

· 论著 ·

能谱 CT 虚拟平扫与真实平扫诊断儿童骨骼肌肿瘤或肿瘤样病变的对比研究

全文二维码

李君伟 庄霞梅 尹燕 王海 魏伟安 金科

中南大学湘雅医学院附属儿童医院 湖南省儿童医院放射科, 长沙 410007

通信作者: 金科, Email: jinke001@sina.com

【摘要】 目的 比较骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变患儿行能谱 CT 虚拟平扫 (virtual non-contrast, VNC) 和真实平扫 (true non-contrast, TNC) 的影像特征以及影像质量, 探讨能谱 CT VNC 用于儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变诊断的准确性与可行性。 **方法** 回顾性分析湖南省儿童医院放射科 2020 年 1 月至 2021 年 12 月行能谱 CT 平扫及双期增强扫描的 43 例骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变患儿影像学资料, 经后处理获得动脉期 VNC 图像 (VNCa) 与静脉期 VNC 图像 (VNCv)。分别在 TNC、VNCa 与 VNCv 图像上测得病灶最大层面及同层面正常骨骼肌及脂肪的 CT 值与标准差 (standard deviation, SD), 计算信噪比 (signal noise ratio, SNR) 及对比噪声比 (contrast noise ration, CNR), 比较三种图像的图像质量和诊断效能。 **结果** 三种图像中骨骼肌病灶与骨骼肌的 CT 值差异均无统计学意义 (骨骼肌病灶: $F = 2.139, P = 0.122$; 骨骼肌: $F = 0.663, P = 0.517$)。VNCv 比 TNC 的 SNR 值高, 差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。TNC 图像与 VNC 图像中骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变的病灶 CT 征象差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。两名观察者对三种图像的主观评分结果一致性好 (TNC: $\kappa = 0.554$; VNCa: $\kappa = 0.501$; VNCv: $\kappa = 0.628$)。正常骨骼肌 VNCa、VNCv 与 TNC 图像 CT 值一致性良好 (平均差值: VNCa = 1.330 HU, VNCv = 0.518 HU), 骨骼肌病灶 VNCv 与 TNC 图像 CT 值一致性好 (平均差值 = -3.870 HU)。 **结论** 能谱 CT VNC 技术对儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变的诊断具有与 TNC 相似的图像质量和诊断价值, 可减少一期常规平扫次数、降低辐射剂量。

【关键词】 肌, 骨骼; 肌肿瘤; 肿瘤/肿瘤样病变; 体层摄影技术, X 线计算机; 虚拟平扫; 儿童
DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202303069-016

Comparative study of spectral CT virtual plain scan versus actual plain scan in diagnosing pediatric skeletal muscle tumors/tumor-like lesions

Li Junwei, Zhuang Xiamei, Yin Yan, Wang Hai, Wei Weian, Jin Ke

Department of Radiology, Hunan Children's Hospital, Affiliated Children's Hospital, Xiangya School of Medicine, Central South University (Hunan Children's Hospital), Changsha 410007, China

Corresponding author: Jin Ke, Email: jinke001@sina.com

【Abstract】 Objective To compare the imaging characteristics and qualities of spectral computed tomography (CT) virtual non-contrast (VNC) versus true non-contrast (TNC) scans for pediatric skeletal muscle tumors/tumor-like lesions and explore the accuracy and feasibility of using spectral CT VNC for diagnosing these conditions. **Methods** A retrospective analysis was conducted for the radiological data of 43 children with skeletal muscle tumors/tumor-like lesions receiving spectral CT plain and dual-phase enhancement scans. Then the raw data were processed into VNCa and VNCv. Also the corresponding normal skeletal muscle and fat on TNC, VNCa and VNCv images were measured. Signal noise ratio (SNR) and contrast noise ratio (CNR) were calculated for comparing the image quality and diagnostic efficacy of three types of images. **Results** No statistically significant difference existed in CT values of skeletal muscle and skeletal muscle lesions among three types of images (skeletal muscle: $F = 0.663, P = 0.517$; skeletal muscle lesions: $F = 2.139, P = 0.122$). SNR value of VNCv was significantly higher than that of TNC ($P < 0.01$). No statistically significant difference existed in CT signs of skeletal muscle tumors/tumor-like lesions between TNC and VNC images ($P > 0.05$). The subjective scoring consistency of three types of images by two observers was excellent (TNC: $\kappa = 0.554$; VNCa:

$\kappa=0.501$; VNCv; $\kappa=0.628$). The consistency of CT values of normal skeletal muscle between VNCa, VNCv and TNC images was excellent (average difference; VNCa = 1.330 HU, VNCv = 0.518 HU). And the consistency of CT values of skeletal muscle lesions between VNCv and TNC images was also decent (average difference = -3.870 HU). **Conclusions** Spectral CT VNC technology has demonstrated similar image quality and diagnostic value to TNC in diagnosing pediatric skeletal muscle tumors/tumor-like lesions. It may minimize the number of routine plain scans and lower radiation dosage.

【Key words】 Muscle, Skeletal; Muscle Neoplasms; Tumors/Tumor-Like Lesions; Tomography, X-ray computed; Virtual Non-contrast; Child

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202303069-016

儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变成分复杂,种类繁多,临床和影像学表现各异,传统影像学检查方法对于儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变的诊断存在一定的局限性^[1]。尽管 MR 检查无辐射,但 CT 检查对于骨骼的细微改变、病理性骨折及钙化灶的显示均优于 MR。CT 真实平扫(true non-contrast, TNC)和增强扫描是骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变诊断常用的检查方法,为提高 CT 诊断的准确性,临床工作中往往采用 CT 平扫联合多期增强扫描,但会增加辐射量。能谱 CT 具有多参数成像、定量分析等优点,可以反映肿瘤/肿瘤样病变的分子生物学、微观病理学等信息,因而在骨骼、软组织疾病诊断以及其他脏器疾病的鉴别诊断与预后预测方面得以应用^[2-7]。如何保证图像质量、充分发挥能谱 CT 的优势,同时有效降低辐射剂量是当前研究的热点。能谱 CT 可通过碘抑制技术对 CT 增强图像进行物质分离,进而得到无碘对比剂的虚拟平扫(virtual non-contrast, VNC)图像,采用 VNC 可减少 1 次 TNC 图像采集,从而降低辐射剂量。该项技术目前已广泛应用于成人,但在儿童中应用的报道尚少^[8]。本研究通过比较儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变的动脉期 VNC 图像(VNCa)、静脉期 VNC 图像(VNCv)以及 TNC 图像质量及影像特征的主观与客观评价差异,初步探讨 CT VNC 图像在儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变诊断中的可行性。

资料与方法

一、临床资料

回顾性分析湖南省儿童医院放射科 2020 年 1 月至 2021 年 12 月因骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变行能谱 CT 平扫及双期增强的患儿临床资料。病例纳入标准:①均于能谱 CT 上完成 TNC、增强动脉期、增强静脉期扫描;②无严重心、肝、肾功能不全及碘过敏史。排除标准:①临床资料不完善;②

运动伪影过大;③无法配合完成检查。本研究通过湖南省儿童医院医学伦理委员会审核批准(HCHLL-2024-50),所有纳入研究者均由监护人签署知情同意书。

二、研究方法

(一)仪器与方法

能配合检查的患儿直接行能谱 CT 扫描,不配合检查的患儿于检查前 30 min 口服 10% 水合氯醛,剂量为 0.3 mL/kg,待患儿进入深度睡眠后进行检查,注意口服镇静剂前需剥夺睡眠 2~6 h,禁水 3 h,禁食 4 h。均采用 GE 公司 Revolution 256 排螺旋 CT 能谱扫描模式扫描。探测器宽度 80 mm,转速 0.6 s/rot,螺距 0.992。管电压 140 kVp/80 kVp 瞬时高速切换,管电流 195 mA。层厚及重建间隔为 0.625 mm。图像重建采用标准算法。按 1.0~2.0 mL/kg 注射碘美普尔注射液(300 mgI/mL),经肘静脉以 0.5 mL/s(≤ 1 岁)、0.8~1.0 mL/s(1~3岁)或 1.0~3.0 mL/s(≥ 3 岁)的速度于 15~18 s 内注射完毕。注射完毕后 2 s(≤ 1 岁)、3 s(1~3岁)、4 s(≥ 3 岁)行动脉期扫描。动脉期扫描结束后 30 s 行静脉期扫描。扫描期间用铅裙及铅脖保护患儿生殖腺、甲状腺等重要器官。

(二)图像分析方法

扫描后数据传送至 GE ADW 4.6 工作站,CT 图像采集完成后,动、静脉期增强图像通过碘抑制技术重组生成 VNCa 和 VNCv 图像。数据重建后得到层厚、层间距均为 1.25 mm 的 VNCa 和 VNCv 图像。由两名具有 5 年和 20 年诊断经验的放射科医师采用双盲法独立对 TNC、VNCa 和 VNCv 三种图像进行定性和定量分析,若结果出现分歧则经讨论达成一致。

1. 定性分析 影像学评价内容包括影像质量、CT 征象(如病灶边界、形态及边缘等)。影像质量基于图像解剖结构显示清晰度及 5 分法进行评分。5 分:解剖结构显示清晰,无明显噪声,可进行明确

评价;4分:大部分解剖结构显示清晰,噪声增加,可进行评价;3分:细节解剖结构显示不太清晰,噪声进一步增大,但基本满足评价需求;2分:细节解剖结构显示不清,无法识别,噪声明显;1分:细节解剖结构无法辨认,噪声非常大; ≥ 3 分的影像图像符合诊断要求^[9-10]。由上述两名放射科医师分别记录TNC和VNCA、VNCv图像中软组织肿块的形态学表现,包括病灶边界(清晰或模糊)、有无坏死、囊性变、钙化、出血以及骨骼破坏情况。

2. 定量分析 将数据传送至GE ADW 4.6工作站并对TNC和VNCA、VNCv图像进行测量,分别于横断位TNC和VNCA、VNCv病灶最大层面放置感兴趣区域(region of interest, ROI), ROI尽量避开坏死、囊性变、钙化、脂肪及骨质,同时测量同层面正常骨骼肌及脂肪的CT值、标准差(standard deviation, SD),选取面积为30~50 mm²,测量3次,取平均值。记录并计算病灶、正常骨骼肌的CT值、信噪比(signal noise ratio, SNR)及对比噪声比(contrast noise ratio, CNR)。SNR = CT值(正常骨骼肌)/SD值(正常骨骼肌);CNR = CT值(正常骨骼肌) - CT值(病灶)/SD(同层面脂肪)。

三、统计学处理

采用SPSS 22.0进行统计学分析。所有数据均行正态性检验及方差齐性检验,服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料以例(%)表示。采用 F 检验比较TNC和VNCA、VNCv定量参数的差异,差异有统计学意义者采用SNK(Student-Newman-Keuls)检验。采用Bland-Altman图分析TNC和VNCA、VNCv图像CT值的一致性,一致性界限(limits of agreement, LoA)定义为参考范围的95%CI。两名放射科医师对图像评分结果的一致性分析采用加权Kappa检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

共43例患儿纳入研究,其中男22例,女21例;年龄2个月至13岁9个月,中位年龄6岁1个月。26例临床表现为四肢或躯干无痛性肤色包块,15例为四肢或躯干无痛性紫色和(或)紫红色包块,1例下肢压痛性包块伴发热,1例发热且无明显体表包块形成。最终经手术及病理检查结果证实43例均为肿瘤/肿瘤样病变,包括:血管畸形15例,婴儿型纤维性错构瘤7例,横纹肌肉瘤7例,纤维组织细胞瘤5例,肌纤维瘤3例,平滑肌肉瘤2例,梭形细胞瘤2例,尤文肉瘤1例,神经母细胞瘤伴骨转移1例。

儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样病灶在TNC与VNCA、VNCv三种CT征象上的差异无统计学意义($P > 0.05$),其中出血与骨骼破坏征象在TNC和VNCv图像中表现完全一致,其余征象略有不同(表1)。

三种图像(TNC、VNCA、VNCv)中皮下脂肪层CT值、CNR值及SNR值对比,差异有统计学意义($P < 0.05$),其中VNCA、VNCv图像的CNR值较TNC图像低($P < 0.01$),VNCv图像的SNR值高于TNC图像($P < 0.01$),其余各组间骨骼肌病灶、骨骼肌CT值的差异均无统计学意义($P > 0.05$),VNCA图像SNR值与TNC图像差异无统计学意义($P > 0.05$);见表2。

两名放射科医师对TNC、VNCA与VNCv图像质量的主观评分均 ≥ 3 分,图像主观评分一致性中等(TNC: $\kappa = 0.554$; VNCA: $\kappa = 0.501$; VNCv: $\kappa = 0.628$),两名放射科医师对TNC、VNCA、VNCv影像的主观评分均为4(4,5),差异无统计学意义($P > 0.05$);见表3。图像质量均满足诊断要求(图1)。

表1 43例骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变患儿在TNC与VNCA、VNCv三种CT征象上的比较(例)

Table 1 Comparison of CT features in 43 children with skeletal muscle tumors/tumor-like lesions on TNC, VNCA and VNCv images(n)

CT 扫描方式	病灶边界		钙化		液化、坏死		出血		骨骼破坏	
	模糊	清晰	有	无	有	无	有	无	有	无
TNC	19	24	20	23	15	28	7	36	12	31
VNC										
VNCv	22	21	19	24	12	31	7	36	12	31
VNCA	23	20	18	25	11	32	4	39	10	33
χ^2 值	0.820		0.216		0.969		1.216		0.355	
P 值	0.737		0.974		0.693		0.600		0.907	

注 TNC:真实平扫; VNC:虚拟平扫; VNCA:动脉期 VNC 图像; VNCv:静脉期 VNC 图像

表 2 TNC 与 VNCA、VNCv 三种图像的 CT 值和 SNR 值、CNR 值的比较($\bar{x} \pm s$)
Table 2 Comparison of CT,SNR and CNR values on TNC,VNCA and VNCv images($\bar{x} \pm s$)

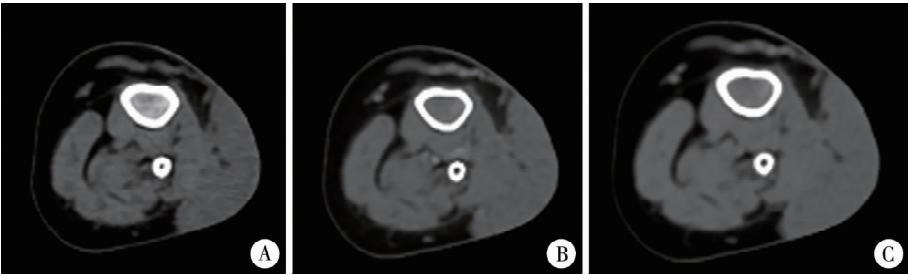
CT 扫描方式	CT 值(HU)			影像质量评价	
	骨骼肌病灶	正常骨骼肌	皮下脂肪	SNR	CNR
TNC	38.867 ± 8.071	57.742 ± 5.812	99.114 ± 12.907	6.566 ± 2.330	1.805 ± 1.186
VNC					
VNCA	41.072 ± 9.351	56.412 ± 5.547	91.384 ± 13.871 ^a	7.892 ± 3.524	0.174 ± 0.120 ^a
VNCv	42.737 ± 8.640	57.223 ± 4.787	88.314 ± 14.137 ^a	8.534 ± 3.697 ^a	1.416 ± 0.968 ^a
F 值	2.139	0.663	7.149	4.220	39.652
P 值	0.122	0.517	<0.001	0.045	<0.001

注 TNC:真实平扫; VNC:虚拟平扫; VNCA:动脉期 VNC 图像; VNCv:静脉期 VNC 图像; SNR:信噪比; CNR:对比噪声比; HU:亨氏单位; ^a:与 TNC 比较,差异有统计学意义

表 3 两名放射科医师对 34 例骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变患儿 TNC、VNCA 和 VNCv 图像的主观评分结果(例)
Table 3 Subjective scoring results of two radiologists for 34 children with skeletal muscle tumors/tumor-like lesions on TNC, VNCA and VNCv images(*n*)

观察者	TNC			VNC					
				VNCA			VNCv		
	3 分	4 分	5 分	3 分	4 分	5 分	3 分	4 分	5 分
1	7	17	19	8	15	20	9	13	21
2	7	17	19	4	17	22	8	15	20

注 TNC:真实平扫; VNC:虚拟平扫; VNCA:动脉期 VNC 图像; VNCv:静脉期 VNC 图像



注 A:TNC,下肢脂肪层软组织密度肿块,密度均匀,边界清晰; B:VNCA,病灶显示清晰,肉眼观察其对比度与 TNC 无异; C:VNCv,病灶显示清晰,肉眼观察其对比度与 TNC 无异; TNC:真实平扫; VNC:虚拟平扫; VNCA:动脉期 VNC 图像; VNCv:静脉期 VNC 图像

图 1 11 月龄男性患儿左下肢血管畸形的 TNC、VNCA 与 VNCv 图
Fig.1 TNC (A), VNCA (B) and VNCv image (C) of a 11-month-old boy with vascular malformation in left lower extremity hemangioma

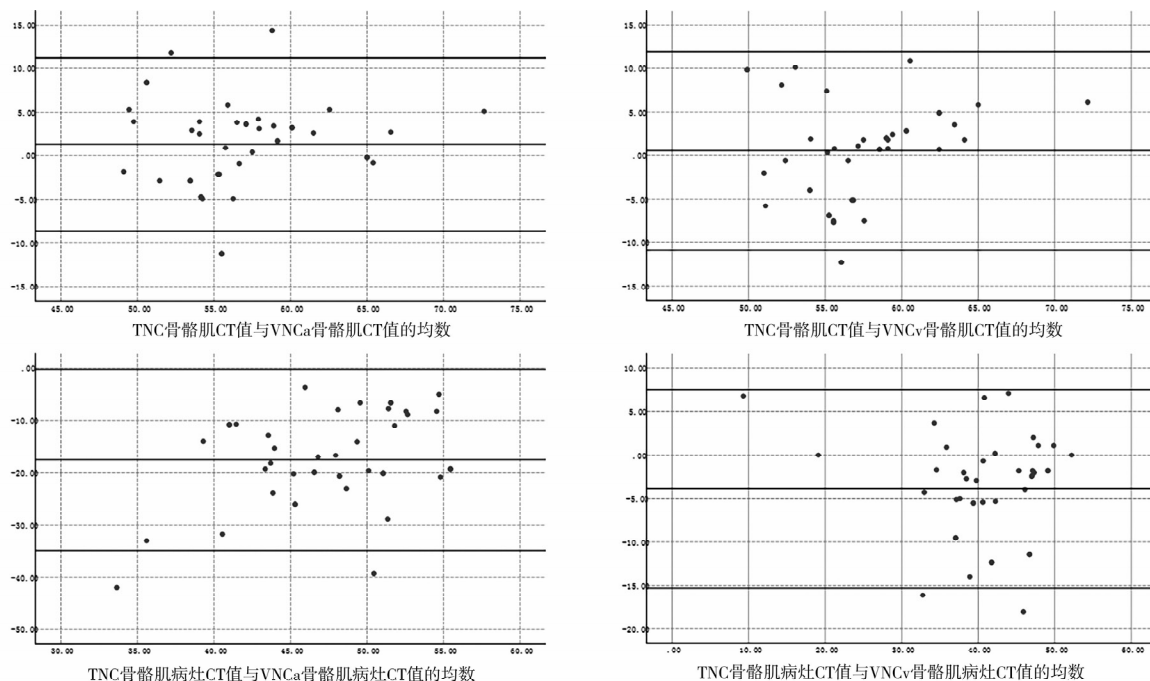
与 TNC 图像比较,正常骨骼肌的 VNCA 图像与 VNCv 图像的平均差值分别为 1.330 HU、0.518 HU, LoA 界外数据点比例为 6.977%、2.326%。骨骼肌病灶的 VNCA 图像与 VNCv 图像平均差值分别为 -

17.544 HU、-3.870 HU,LoA 界外数据点比例均为 4.651%。皮下脂肪层的 VNCA 图像与 VNCv 图像平均差值分别为 -7.730 HU、-10.800 HU,LoA 界外数据点比例均为 2.326%(表 4、图 2)。

表 4 TNC、VNCA 与 VNCv 图像 CT 值一致性分析
Table 4 Consistency analysis of CT values for TNC,VNCA and VNCv images

参数	骨骼肌病灶		正常骨骼肌		皮下脂肪	
	VNCA	VNCv	VNCA	VNCv	VNCA	VNCv
差值均值(HU)	-17.544	-3.870	1.330	0.518	-7.730	-10.800
SD 值(HU)	8.854	5.806	5.059	5.813	6.703	7.850
均数 + 1.96s(HU)	-0.190	7.510	11.245	11.911	5.408	2.467
均数 - 1.96s(HU)	-34.900	-15.250	-8.586	-10.875	-20.868	-26.186
差值 > LoA	4.651%	4.651%	6.977%	2.326%	2.326%	2.326%

注 TNC:真实平扫; VNC:虚拟平扫; VNCA:动脉期 VNC 图像; VNCv:静脉期 VNC 图像; HU:亨氏单位; SD 值:标准差值; LoA:一致性界限



注 A:正常骨骼肌在 TNC 图与 VNCa 图的差值; B:正常骨骼肌在 TNC 图与 VNCv 图的差值; C:骨骼肌病灶在 TNC 图与 VNCa 图的差值; D:骨骼肌病灶在 TNC 图与 VNCv 图的差值; TNC:真实平扫; VNC:虚拟平扫; VNCa:动脉期 VNC 图像; VNCv:静脉期 VNC 图像

图 2 正常骨骼肌与骨骼肌病灶 CT 值一致性分析的 Bland-Altman 散点图

Fig.2 Bland-Altman scatter plot for consistency analysis of CT values between normal skeletal muscle and skeletal muscle lesion

讨论

随着能谱 CT 的广泛应用,骨骼肌肿瘤/肿瘤样疾病的诊断能力不断提高,但辐射剂量会不可避免地增加。能谱 CT 通过物质分离技术实现 VNC 图像重组,不仅能减少扫描次数、降低辐射剂量,还能提供与 TNC 影像质量相当的虚拟图像。

本研究中 VNCa 图像、VNCv 图像与 TNC 图像在儿童正常骨骼肌及骨骼肌肿瘤/肿瘤样病灶中的 CT 值差异无统计学意义(正常骨骼肌: $P=0.517$,骨骼肌病灶: $P=0.122$),且两名放射科医师对 VNCa、VNCv 图像与 TNC 图像的质量评分均 ≥ 3 分,达到诊断要求。与 TNC 图像相比,VNCa 图像与 VNCv 图像在骨骼肌病灶的平均差值分别为 -17.544 HU、 -3.870 HU,LoA 界外数据点比例均为 4.651% ,较以往研究低,提示 CT 值之间存在强相关性,可能与儿童骨骼肌密度相对均匀、本身噪声低有关^[11]。故在儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变中,TNC 可与 VNCa、VNCv 图像质量相媲美,完全可以满足诊断要求。除了评价 VNC 图像是否能够真实反映儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变的 TNC 图像 CT 值外,SNR 值和 CNR 值也是评价图像质量的重要指标,SNR 值越高代表组织间对比度越好,CNR 值越高代表图像对比

度越好。经碘抑制技术重组 VNCv 图像的 SNR 值高于 TNC 图像,但 VNCa、VNCv 图像的 CNR 值均较 TNC 图像低,这可能与 VNCa、VNCv 图像脂肪组织背景噪声普遍偏高有关^[12]。但相对其他脏器(如肝脏、胰腺等),骨骼肌细胞致密,密度趋于均匀稳定,儿童骨骼肌脂肪含量较成人低,该队列中亦无含大量脂肪组织的肿瘤,故基本可满足该队列图像质量要求。

TNC 图像是骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变诊断的关键,因为其可在未增强前通过 CT 值识别骨骼肌疾病中的钙化或出血,可清晰显示骨骼是否被病灶侵蚀、是否合并病理性骨折等,故 CT 征象也是临床诊断和治疗方案选择的关键因素。本研究显示 TNC 图像与 VNCa、VNCv 图像在显示儿童骨骼肌病灶的 CT 征象中(边界,有无钙化、有无出血及液化坏死、有无骨骼破坏)差异无统计学意义($P>0.05$),TNC 图像和 VNCv 图像对儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变的病灶检出率更接近。VNCv 图像中 3 例病灶边界显示不清,患儿均为肌肉组织病灶且紧贴脂肪组织;1 例细小钙化灶未检出,3 例囊内密度较高(CT 值均 >25 HU),液化坏死未检出,这可能与 VNC 图像的模糊淡化作用有关^[13]。但由于儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变中钙化灶体积通常并不小,囊性变、坏死及边界等信息可通过增强扫描补充,而出血、骨破坏并无遗漏,因此对儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样

病变的整体诊断影响较小。也有研究者提出使用双层探测器光谱 CT、光谱重建算法和噪声抑制技术,使肝脏三期增强扫描 VNC 成像替代 TNC,应用双源能谱 CT 的 VNC 评估食管癌等,这些研究中 VNC 图像相比本研究能够得到更高的 CNR 值,且小病灶检出率更高^[10,14]。故以后可参考此类研究进一步提高儿童 VNC 的图像质量,以获得更清晰的图像。

本研究存在一定的局限性:①总体样本量较小,每个病种数量较少;②VNC 图像的 CNR 值相比 TNC 图像较低,噪声较高,皮下脂肪层的 CT 值差异较大,虽然可以满足骨骼肌的影像学诊断,但在脂肪含量高的部位、器官,其显示可能欠佳,今后将采用不同的重建方法及技术,扩大样本量进一步深入研究。

综上所述,能谱 CT VNC 技术可为儿童骨骼肌肿瘤/肿瘤样病变提供与 TNC 图像质量和诊断信息相似的 VNC 图像,尤其是 VNC_v 图像,基本可以达到影像学诊断要求,并可避免行一期常规平扫,可在减少扫描时间的同时,降低辐射剂量。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 李君伟负责文献检索和起草文章;庄霞梅、金科负责论文设计;尹燕、王海负责数据收集与分析;尹燕、魏伟安负责论文结果撰写和讨论分析;金科负责对文章知识性内容进行审阅

参 考 文 献

- [1] Nystrom LM, Reimer NB, Dean CW, et al. Evaluation of imaging utilization prior to referral of musculoskeletal tumors: a prospective study [J]. J Bone Joint Surg Am, 2015, 97(1): 10-15. DOI: 10.2106/JBJS.N.00186.
- [2] 黄仁军, 李勇刚. 能谱 CT 的临床应用与研究进展 [J]. 放射学实践, 2015, 30(1): 81-83. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.01.022.
Huang RJ, Li YG. Clinical applications and research advances of energy spectrum CT [J]. Radiologic Practice, 2015, 30(1): 81-83. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.01.022.
- [3] 袁源, 郎宁, 袁慧书. CT 能谱曲线在脊柱转移瘤和感染性病变中的鉴别诊断价值 [J]. 北京大学学报(医学版), 2021, 53(1): 183-187. DOI: 10.19723/j.issn.1671-167X.2021.01.027.
Yuan Y, Lang N, Yuan HS. CT spectral curve in differentiating spinal tumor metastasis and infections [J]. J Peking Univ (Health Sci), 2021, 53(1): 183-187. DOI: 10.19723/j.issn.1671-167X.2021.01.027.
- [4] 徐月, 何东, 周敏, 等. 能谱 CT 在良恶性肾脏囊性占位中的诊断价值 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32(9): 644-647, 659. DOI: 10.12117/jcemi.2021.09.009.
Xu Y, He D, Zhou M, et al. Diagnostic values of spectral CT in benign and malignant cystic renal masses [J]. J Chin Clin Med Imaging, 2021, 32(9): 644-647, 659. DOI: 10.12117/jcemi.2021.09.009.
- [5] Zhang XL, Bai LC, Wang D, et al. Gastrointestinal stromal tumor risk classification: spectral CT quantitative parameters [J]. Abdom Radiol (NY), 2019, 44(7): 2329-2336. DOI: 10.1007/s00261-019-01973-w.
- [6] Dong Y, Zheng SW, Machida H, et al. Differential diagnosis of osteoblastic metastases from bone islands in patients with lung cancer by single-source dual-energy CT: advantages of spectral CT imaging [J]. Eur J Radiol, 2015, 84(5): 901-907. DOI: 10.1016/j.ejrad.2015.01.007.
- [7] Uhl M, Herget G, Hettmer S, et al. Bone and soft tissue tumours in children: proposal for a rational diagnostic approach [J]. Radiologie, 2021, 61(7): 649-657. DOI: 10.1007/s00117-021-00859-7.
- [8] 程璐, 朱唯玮, 李芋亭, 等. 探讨 GE Revolution 能谱扫描上腹部虚拟平扫代替常规平扫可行性 [J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(11): 105-107.
Cheng L, Zhu WW, Li YT, et al. Exploring the feasibility of GE Revolution energy spectrum scanning for virtual plain scanning of upper abdomen instead of conventional plain scanning [J]. J Imaging Res Med Appl, 2020, 4(11): 105-107.
- [9] Bonatti M, Lombardo F, Zamboni GA, et al. Dual-energy CT of the brain: comparison between DECT angiography-derived virtual unenhanced images and true unenhanced images in the detection of intracranial haemorrhage [J]. Eur Radiol, 2017, 27(7): 2690-2697. DOI: 10.1007/s00330-016-4658-y.
- [10] 郑星星, 冯峰, 丁勇生, 等. 双源能谱 CT 虚拟平扫代替常规平扫评估食管癌的可行性研究 [J]. 国际医学放射学杂志, 2020, 2043(2): 150-155. DOI: 10.19300/j.2020.L17479.
Zheng XX, Feng F, Ding YS, et al. Feasibility of using dual-source energy spectrum CT virtual non-contrast instead of true non-contrast scan for evaluating esophageal cancer [J]. Int J Med Radiol, 2020, 43(2): 150-155. DOI: 10.19300/j.2020.L17479.
- [11] Borhani AA, Kulzer M, Iranpour N, et al. Comparison of true unenhanced and virtual unenhanced (VUE) attenuation values in abdominopelvic single-source rapid kilovoltage-switching spectral CT [J]. Abdom Radiol (NY), 2017, 42(3): 710-717. DOI: 10.1007/s00261-016-0991-5.
- [12] Liang ES, Wastney T, Dobeli K, et al. Virtual non-contrast detector-based spectral CT predictably overestimates tissue density for the characterisation of adrenal lesions compared to true non-contrast CT [J]. Abdom Radiol (NY), 2022, 47(7): 2462-2467. DOI: 10.1007/s00261-022-03528-y.
- [13] 苏蕾, 牛志兴, 高剑波, 等. 能谱 CT 虚拟平扫图像在腮腺肿瘤检出及显示中的可行性 [J]. 中国医学影像学杂志, 2019, 27(2): 124-127, 130. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2019.02.010.
Su L, Niu ZX, Gao JB, et al. Feasibility of energy spectral CT virtual non-contrast images in detecting and visualizing parotid tumors [J]. Chin J Med Imaging, 2019, 27(2): 124-127, 130. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2019.02.010.
- [14] 林禹, 张潇潇, 张有彬, 等. 双层探测器光谱 CT 虚拟平扫应用于肝脏三期增强扫描 [J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(S1): 29-33. DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2020.z1.007.
Lin Y, Zhang XX, Zhang YB, et al. Application of dual-layer spectral detector CT virtual non-contrast images in hepatic triple-phase enhanced scan [J]. Chin J Med Imaging Technol, 2020, 36(S1): 29-33. DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2020.z1.007.

(收稿日期: 2023-03-31)

本文引用格式: 李君伟, 庄霞梅, 尹燕, 等. 能谱 CT 虚拟平扫与真实平扫诊断儿童骨骼肌肿瘤或肿瘤样病变的对比研究 [J]. 临床小儿外科杂志, 2024, 23(4): 387-392. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202303069-016.

Citing this article as: Li JW, Zhuang XM, Yin Y, et al. Comparative study of spectral CT virtual plain scan versus actual plain scan in diagnosing pediatric skeletal muscle tumors/tumor-like lesions [J]. J Clin Ped Sur, 2024, 23(4): 387-392. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202303069-016.