

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2015.12.017

能谱 CT 动态增强后单能量 CT 值、能谱曲线形态及斜率在肾上腺腺瘤与非腺瘤诊断中的应用初探*

张迪¹ 刘艳斌² 楚晓权¹ 苏贝尔¹ 李怡萱¹ 秦海燕^{1△}

(1 哈尔滨医科大学附属第四医院医学影像中心 & 哈尔滨医科大学分子影像研究中心 黑龙江 哈尔滨 150001;

2 吉林大学公共卫生学院流行病与卫生统计学教研室 吉林 长春 130021)

摘要 目的:研究能谱 CT 动态增强后肾上腺肿瘤单能量 CT 值、能谱曲线形态及斜率差异的临床价值。**方法:**应用能谱分析软件处理腺瘤(45 个)与非腺瘤(20 个)CT 动态增强资料,均经手术病理和/或临床资料证实。分别测量腺瘤与非腺瘤在 28 s、60 s、180 s 时间点的 11 个单能量点(40~140keV)CT 值、记录能谱曲线形态并计算其低能量段(40~100 keV)的斜率。**结果:**在各个时间点,腺瘤与非腺瘤各单能量点 CT 值差异无统计学意义($P>0.05$),能谱曲线形态为速降形、缓降形、近似直线形、勺形及弓形五种($P<0.05$)。在 60 s,二者能谱曲线斜率差异有统计学意义($P<0.05$),而在 28 s 与 180 s,差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**能谱 CT 动态增强后肾上腺腺瘤与非腺瘤能谱曲线形态及在 60 s 时低能量段能谱曲线斜率存在差异,可能有助于二者鉴别。

关键词:能谱 CT; 单能量图; 曲线; 肾上腺; 肿瘤

中图分类号: R445.3 文献标识码: A 文章编号: 1673-6273(2015)12-2273-05

Preliminary Application of Dynamic-enhanced CT Spectrum's Single Energy CT Value and Curve Shape and Slope in Diagnosis of Adrenal Adenomas and Non-adenomas*

ZHANG Di¹, LIU Yan-bin², CHU Xiao-quan¹, SU Bei-er¹, LI Yi-xuan¹, QIN Hai-yan^{1△}

(1 Department of Radiology, The Fourth Hospital of Harbin Medical University & Molecular Imaging Center of Harbin Medical University, Harbin, Heilongjiang, 150001, China; 2 Department of Epidemiology and Health Statistics, The College of Public Health, Jilin University, Changchun, Jilin, 130021, China)

ABSTRACT Objective: To observe the differences of single energy CT value and spectral curve shape and slope after dynamic postcontrast CT for adrenal tumors with gemstone spectral imaging. **Methods:** 45 adrenal adenomas and 20 non-adenomas that were confirmed by postoperative and/or clinical information, undergone the spectral analysis software. We measured 11 single energy points(40 to 140keV) CT value, recorded the spectral curve shape and calculated the spectral curve slope in the low energy region (40 to 100keV) obtained at 25 s, 60 s and 180 s, respectively. **Results:** There was no statistical difference for the CT values of adenomas and non-adenomas at each single energy points at all imaging gathering points ($P>0.05$). Five types of spectrum curve, including downhill type, slow down type, approximate linear, spoon-shaped and bow-shaped were showed in adenomas and non-adenomas ($P>0.05$). Downhill type was more commonly seen in adenomas. At 60 s, there was significant difference for the slope which came from the 40 to 100keV single energy points between adenomas and non-adenomas ($P<0.05$). No differences of the slope of the spectrum curve were found at other times. **Conclusion:** The shapes of spectral curve of adrenal tumors were different, and the slope of spectral curve reflects the variation of CT value according to low keV level at 60 s postcontrast, which is helpful in differentiating adrenal adenoma and non-adenoma.

Key words: Spectral CT; Monoimage; Curve; Adrenal; Tumor

Chinese Library Classification(CLC): R445.3 **Document code:** A

Article ID:1673-6273(2015)12-2273-05

前言

胸腹部 CT 检查时,通常约有 4% 的肾上腺肿瘤被偶然发现,而在老龄人群中则达 10%^[1,2],部分肿瘤的平扫 CT 值和

CT 动态增强表现都难以明确其组织学性质。近年来能谱 CT 已经用于正常肾上腺及其良性病变的研究^[3-6]。本研究拟初步探讨在能谱(Gemstone spectral imaging, GSI)成像模式下,CT 动态增强后肾上腺肿瘤单能量 CT 值、能谱曲线表现形态及其

* 基金项目:省教育厅课题面上项目(12531249);哈尔滨市科技创新人才研究专项资金(2011RFXYS054)

作者简介:张迪(1988-),女,硕士研究生,研究方向:胸腹部影像诊断,电话:0451-8593 9031, E-mail:474654765@qq.com

△通讯作者:秦海燕, E-mail:hljqhy@163.com

(收稿日期:2014-05-16 接受日期:2014-06-08)

曲线斜率差异是否有助于判定其组织学特性。

1 材料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2012 年 8 月至 12 月间 63 例在 GSI 模式下 CT 动态增强后肾上腺肿瘤资料。男 33 例,女 30 例,年龄 30~81 岁,平均年龄 55.98 ± 10.78 岁。肿瘤大小 $0.7 \text{ cm} \times 0.6 \text{ cm} \sim 8.55 \text{ cm} \times 10.75 \text{ cm}$,位于左侧 37 例,右侧 24 例,双侧 2 例,包括腺瘤 45 个(双侧 1 例),非腺瘤 20 个。15 个腺瘤经手术病理证实,15 个腺瘤平扫 CT 值 $< 10 \text{ HU}$,1 个 MR 反相位信号强度减低,14 个经影像学检查随访 6 月以上,病变保持稳定(包括肾癌 1 例,肺癌 2 例)。非腺瘤经手术病理证实 8 个,包括嗜铬细胞瘤 4 个,髓质瘤 3 个,神经源性肿瘤 1 个。转移瘤 12 个(双侧 1 例),其中原发瘤胰腺癌 1 例,胃癌 1 例,肝细胞癌 4 例,肾细胞癌 1 例,4 例原发瘤不明者,其影像学特征符合转移瘤。

1.2 GSI 成像方法

采用宝石能谱 CT 机(Discovery CT 750 HD, GE Healthcare, Milwaukee, USA)。GSI 成像参数如下:机架旋转时间 0.6 s/周,探测器宽度 $0.625 \text{ mm} \times 64$;层厚/间隔 1.25 mm ,螺距 1.375:1,自动球管电流技术(0~600 mA),140 kVp 和 80 kVp 高低球管电压瞬时(0.5 ms)高速切换。检查前 15-30 min 患者饮清水 800-1000 ml,以消除胃肠道气体所产生的伪影干扰,签署知情同意书。经双筒高压注射器(Medrad, USA)于肘静脉以 3.5 mL/s 注入 65 mL 非离子型碘对比剂碘佛醇(Ioversol, 350 mgI/mL)后,分别在 28 s、60 s、180 s 开始扫描。标准算法重建 70keV 单能量图。

1.3 图像分析

由 2 名具有 10 年以上放射诊断经验的医师协商评估图像质量、病变性质及数据测量。利用 GE AW4.5(GE Healthcare, USA)工作站附带的 GSI viewer 软件中的 MD Analysis 工具进行图像分析。在肿瘤最大截面上放置感兴趣区,大小约为其 1/2 或 2/3,即可获得肿瘤在各时间点、各单能量点(keV)的 CT 值与能谱曲线图。观察记录能谱曲线形态特点、40~140 keV 间每 10 keV 所对应的 11 个 CT 值。选取能谱曲线下明显的单能量段(40~100 keV)计算肿瘤在各时间点的曲线斜率 K($K=y/x$),y 是能谱曲线上顺延 2 点的 CT 值之差,x 是 2 点的单能量差^[7]。计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。计数资料以百分比(%)表示。

1.4 统计学处理

使用 SPSS17.0 软件对不同时间点、单能量点 CT 值及能谱曲线表现形态、斜率比较分析,计量资料经方差分析后,方差齐采用两独立样本 t 检验,方差不齐则采用秩和检验。计数资料采用 Fisher-exact 检验。 $P < 0.05$ 差异具有统计学意义。

2 结果

本组 63 例患者无与对比剂相关副反应发生。图像质量均符合诊断要求。

2.1 CT 动态增强表现

腺瘤多呈圆形、椭圆形,边界清晰,强化均匀,非腺瘤多为类圆形或不规则形,边界清晰或模糊,强化密度不均或均匀。

2.2 单能量 CT 值比较

在 28 s、60 s 及 180 s,腺瘤与非腺瘤在各个单能量点 CT 值差异无统计学意义,见表 1。

表 1 腺瘤与非腺瘤在不同时间点及单能量点(keV)CT 值比较(HU)

Table 1 Comparison of CT value of adrenal adenomas and non-adenoma at different scan time point and the single energy (keV) point

Single energy (keV)	Scan time point								
	28 s			60 s			180 s		
	Adenoma	Non-adenoma	P value	Adenoma	Non-adenoma	P value	Adenoma	Non-adenoma	P value
40	168.96 $\pm$ 108.31	137.01 $\pm$ 135.84*	0.315	192.73 $\pm$ 74.97	147.19 $\pm$ 122.63	0.313	124.89 $\pm$ 46.23	123.12 $\pm$ 106.50	0.224
50	114.37 $\pm$ 71.76	92.46 $\pm$ 97.35*	0.314	127.60 $\pm$ 49.12	98.93 $\pm$ 89.19	0.536	84.08 $\pm$ 32.44	76.47 $\pm$ 78.60	0.393
60	77.14 $\pm$ 50.13	65.03 $\pm$ 73.87*	0.442	87.58 $\pm$ 34.67	68.19 $\pm$ 68.51	0.776	57.97 $\pm$ 23.99	58.40 $\pm$ 61.66	0.069
70	57.41 $\pm$ 35.52	48.78 $\pm$ 59.46	0.460	63.82 $\pm$ 25.88	50.37 $\pm$ 55.92	0.955	44.13 $\pm$ 18.73	43.58 $\pm$ 50.97	0.056
80	44.15 $\pm$ 26.82	38.49 $\pm$ 50.51	0.348	48.60 $\pm$ 21.13	39.46 $\pm$ 48.45	0.589	35.58 $\pm$ 16.01	34.24 $\pm$ 44.27	0.062
90	36.42 $\pm$ 22.07	31.73 $\pm$ 45.26	0.256	39.32 $\pm$ 18.18	31.71 $\pm$ 43.79	0.495	30.21 $\pm$ 14.61	28.08 $\pm$ 40.23	0.077
100	30.18 $\pm$ 18.82	26.79 $\pm$ 41.45	0.159	31.20 $\pm$ 16.37	26.43 $\pm$ 40.53	0.268	25.73 $\pm$ 13.60	23.64 $\pm$ 37.31	0.087
110	25.63 $\pm$ 16.94	23.29 $\pm$ 38.85	0.143	26.98 $\pm$ 14.76	22.69 $\pm$ 38.28	0.206	22.56 $\pm$ 12.96	20.50 $\pm$ 35.28	0.087
120	22.56 $\pm$ 15.66	20.87 $\pm$ 37.08	0.108	23.39 $\pm$ 13.89	20.06 $\pm$ 36.74	0.139	20.35 $\pm$ 12.56	18.40 $\pm$ 33.97	0.080
130	20.14 $\pm$ 14.85	19.01 $\pm$ 35.75	0.085	20.62 $\pm$ 13.31	18.03 $\pm$ 35.56	0.134	18.55 $\pm$ 12.44	16.59 $\pm$ 32.80	0.086
140	18.23 $\pm$ 14.30	17.49 $\pm$ 34.70	0.080	192.73 $\pm$ 74.97	15.47 $\pm$ 35.28	0.144	17.20 $\pm$ 12.25	15.25 $\pm$ 31.96	0.096

注:* 两独立样本 t 检验,余为秩和检验。

Note: *Two independent samples t test, the other is Rank test.

2.3 曲线斜率比较

在 60 s 时,腺瘤与非腺瘤能谱曲线在低能量段(40~100

keV)斜率间差异具有统计学意义($P=0.035$),而在 28 s、180 s,其差异无统计学意义($P=0.727$, $P=0.362$)(表 2,图 1)。

表 2 腺瘤与非腺瘤在低能量段(40-100keV)曲线斜率比较(HU)

Table 2 Comparison of the slope of spectral curve in low energy segment (40 ~ 140 keV) obtained from adrenal adenomas and non-adenoma

Scan time points	28 s*	60 s*	180 s
Adenoma	2.31± 1.58	2.69± 1.04	1.62± 0.66
Non-adenoma	1.84± 1.65	2.01± 1.44	1.66± 1.19
P value	0.272	0.035	0.362

注: * 两独立样本检验;余为秩和检验。

Note: *Two independent samples t test, the other is Rank test.

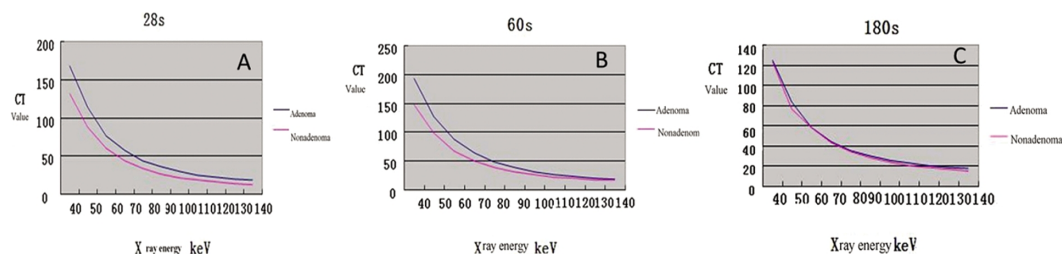


图 1 肾上腺腺瘤与非腺瘤在不同时间点 28 s (A)、60 s (B)、180 s (C)能谱曲线低能量段(40~140 keV)斜率比较

Fig.1 Comparison of the slope of spectral curve in low energy segment (40 ~ 140 keV) obtained from adrenal adenomas and non-adenoma at 28 s (A),60 s (B) and 180 s (C), respectively

2.4 能谱曲线表现形态

除近似直线形走行外,腺瘤与非腺瘤能谱曲线在单能量点40~100 keV 间排列关系复杂;或三期完全重合,或其中两期重合,或三期相互分离,且重合与分离程度、期相差异较大。在100~140 keV 间,则呈直线或近似直线重合走行。以能谱曲线

图横坐标(CT 值 0)为参照,腺瘤与非腺瘤能谱曲线形态表现为速降形、缓降形、近似直线形、勺形及弓形 5 种,差异具有统计学意义($p=0.000$),其中腺瘤以速降形(33.85%)为主,其次为缓降形(24.62%),非腺瘤以速降形(21.54%)为主(表 3,图 2)。

表 3 腺瘤与非腺瘤 CT 能谱曲线表现类型 n= 个数(%)

Table 3 The types of spectrum curve obtained from adenomas and non-adenoma n = number (%)

Type	Adenoma	Non-adenoma	X ²	P
Downhill type (55.38)	22(33.85)	14(21.54)		
Slow down type (29.23)	16(24.62)	3(4.62)		
Approximate linear type(9.23)	5(7.69)	1(1.54)	122.00	0.000
Spoon-shaped type (1.54)	1(1.54)			
Bow-shaped type (4.62)	1(1.54)	2(3.08)		

3 讨论

3.1 不同单能量点腺瘤与非腺瘤 CT 值比较

平扫 CT 值是否小于 10HU^[8]是鉴别肾上腺腺瘤与非腺瘤的重要量化指标。但是采用增强后测量肿瘤不同时间点 CT 值、计算对比剂廓清率及将二者相结合^[9-12]等方法来鉴别二者的标准并不一致。CT 能谱成像通过单源瞬时 kVp 切换技术,在 0.5 ms 内获取同时、同向、同源高、低两组能量数据,在投影数据空间重建数据,得到系列连续能量(40~140 keV)的单能量(keV)图像,即模拟物体在单色 X 线源情况下可能获得的图像^[13],消除了射线硬化伪影和 CT 值漂移等问题。本研究采用能谱扫描模式对肾上腺肿瘤进行动态增强检查,参照王文红等^[12]CT 动态增强后 3 min 时间点对于鉴别肾上腺腺瘤与非腺瘤有较高价值的研究结果,将数据采集时间点设置为 28 s、60 s 和 180 s,该时间点亦可同时兼顾上腹部其他脏器(如肝脏)病变强化

特点及辐射剂量。结果提示采用 GSI 模式 CT 动态增强早期各单能量点 CT 值对诊断肾上腺腺瘤与非腺瘤无意义,与 Szolar 等^[11]利用常规 CT 动态增强研究结果部分近似,即不能利用增强早期 CT 值(≤ 90 s)鉴别二者,而与其报道二者 CT 值在 180 s 时有差异结果不同,即本研究显示二者在 180 s 时 CT 值无明显差异。

3.2 腺瘤与非腺瘤 CT 能谱曲线表现形态及斜率比较

物质衰减曲线反映了不同物质对于 X 线的特征性吸收和物质的不同化学组成,可用斜率来定量评估^[14]。在任意单能量图像上,选择任意感兴趣区,都能得到各单能量点平均 CT 值和标准差及其对应 CT 值的能谱曲线,类似的能谱曲线提示同样或类似的结构或病变病理类型。本研究显示增强后尽管非腺瘤与腺瘤能谱曲线形态有部分重叠,但二者仍有差异($P=0.000$),原因应与肾上腺腺瘤(约 70%)富含脂质(胆固醇、脂肪酸和成熟脂肪)有关^[2],亦与瘤内含有软组织成份,细胞内脂质

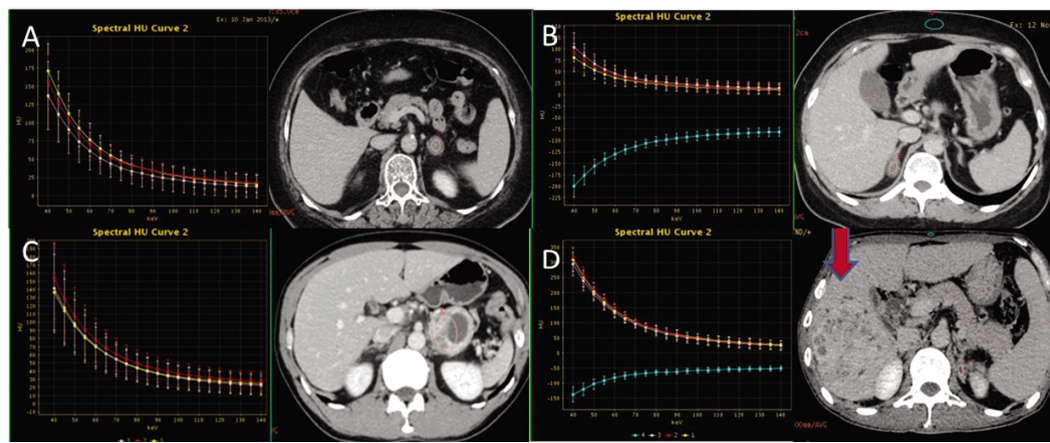


图2 能谱曲线类型

Fig.2 Different spectral curve type

注: A 53岁女性左肾上腺腺瘤,速降型;B 70岁女性右肾上腺腺瘤,缓降型;C 51岁男性左肾上腺嗜铬细胞瘤,缓降型;D 58岁男性肝右叶原发性肝癌(红箭),左肾上腺转移瘤,速降型。A-D中,黄色、红色、粉色曲线代表于28 s、60 s、180 s获得的肾上腺肿瘤能谱曲线,蓝色曲线代表皮下脂肪能谱曲线。蓝色、粉色圆圈分别为放置于皮下脂肪、肾上腺肿瘤的ROI。

Note: A a 53 year-old woman with a adenoma (pink ROI) in the left adrenal gland, the spectral curve shape showed downhill type; B a 70 year-old woman with a adenoma (pink ROI) in the right adrenal gland, the spectral curve shape showed slow down type; C a 51 year-old man with a Pheochromocytomas (pink ROI) in the left adrenal gland, the spectral curve shape showed slow down type; D a 58 year-old man with primary hepticellular carcinoma in the right hepatic lobe (red arrow) and a metastatic tumor (pink ROI) in the left adrenal gland, the spectral curve shape showed slow down type. From A to D, yellow, red, pink spectral curves obtained from the adrenal tumor at 28 s, 60 s, 180 s, respectively; blue spectral curve obtained from the subcutaneous fat.

Blue and pink circle were the ROI placed on the adrenal tumor and subcutaneous fat, respectively.

相对比例差别大有关,如乏脂性腺瘤内脂质含量较低(10%~40%)^[15,16]。肿瘤内组织学成分存在差异时,低keV条件下X线成像对非脂肪成份穿透力低、图像的组织对比度亦较高有关。碘对比剂注入后,又增加了不同肿瘤X线吸收系数的差别,同时肿瘤血管灌注状态、血管通透性等因素对碘对比剂的药代动力学影响亦不可忽视。有研究表明腺瘤微血管密度高于非腺瘤,微血管超微结构显示管腔规则,无狭窄;内皮细胞吞饮泡多,窗孔多;细胞间隙增宽;基底膜菲薄,厚薄均匀,有裂口;血管外间隙窄、规则且均匀一致,基质少,而非腺瘤基本与之相反,因此腺瘤内对比剂廓清快于非腺瘤^[12,17,18]。在28 s,碘对比剂在肿瘤血管内浓度接近峰值,廓清较少,应是腺瘤与非腺瘤各单能量点CT值及能谱曲线斜率无明显差异($P=0.272$)的主要因素,但是随着时间延迟,肿瘤血管结构及其内对比剂的血管外渗透和清除能力成为影响各单能量点CT值变化的主要因素。在60 s时,肾上腺腺瘤内对比剂廓清迅速,CT值下降显著,故在低能量段(40~100 keV)的能谱曲线斜率高于非腺瘤($P=0.035$)。而在180 s,因肾上腺腺瘤与非腺瘤对碘对比剂廓清能力的明显不同,并且其组织学成分存在差异,故二者能谱曲线斜率差异无统计学意义($P=0.362$),提示肿瘤微血管密度及其超微结构^[19]亦是CT动态增强后肾上腺肿瘤能谱曲线表现及斜率存在差异的病理基础之一。

3.3 本研究限度

首先本研究样本量较小,与其发病率较低(约为2-9%)有关^[20],尤其是非腺瘤中各单类肿瘤数量少。其次肿瘤大小差别大(最小约0.7×0.6 cm),组织学成分亦差异大,测量值将受部分容积效应影响;再者部分肿瘤组织学性质依据影像学随访资料分类。而且本研究未能将单能量、能谱曲线、物质分离、原子

序数四大能谱分析工具相结合综合分析,致使本研究结果存在着一定偏差。

综上所述,GSI模式下,CT动态增强后肾上腺腺瘤与非腺瘤能谱曲线表现形态不同;在60 s时,能谱曲线斜率在低能量段(40~100 keV)存在差异,对二者鉴别诊断有一定应用价值。

参考文献(References)

- [1] Kloos RT, Korobkin M, Thompson NW, et al. Incidentally discovered adrenal masses[J]. Cancer Treat Res, 1997, 89: 263-292
- [2] Boland GW, Blake MA, Hahn PF, et al. Incidental adrenal lesions: Principles, techniques, and algorithms for imaging characterization[J]. Radiology, 2008, 249(3): 756-775
- [3] 张晓鹏. 探索的精神与乐趣-CT能谱成像临床应用研究中的思考[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(8): 709-712
Zhang Xiao-peng. Spirit and fun of exploration-thinking of clinical application of CT imaging spectroscopy study [J]. Chinese Journal of Radiology, 2011, 45(8): 709-712
- [4] 刘婧, 王鹤, 王霄英, 等. 双能CT成像鉴别肾上腺良恶性病变的初步研究[J]. 放射学实践杂志, 2012, 27(3): 242-245
Liu Jing, Wang He, Wang Xiao-ying, et al. Preliminary study of dual energy CT in differentiation of adrenal lesions[J]. Radiologic Practice, 2012, 27(3): 242-245
- [5] 吴春茂, 余永强, 刘斌, 等. CT能谱成像在鉴别肾上腺皮质腺瘤与肺腺癌肾上腺小转移瘤中的价值[J]. 安徽医科大学学报, 2013, 48(2): 156-159
Wu Chun-mao, Yu Yong-qiang, Liu Bin, et al. The value of CT spectral imaging in differential diagnosis of adrenal cortical adenoma and small metastasis from lung adenocarcinoma[J]. Acta Universitatis Medicinalis Anhui, 2013, 48(2): 156-159
- [6] 马义, 何健, 范海健, 等. 能谱CT对肾上腺良恶性肿瘤的鉴别价值

- [J]. 临床放射学杂志, 2013, 32(2): 215-219
- Ma Yi, He Jian, Fan Hai-jian, et al. The Identification of the Benign and Malignant Adrenal Tumors By Spectroscopy CT in Single-Phase Imaging[J]. Journal of Clinical Radiology, 2013, 32(2): 215-219
- [7] 辛小燕, 朱斌, 陈君坤, 等. CT 能谱成像在胸腔渗出液与漏出液定性鉴别中的作用[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(8): 723-726
- Xin Xiao-yan, Zhu Bin, Chen Jun-kun, et al. The use of spectral CT imaging in characterization of pleural fluid: a new method to differentiate transudates from exudates [J]. Chinese Journal of Radiology, 2011, 45(8): 723-726
- [8] Boland GW, Lee M J, Gazelle GS, et al. Characterization of adrenal masses using unenhanced CT: an analysis of the CT literature [J]. AJR, 1998, 171(1): 201-204
- [9] Sangwaiya MJ, Boland GW, Cronin CG, et al. Incidental adrenal lesions: accuracy of characterization with contrast-enhanced washout multidetector CT--10-minute delayed imaging protocol revisited in a large patient cohort[J]. Radiology, 2010, 256(2): 504-510
- [10] Kamiyama T, Fukukura Y, Yoneyama T, et al. Distinguishing adrenal adenomas from nonadenomas: combined use of diagnostic parameters of unenhanced and short 5-minute dynamic enhanced CT protocol[J]. Radiology, 2009, 250(2): 474-481
- [11] Szolar DH, Kamberhuber F. Quantitative CT evaluation of adrenal gland masses: A step forward in the differentiation between adenomas and nonadenomas[J]. Radiology, 1997, 202(2): 517-521
- [12] 王文红, 白人驹, 孙浩然, 等. 动态增强 C T 检查对肾上腺腺瘤与非腺瘤的鉴别诊断价值[J]. 临床放射学杂志, 2003, 22(6): 475-478
- Wang Wen-hong, Bai Ren-ju, Sun Hao-ran, et al. Evaluation of Dynamic Enhanced CT Scanning in the Differentiation of Adrenal Adenoma with Non-adenoma[J]. Radiol Practice, 2003, 22(6): 475-478
- [13] 陈克敏. 能谱 CT 的基本原理与临床应用(1 版)[M]. 北京: 科学出版社, 2012: P34-35
- Chen Ke-min. Principles And Clinical Applications OF spectral CT Imaging [M]. Beijing: Science Press, 2012: P34-35
- [14] 李小龙, 余永强, 王万勤, 等. CT 能谱成像对结石成分分析的初步研究[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(12): 1216-1219
- Li Xiao-hu, Yu Yong-qiang, Wang Wan-qin, et al. Spectral CT imaging in the evaluation of composition of kidney stones[J]. Chinese Journal of Radiology, 2011, 45(12): 1216-1219
- [15] Gupta RT, Ho LM, Marin D, et al. Dual-Energy CT for Characterization of Adrenal Nodules: Initial Experience [J]. AJR, 2010, 194(6): 1479-1483
- [16] Caoili EM, Korobkin M, Francis IR, et al. Delayed enhanced CT of lipid-poor adrenal adenomas[J]. AJR, 2000, 175(5): 1411-1415
- [17] 王夕富, 白人驹, 王嵩, 等. 肾上腺腺瘤和非腺瘤动态增强 CT 表现与血管生成相关性的初步研究[J]. 中华放射学杂志, 2005, 39(8): 864-867
- Wang Xi-fu, Bai Ren-ju, Wang Song, et al. Adrenal adenomas and nonadenoma as the preliminary study of correlation between appearances of dynamic contrast-enhanced CT and tumoral angiogenesis[J]. Chinese Journal of Radiology, 2005, 39(8): 864-867
- [18] 王夕富, 白人驹, 王嵩, 等. 肾上腺腺瘤和非腺瘤动态增强 CT 曲线与微血管超微结构的相关性研究[J]. 临床放射学杂志, 2007, 26(6): 590-593
- Wang Xi-fu, Bai Ren-ju, Wang Song, et al. The Comparative Study of TD Curve of DCT and Microvascular Ultrastructure in Adrenal Adenomas and Nonadenomas[J]. Journal of Clinical Radiology, 2007, 26(6): 590-593
- [19] Qiao ZW, Xia CM, Zhu YB, et al. First-pass perfusion computed tomography: initial experience in differentiating adrenal adenoma from metastasis[J]. Eur J Radiol, 2010, 73(3): 657-663
- [20] Ho LM, Marin D, Neville AM, et al. Characterization of Adrenal Nodules With Dual-Energy CT: Can Virtual Unenhanced Attenuation Values Replace True Unenhanced Attenuation Values?[J]. AJR, 2012, 198(4): 840-845

(上接第 2265 页)

- [18] Ge JB, Zhang F, Qian JY, et al. Six month clinical outcomes of Firebird 2 sirolimus-eluting stent implantation in real-world patients with coronary artery diseases [J]. Chin Med J (Engl), 2011, 124(6): 831-835
- [19] 张文全, 王明瑜, 金惠根, 等. 国产西罗莫司洗脱支架治疗急性心肌梗死的安全性和有效性 [J]. 国际心血管病杂志, 2013, 40(2): 119-121
- Zhang Wen-quan, Wang Ming-yu, Jin Hui-gen, et al. Efficacy and safety of domestic sirolimus-eluting coronary stent in the treatment of myocardial infarction[J]. Int J Cardiovasc Dis, 2013, 40(2): 119-121
- [20] Li Y, Li CX, Wang HC, et al. Efficacy and safety of Firebird sirolimus-eluting stent in treatment of complex coronary lesions in Chinese patients one-year clinical and eight month angiographic outcomes from the FIREMAN registry [J]. Chin Med J (Engl), 2011, 124(6): 817-824
- [21] 甘舜进, 张学坤. 不稳定型心绞痛患者植入 Firebird 2 钴铬合金药物洗脱支架长期随访结果研究 [J]. 实用心肺脑血管病杂志, 2013, 21(8): 66-67
- Gan Shun-jin, Zhang Xue-kun. Long-term follow-up results in Unstable angina patients implanted Firebird 2 Co-ch alloy drug-eluting stents [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2013, 21(8): 66-67