J, Dobbins J T 3rd, et al. Imaging characteristics of an amorphous silicon flat-panel detector for digital chest radiography[J]. *Radiology*, 2001, 218(3): 683-8.
- [22] Austin J H, Romney B M, Goldsmith L S. Missed bronchogenic carcinoma: Radiographic findings in 27 patients with a potentially resectable lesion evident in retrospect[J]. *Radiology*, 1992, 182(1): 115-22.
- [23] Gao Y, Rowbottom R G, Landaras L A, et al. Improved detection of an intravascular catheter using dual energy subtraction radiography[J]. *Heart Lung Vessel*, 2015, 7(4): 327.
- [24] Fischbach F, Freund T, Röttgen R, et al. Dual-energy chest radiography with a flat-panel digital detector: Revealing calcified chest abnormalities[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2003, 181(6): 1519-24.
- [25] Kuhlman J E, Collins J, Brooks G N, et al. Dual-energy subtraction chest radiography: What to look for beyond calcified nodules[J]. *Radiographics*, 2006, 26(1): 79-92.
- [26] MacMahon H, Li F, Engelmann R, et al. Dual energy subtraction and temporal subtraction chest radiography[J]. *J Thorac Imaging*, 2008, 23(2): 77-85.
- [27] Gilkeson R C, Sachs P B. Dual energy subtraction digital radiography: Technical considerations, clinical applications, and imaging pitfalls[J]. *J Thorac Imaging*, 2006, 21(4): 303-13.

(收稿日期: 2020-06-25)