

数字化双能量减影对肋骨骨折的诊断价值

王秀河¹, 余深平^{2*}, 陈立鹏¹, 徐小玲¹, 王永安¹

(1.暨南大学附属第一医院医学影像中心, 广东 广州 510630; 2.中山大学附属第一医院放射科, 广东 广州 510080)

摘要:【目的】探讨数字化双能量减影(DES)摄片技术在肋骨骨折诊断中的优势。【方法】收集在我院行双能量胸部摄影,经CT检查或随诊复查胸片证实为肋骨骨折的58个患者以及证实无肋骨骨折的29个患者的资料,由2位高年资放射科医师对其标准数字化摄影(DR)图像与双能量数字减影(DES)骨组织图像采用双盲法进行分析,评价两者对肋骨骨折的显示情况。【结果】DES骨组织图像与标准胸片对肋骨骨折总检出率差别没有统计学差异,但对于特殊部位(腋段、膈下肋骨),DES骨组织图像对肋骨骨折的显示要明显优于标准胸片。不同形态骨折的检出情况是不同的,对于完全性骨折,骨组织减影图像和标准DR图像的检出率分别是93.9%和84.1%,差异有统计学意义;对于不完全骨折,两者的检出率没有统计学差异。在伴有胸部合并伤的病例中,两种图像对肋骨骨折的检查阳性率没有统计学差异。【结论】双能量减影摄片技术能将骨与软组织单独分开显示,分别得出标准影像、软组织影像和骨组织影像,有效地去除软组织影的遮挡影响,可以较清晰显示骨折线及骨形态的改变,提高肋骨骨折的诊断率,降低漏诊率,是对标准DR图像诊断肋骨骨折的有效补充。

关键词: 肋骨骨折; 双能量减影; 骨组织图像

中图分类号: R814.42

文献标志码: A

文章编号: 1672-3554(2011)02-0269-05

Value of Dual-energy Subtraction with Direct Digital Radiography for Diagnosis Rib Fracture

WANG Xiu-he¹, YU Shen-ping², CHEN Li-peng¹, XU Xiao-ling¹, WANG Yong-an¹

(1.Center of Medical Imaging, The First Affiliated Hospital, Jinan University, Guangzhou 510630, China;

2.Department of Radiology, The First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China)

Abstract: 【Objective】To evaluate the ability of dual-energy subtraction (DES) with direct digital radiography (DR) for diagnosis rib fracture. 【Methods】To collect the data of 87 patients who had undergone dual-energy subtraction radiography and considered with their clinical data, 58 of them have rib fracture that is confirmed by CT or rechecking; and 29 cases did not have any rib fracture. Two senior radiologists evaluate the standard DR images and the DES images by double blind method, and tell the situation of rib fracture. 【Results】There is no prominent difference between the DES bone images and the standard DR images, but DES bone images could detect more rib fracture in same special location (armpit section and under diaphragm). The detection of different forms of fracture is different, for the complete fracture, the detection rate of fracture for the DES images and standard DR images was 93.9% and 84.1%, the difference was statistically significant. For incomplete fracture, the detection rate of fracture between the two did not differ significantly. Surprisingly, the positive rate of cases with associated chest injury is similar in these images. 【Conclusion】Dual-energy subtraction radiography technique can separate the bone and soft tissue, and the standard images, soft tissue and bone tissue images are obtained. Dual-energy subtraction technique can eliminate the influence of soft tissue effectually, then get a pure bone tissue image, which is superior to the standard DR images on detecting rib fracture. It can show fracture line and bone change more clearly. Dual-energy subtraction images can act as an effective complement for the standard DR images.

Key words: rib fracture; dual-energy subtraction; bone tissue image

[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci), 2011, 32(2): 269-273]

收稿日期: 2010-12-06

基金项目: 广东省医学科学技术研究基金(A2009369)

作者简介: 王秀河, 博士, 副主任医师, 硕士生导师, E-mail: wangxiuhe@126.com; * 通信作者: 余深平, 博士, 副教授, 硕士生导师, E-mail: ethan_yu@sina.com

胸部外伤致肋骨骨折是一种常见病,胸部 X 线检查是诊断肋骨骨折的首选方法^[1],尤其直接数字化 X 线摄影(digital radiography,DR)的临床应用使胸片的质量有了很大的提高,但由于摄片体位、胸部组织器官重叠等因素影响而常有漏诊。双能量减影采用两种不同的曝光条件对同一被检者进行分次曝光,可同时获得胸部的标准影像、软组织影像和骨组织影像,可以更加清晰地显示肋骨、肺部组织等细微结构。本文将双能量减影(dual-energy subtraction,DES)骨组织像和标准胸片对肋骨骨折的显示率进行比较,探讨双能量减影技术在肋骨骨折诊断中作用。

1 材料与方法

1.1 临床资料

1.1.1 阳性病例组 收集 2008 年 10 月至 2010 年 6 月间,有胸部外伤史,在我院行双能量胸部摄影,经 CT 检查或随诊复查胸片证实为肋骨骨折的 58 例患者,其中男性 35 例,女性 23 例,平均年龄 49 岁,中位年龄 45 岁。

1.1.2 控制病例组 收集同期在我院行双能量胸部摄影结合临床及复查胸片证实没有肋骨骨折的 29 例患者,其中男性 18 例,女性 11 例,平均年龄 47 岁,中位年龄 44 岁。将两组病例合并,总共 87 例,并按检查号顺序重新排序,重新给每例附上序号。

1.2 设备及方法

采用美国 GE 公司 Definium 8000 数字成像系统(DDR),探测器为 41 cm × 41 cm 整板结构,矩阵 2048 × 2048,14bit 数据采集系统;DES 摄影采用常规胸部后前位(Chest-PA),执行双能量曝光程序,预置 120 Kv 的高千伏和 80 Kv 的低千伏,焦板距 180 cm。曝光前训练患者屏气,深吸气后屏气曝光,曝光后显示屏显示出 3 幅图像:标准 DR 胸部图像、骨组织图像及软组织图像。

1.3 图像观察及数据处理

邀请两位高年资放射科医师(影像诊断工龄分别为 18 年及 20 年)进行双盲法阅片,对于诊断意见不同的病例,另外进行胸部 CT 或不同角度 DR 胸片检查以达到观点一致诊断。在 PACS 系统的诊断电脑上,按顺序调出图像,首先是标准 DR 胸部图像,同时作出诊断;然后调出 DES 骨组织

像,并作出诊断,记录肋骨骨折的数目、部位及特点。使用 SPSS16.0 软件包,对两组图像肋骨骨折检出率进行 χ^2 检验, $P < 0.05$ 被认为差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 DES 骨组织图像与标准 DR 图像对肋骨骨折总检出率的比较

对 87 例胸部外伤患者确诊的 124 处肋骨骨折进行分析,标准 DR 胸片显示肋骨骨折 107 处,显示率为 86.3%;DES 骨组织像显示肋骨骨折 116 处,显示率 93.5%(结果详见表 1)。经统计学分析,DES 骨组织像与标准 DR 胸片对肋骨骨折的显示率差异无统计学意义($P > 0.05$)。但 DES 骨组织像对骨折边缘的显示均较标准 DR 胸片清楚。

表 1 DES 骨组织图像与标准 DR 图像对肋骨骨折检出率的比较

Table 1 Comparison of detection rate of the rib fracture between DES bone tissue image and standard image

Rib fracture	Display	Not display	Detection rate(%)
Standard DR image	107	17	86.3
DES bone tissue image	116	8	93.5

after the four tables from data χ^2 test, $\chi^2 = 3.603, P = 0.058 (P > 0.05)$

2.2 不同部位肋骨骨折在两种图像上检出率的比较

前后段肋骨骨折确诊 77 处,标准胸片检出 73 处,检出率 94.8%,DES 骨组织图像检出 74 处,检出率 96.1%,差异没有统计学意义($P = 0.632$)。腋段肋骨骨折(图 1、2)确诊 47 处,标准胸片检出 34 处,检出率 72.3%,DES 骨组织图像检出 42 处,检出率 89.4%,经四格表资料 χ^2 检验,差异有统计学意义($\chi^2 = 4.398, P = 0.036$)。病例中膈下肋骨骨折(图 3)确诊 15 处,标准胸片检出 8 处,检出率 53.3%,DES 骨组织图像检出 13 处,检出率 86.7%,经四格表资料 χ^2 检验,差异有统计学意义($P = 0.048$),详见表 2。

2.3 不同形态肋骨骨折在标准 DR 图像与骨组织图像中的检出情况比较

该组病例中,完全骨折 35 例,骨折 82 处,标准 DR 图像发现 69 处,检出率 84.1%,DES 骨组织图像发现 77 处,检出率 93.9%,经四格表资料 χ^2

表 2 不同部位肋骨骨折 DES 骨组织图像与标准 DR 图像检出率的比较

Table 2 Comparison of detection rate of rib fracture in different location between DES bone tissue image and standard image

Rib fracture	Front and post part	Armpit part	Below diaphragm
Standard DR image	73	34	8
DES bone tissue image	74	42	13
Final diagnosis	77	47	15

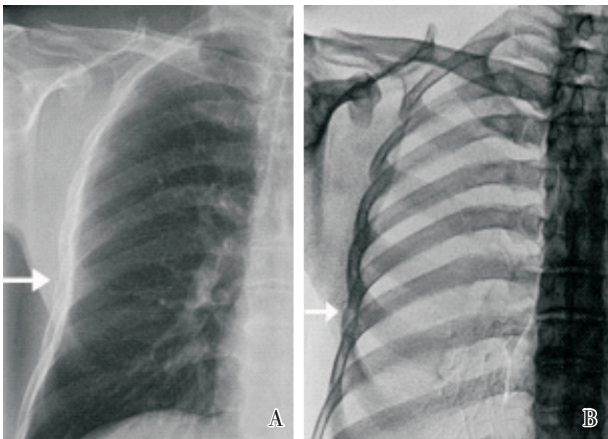


图 1 肋骨骨折图像

Fig.1 Images of the rib fracture

Male, 42 year old, chest trauma for 8 hours; A: Standard DR image ,the fracture line on the right sixth rib bone cortex is not clear; B: DES bone tissue image, the fracture line on the right sixth rib bone cortex is clear.

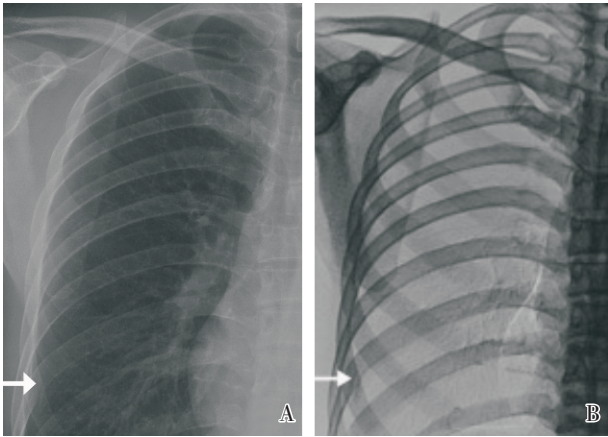


图 2 腋段肋骨骨折图像

Fig.2 Images of the axillary lateral rib fracture

Male, 43 year old, chest trauma for one day; A: Standard DR image, the fracture line on the right ninth rib bone cortex is not clear; B: DES bone tissue image, the fracture line on the right ninth rib bone cortex is clear.

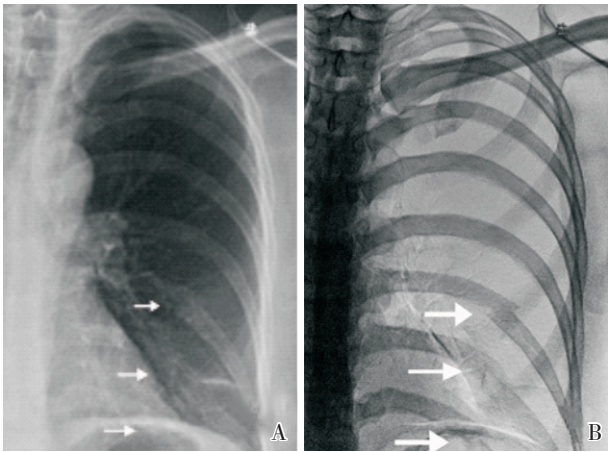


图 3 膈肌附近肋骨骨折图像

Fig.3 Images of the rib fractures near the diaphragm

Male, 48 year old, chest trauma for one day; A:Standard DR image, the fracture line on the left 8, 9 rib bone are clear, but the fracture on 10h rib below diaphragm is not identify; B:DES bone tissue image,the fracture line on the left 8, 9 and 10 rib bone are clearer.

表 3 DES 骨组织图像与标准 DR 图像对不同形态骨折检出率的比较

Table 3 Comparison of detection rate of different shape rib fracture between DES bone tissue image and standard image

	Fracture shape	
	Complete fracture	Uncomplete fracture
Standard DR images	69	28
DES bone tissue image	77	29
Final diagnosis fracture	82	42
Standard DR detection rate	84.1%	66.7%
DES detection rate	93.9%	69.0%
(χ^2 value)P value	$\chi^2 = 3.994 (P = 0.046)$	$\chi^2 = 0.0 (P = 1)$

检验 $\chi^2 = 3.994 (P = 0.046)$, 差异有统计学意义。而对于 23 例不完全骨折,骨折 42 处,标准 DR 图像发现 28 处,DES 骨组织图像发现 29 处,标准 DR 图像与 DES 骨组织图像对肋骨骨折检出率无统计学差异,详见表 3。

2.4 两种图像对伴有胸部合并伤病例的肋骨骨折检出率的比较

该组病例中,伴有胸部合并伤的病例有 9 例,共 33 处骨折,标准 DR 图像发现 28 处,检出率 84.8%,DES 骨组织图像发现 31 处,检出率 93.9%。DES 骨组织图像对肋骨骨折检出率高于标准 DR 图像,但经四格表资料 χ^2 检验差异没有统计学意义, $P = 0.424 (P > 0.05)$,详见表 4。

表 4 DES 骨组织图像与标准 DR 图像对伴有胸部合并伤的肋骨骨折检出率比较

Table 4 Comparison of detection rate of rib fracture with associated chest injury between DES bone tissue image and standard image

Rib fracture	Display	Not display	Detection rate(%)
Standard DR image	28	5	84.8
DES bone tissue image	31	2	93.9

After The four tables from data χ^2 test, $\chi^2=0.639$, $P=0.424$ ($P>0.05$)

3 讨 论

3.1 双能量减影胸部摄影技术原理

由于胸部的重叠组织较多, X 线图像只是把人体的空间图像转变为二维图像, 所以组织间相互重叠较多。双能量减影技术能将骨与软组织单独分开显示, 有效地去除胸部软组织及肺的重叠的影响, 提高肋骨病变的可视性。X 线直接数字化双能量减影技术是指利用密度不同的骨和软组织对于能量不同的 X 线光子吸收衰减方式不同的特点, 将普通 X 线胸片中骨或软组织的影像成分选择性地相减后, 生成仅有骨组织图像或软组织的技术^[2-3]。X 线在穿透人体不同组织过程中有 2 种衰减的方式 (包括光电吸收效应和康普顿散射效应), 它们对光子能量有不同的依赖性。其中光电吸收效应与原子量呈正相关, 是骨组织、钙化等高密度物质 X 线能量衰减的主要方式; 而康普顿散射效应与组织的电子密度呈函数关系, 其衰减主要发生在软组织内。双能量减影技术就是利用骨与软组织对 X 线光子能量衰减方式的不同, 通过单次或 2 次曝光, 把得到的不同能量的 2 幅影像进行加权减影, 选择性消除骨或软组织, 从而获得单纯的软组织像、单纯的骨骼像, 而标准图像则包含了上述 2 种衰减方式效应的综合信息, 相当于普通的 DR 图像^[3-7]。

3.2 双能量减影胸部摄影技术在肋骨骨折诊断中的作用

由于标准 X 线胸部摄影是多种组织器官相互重叠的影像, 密度低、病变小的组织往往会被其他结构所遮挡, 易导致误诊、漏诊。尤其是腋中线处、纵隔处、膈下肋骨以及骨折线细小、骨折移位不明显时, 标准胸片难以发现^[8-9]。双能量减影技术可获得骨组织和软组织分开的单纯骨组织图像, 单

纯骨组织像去除了骨组织以外的胸部组织如胸壁肌肉、肺组织、心血管组织, 从而避免了这些组织结构对肋骨的重叠和干扰影响, 能更好更清晰地观察到骨皮质和骨小梁是否完整、连续, 再通过对比度调节、边缘锐利度调节、图像反转、图像局部放大等, 使肋骨病变的检出率和特异性得到提高, 提高了肋骨病变的敏感性及特异性, 这是非双能量减影技术的数字化 X 线摄影技术和非数字 X 线摄影技术无法比拟的^[9-11]。

本组病例中, DES 骨组织图像与标准胸片对肋骨骨折总检出率差别虽然没有统计学差异, 原因分析如下: ①肋骨骨折检查率与诊断者水平密切相关, 本研究由经验丰富的影像医师进行诊断分析, 两种图像阳性率均比较高 (DES 骨组织图像与标准 DR 图像对肋骨骨折总检出率分别为 93.5% 和 86.3%), 有可能缩小两组间的差异, 今后可以设置年轻医生组进行对比, 理论上会突出两者间差异; ②本组中前后肋肋骨骨折所占比重大, 而肋骨骨折检查率的差异主要存在于腋段肋骨及膈肌附件肋骨中, 所以对于总体来讲, 两者间的差异就缩小了。虽然肋骨骨折总检出率没有显著差异, 但 DES 骨组织图像对几乎所有肋骨骨折线的显示更为清晰。

肋骨骨折的部位及类型对肋骨骨折的检出率有明显的影响, 前后段的肋骨骨折两种图像的阳性率均比较高, 差异没有统计学意义。在特殊部位, 像腋中线、膈下, 这些部位肋骨与软组织重叠较明显, 标准胸片对其骨折显示有困难, 细小的肋骨骨折容易漏诊。DES 图像通过减影, 去除软组织的遮挡, 骨组织图像对肋骨骨折的显示要明显优于标准胸片, 可以较清晰显示骨小梁及骨皮质改变。本组病例中, 腋段及膈下肋骨骨折 DES 图像的检出率为 89.4%、86.7% 明显高于标准胸片的检出率 72.3%、53.3%, 差异有统计学意义。不同形态骨折的检出情况也是不同的, 对于完全性骨折, 骨折线的范围及出现率较大, 有些伴有错位, 所以在 DES 中对其骨折征象的显示较清晰, 检出率较标准胸片高, 本组病例中 DES 骨组织图像对完全骨折肋骨的检出率为 93.9%, 标准 DR 图像对完全骨折肋骨的检出率检出率 84.1%, 差异有统计学意义。对于不完全骨折, 骨折较隐蔽, 两者对骨折的检出率均比较低, 在本组 23 例不完全性骨折病例中, 标准 DR 图像对不完全性肋骨的检出率为

66.7%, DES 骨组织图象对不完全性肋骨的检出率为 69.0%, 检出率无统计学差异。伴有胸部合并伤的病例中, 两种图像对肋骨骨折的检查阳性率也没有明显差异, 原因可能是合并伤常常提示临近部位肋骨骨折的存在, 影像诊断医师观察比较仔细以致不容易漏诊, 使得 DES 骨组织像与标准胸片肋骨骨折检出率均比较高。

3.3 双能量减影胸部摄影也存在不足之处

一些病例出现漏诊, 主要原因有: ①图像质量, 由于目前 DR 所使用双能量技术绝大部分为双次曝光双能量, 两次曝光时间差约为 200 ms, 这时病人的身体的运动及呼吸就会影响图片质量。②部分外伤病人未能配合检查, 动作和呼吸不到位。③医生阅片不仔细导致漏诊。④骨折部位及类型, 腋中线处、纵隔处、膈下肋骨骨折及不完全性骨折的检出相对较低。有时骨组织像会出现伪影而导致一些病例出现误诊, 伪影的形成主要是由于皮肤皱褶所致, 易发生在 7~9 肋处, 肥胖、胸肌发达及女性(文胸压迹)易见^[8]。通过了解病史, 对病人检查, 及加照斜位片或进一步 CT 检查, 提高图像质量及医生诊断水平, 可以减少肋骨骨折的漏诊率、误诊率^[11-12]。

双能量减影胸部摄影另外的缺点是检查时间的延长和病人接受放射剂量加大, 所以需要提高摄影质量, 避免重复摄片^[4, 13]。

综上所述, 虽然双能量减影胸部摄影存在不足, 但其费用低, 对肋骨骨折敏感性高, 可以较清晰显示骨折线及骨形态的改变, 尤其在腋中线、膈下、纵隔, 这些与软组织重叠的肋骨骨折检出率较标准胸片明显提高。双能量减影胸部摄影提高肋骨骨折的诊断率, 降低漏诊率, 是对标准 DR 图像诊断肋骨骨折的有效补充, 对胸部外伤患者胸部应用双能量摄影检查。

参考文献:

[1] 王志纯, 张德昌, 马贵, 等. 46 例胸部创伤的 X 线平片与 CT 检查的对比分析 [J]. 实用放射学杂志, 2001, 17(3): 200-202.

- [2] Robert CG, Peter B, Sachs D. Energy subtraction digital radiography technical considerations, clinical applications, and imaging pitfalls [J]. Thorac Imaging, 2006, 21(4): 303-313.
- [3] Heber MM, Feng L, Roger E, et al. Dual energy subtraction and temporal subtraction chest radiography [J]. Thorac Imaging, 2008, 23(2): 77-85.
- [4] Avinash GB, Jabri K, Uppaluri R, et al. Effective dose reduction in Dual-energy flat panel X-ray imaging technique and clinical evaluation [J]. SPIE, 2002, 132(3): 232-235.
- [5] Feng Li, Roger E, Kunio D, et al. Improved detection of small lung cancers with dual-energy subtraction chest radiography [J]. AJR, 2008, 190(4): 886-891.
- [6] Uemura M, Miyagawa M, Yasuhara Y, et al. Clinical evaluation of pulmonary nodules with dual-exposure dual-energy subtraction [J]. Chest radiography Radiat Med, 2005, 23(6): 391-397.
- [7] Gilkeson RC, Novak RD, Sachs P. Digital radiography with dual-energy subtraction: improved evaluation of cardiac calcification [J]. AJR Am J Roentgenol, 2004, 183(5): 1233-1238.
- [8] 徐光明, 宋文, 汪军. DR 双能量减影技术在肋骨骨折中的应用 [J]. 安徽医学杂志, 2007, 28(4): 304-305.
- [9] 沙子强, 李科文, 巫建国. 直接数字化成像双能量减影对肋骨骨折诊断的价值 [J]. 实用医学杂志, 2008, 24(21): 3798-3790.
- [10] 杨凯, 江泓, 谈旭东, 等. DDR 双能量减影骨组织像诊断无错位性肋骨骨折的价值 [J]. 中国医学影像技术, 2004, 20(7): 1147-1149.
- [11] 刘晓虹, 杨秀军, 高璐, 等. 双能量减影骨组织图像在肋骨骨折诊断上的作用分析 [J]. 放射学实践, 2007, 22(8): 872-874.
- [12] 顾培华, 沈玉英, 沈小健, 等. DR 双能量减影在肋骨骨折中的诊断价值 [J]. 医学影像学杂志, 2009, 19(5): 545-547.
- [13] Zsolt SF, Michael AP, Seyran YH, et al. Single-exposure dual-energy subtraction chest radiography: Detection of pulmonary nodules and masses in clinical practice [J]. European Radiology, 2008, 18(1): 24-31.

(编辑 王晓鹰)