

综述

彩色多普勒能量图:原理及临床应用

陈云超 张青萍

多普勒技术,特别是彩色多普勒血流显像(CDFI)技术,作为一种重要的非创伤性诊断方法,在临床实践中得到广泛的应用。但是,随着使用和认识的加深,这种以平均多普勒频移(MDFS)为成像参数的 CDFI 日益显示出其不足,如:当增益过高或阈值过低时,噪声容易掩盖血流信号;对角度的依赖性;容易发生混叠等。彩色多普勒能量图(CDE)是近几年发展起来的一种新的多普勒探测技术,虽应用于临床不久,但已显示出巨大的优越性,现就 CDE 的应用简要作一综述。

CDE 的基本原理及特点^[1,2,12,14]

基本原理 CDE 是依据血管腔内运动散射体(主要是红细胞)的多普勒能量频谱的总积分(TIDPS),即多普勒信号的强度(振幅)或能量为成像参数,把获得的多普勒能量信号经自相关技术处理,并进行彩色编码,实时显示。色彩和亮度代表多普勒信号的能量大小(除去了血流方向的信息),此能量大小与产生多普勒信号的红细胞数有关,它们之间呈复杂的非线性关系,受诸多因素影响,如:切变率、血流速度和红细胞比容等。

CDE 的特点 1. CDE 的噪声显示方式拓宽了显示血流状态的动态范围,提高了对血流的敏感性。CDFI 获得的频移值依赖于相角的变化率,而噪声的相角是随机的,因此,当增益过高或阈值过低时,噪声可于任一点出现任一方向和大小的噪声信号,从而掩盖了血流信息。而 CDE 在彩色编码时除去了血流的方向信息,当增益过高或阈值过低时,使噪声被显示为一幅代表低能量单一色

彩的背景,这时的任何血流信号以较强的能量显示,从而使血流信号与噪声分别开来。这一特点使 CDE 增益的动态范围较 CDFI 的增高了 10 ~ 15dB,提高了信噪比,增加了对血流显示的敏感性,从而使极低的血流灌注信号得到显示。

2. 相对的角度非依赖性。CDFI 的成像参数是 MDFS, 由 $\Delta F = 2V_f \cdot \cos\theta / C$ 可知, CDFI 记录到的频移大小随着 θ 角的改变而改变。而 CDE 成像参数是能量,它与相应组织容积内产生频移散射体的数量有关,一定的取样容积内散射体数量是稳定的,因而即使探测角度不同,而此区域内的能量大小基本上也是稳定的。这一点我们可以从能量-频率曲线更好地理解,曲线下的面积表示取样区域内红细胞多普勒散射体能量的总和,当探测角度改变时,只能改变能量曲线的形态,而曲线下面积是基本稳定的。

3. 无混叠(Aliasing)现象。当 CDFI 显示的频率超过 Nyquist 极限时,即发生混叠现象,而 CDE 无论信号重叠与否,其能量,即能量-频率曲线下的面积是不变的,所以不受 Aliasing 现象的影响,使高、低速血流能同时显示。

4. CDE 的不足。尽管 CDE 有以上诸多优点,但也有其不足之处。①首先,CDE 对组织运动远较 CDFI 敏感,对一些运动明显的部位,如心脏、肝左叶和一些不能很好屏气的患者,常因闪烁干扰而影响检查。②CDE 不能显示出血流性质和血流方向,要获得这些资料必须转换到频谱上观测。

CDE 的临床应用

CDE 在肾脏的应用 近年来,应用 CDE

对肾脏的研究比较多,从正常肾血管结构的显示到对肾移植、肾动脉狭窄和慢性肾病的评价,都显示出 CDE 的优越性。

Bude 等^[3]对 10 例健康者的 20 个肾脏进行了研究,CDE 较 CDFI 更好地显示出肾内血管结构,显示血管的长度也大于 CDFI,并能显示肾皮质小叶间动脉及其分支的灌注情况。作者认为,皮质这种灌注形式的显示可以用来评价引起灌注改变的病变,如肾盂肾炎、肾梗塞等,也可帮助鉴别正常的血管变异与肿瘤血管。Durick 等^[4]报道了用 CDE 研究肾上腺素和罂粟碱对猪肾皮质的影响,认为 CDE 对肾灌注及灌注变化的显示优于 CDFI,从而也说明了 CDE 显示的皮质均一信号为小叶间动脉及其分支的血流能量信号。

CDFI 在肾移植后检测血管并发症和急性排斥反应方面得到广泛应用,但由于 CDFI 不能显示小叶间血管,对皮、髓质的末梢血管小的血栓形成就很难诊断。CDE 可以显示末梢小血管,使 CDE 可以检测出因小的血栓形成而引起的局部灌注缺损区,这也有助于术后急性肾小管坏死的灌注减低与急性移植排斥反应血管坏死的无灌注进行鉴别。虽然细胞和/或血管性排斥,CDE 都能显示肾灌注的减低,但正常灌注与灌注减低并不能说明排斥的有无,且 CDE 显示的肾灌注减低与 MRI 的结果不一致,所以,尽管 CDE 可以很好地描述移植肾小叶间血管的灌注变化,在应用 CDE 对移植肾的灌注改变进行评价时,要细致谨慎^[5,6]。

应用 CDFI 测加速度指数(AI)、肾动脉峰值速度与主动脉峰值速度之比和峰值速度来诊断肾动脉狭窄在临床上已广泛应用,但当血管扭曲和血流速度高时,CDFI 则显示不佳,从而影响检测。应用 CDE 对肾动脉狭窄进行检测,不但能缩短检查时间,而且检查失败率也由 CDFI 的 8% 下降为零,使灵敏性和特异性均显著提高^[7]。

现临床主要应用增强 CT 和放射性核素来诊断急性肾盂肾炎(APN),灰阶超声和

CDFI 对诊断 APN 价值不高。CDE 的出现为 APN 提供了一种实用的非侵入性诊断方法。Dacher 等^[8]应用 CDE 和 CT 对小孩的 APN 进行了研究,因 CDE 能显示小叶间血管及其分支,当患 APN 时,水肿的实质压迫周围血管(叶间动脉),使病变区形成三角形的灌注减低或缺损区,CDE 能较容易地显示出来。研究表明,CDE 与增强 CT 对诊断 APN 的敏感性近乎相同。所以作者认为 CDE 是一种可以代替 CT 和放射核素来诊断小孩尿道感染的有效方法。

国内应用 CDE 对慢性肾病进行了评价,结果显示弓状动脉和小叶间动脉 RI 升高,对反映慢性肾病肾功能不全严重程度较其余各段肾动脉的 RI 更明显。作者认为 CDE 技术对测量肾皮质厚度和小叶间动脉的 RI 有很大帮助,而肾皮质厚度和小叶间动脉的 RI 是评价肾功能损害程度的重要参数^[9]。

腹部肿瘤的 CDE CDFI 可检出肿瘤内的血流信息并进行频谱分析,从而对肿瘤的检出和良恶性的判定提供了依据,但由于其对低速血流不敏感、对高速血流易出现混叠,从而给诊断和分析带来困难。CDE 的临床初步应用已显示出其在肿瘤诊断中的价值。

关于 CDE 在腹部肿瘤的应用,国内外最近的报道结果大致相同^[10-14]。CDE 对肝癌周边和内部血流检出率分别为 100% 和 87.72% ~ 73.7%,CDFI 分别为 87.72% ~ 78.72% 和 42.1% ~ 33.33%,并且 CDE 显示的肿瘤血管丰富,呈分支状,连续性好。Sugimoto 等用 CDE 对 13 例小肝细胞肝癌(SHCC)进行了研究。CDE 与血管造影相比:血管造影出现“肿瘤染色”的 9 例 SHCC 中,8 例于 CDE 出现搏动性血流信号。CDE 与病理学相比:7 例中等或低分化 HCC,CDE 显示为连续搏动性血流;5 例高分化 HCC 中,4 例无搏动性血流,1 例为间歇搏动性血流;另一良性结节无搏动性血流显示。CDE 与 CDFI 相比:8 例两者均出现搏动性血流,但对血流显示的敏感性却有显著差异,CDFI 的间断、点状

血流于 CDE 多显示为连续性分支状血流。因此,CDE 与血管造影和病理学更相符,能更有效地检测 HCC 的血流动力学变化。

肝血管瘤内虽有丰富的血流,但由于其血流速度低,CDFI 对血管瘤的血流检出率远低于对恶性肿瘤的检出率。CDE 对低速血流敏感,且可以显示平均速度为零的灌注区,这使 CDE 不仅能提高血管瘤内血流的检出率,可呈现出“病灶染色”、“绒线球征”等高灌注表现,而且还可以通过所显示血管的连续性来判断血管的来源。CDE 对血管瘤的显示与增强 CT 和 MRI 比较,结果一致,也更符合病理学基础。

其它如胰腺癌、肾癌、肾错构瘤、淋巴肉瘤、神经纤维瘤、结肠肿瘤、胃肠道局灶性病变等的 CDE 应用,也都显示出其优越性。

CDE 在妇儿的应用 Coleman 等^[15]应用 CDE 和 CDFI 对 40 例患者的 63 个卵巢进行了检查。作者认为其中的 36 个卵巢用 CDE 检查较 CDFI 敏感,主要表现在 CDE 能显示出较长的血管段,并且认为生理性包块壁的血管(如黄体)所显示出的“火环征”,有助于与正常的卵巢实质相区分。应用 CDFI 对 IU-GR 的诊断已得到广泛应用,但 CDFI 于孕 14 周后才能显示胎盘主绒毛血管,所以不能早期对胎盘的功能进行评价。CDE 孕 8 周后就能显示胎盘血流信号,在妊娠的后 3 周还可显示二、三级绒毛血管,所以 CDE 能更好地评价 IUGR 的胎盘血流变化,也可以用来确定胎盘梗塞的范围和胎盘早剥时胎盘损害的程度^[16]。

应用 CDE 对胎儿、儿童的肾、脑、肝、阴囊等器官的研究表明,CDE 能更好地显示亚毫米水平的血流及描述血管的解剖细节^[17]。

颈动脉狭窄的 CDE 颈动脉狭窄粥样斑块的斑块形态、表面结构、回声特点和管腔的狭窄程度认为与脑缺血发生的病理机制密切相关。因此,颈动脉粥样硬化斑块的清晰显示和狭窄程度的定量分析,对中风病因学研究和治疗方案的选择都有重要意义。CDFI

对其评价已得到广泛应用,但存在一些问题,如斑块存在钙化等复杂成分时,CDFI 就不能很好地显示从而影响对其评价。CDE 对颈动脉狭窄的初步应用,已显示出其优越性。在重度狭窄特别是伴有斑块钙化时,CDE 对狭窄的显示明显优于 CDFI。CDE 对斑块表面的形态学评价不仅优于 CDFI,而且优于血管造影。因此,CDE 提高了对严重颈动脉狭窄的量化分析和对粥样斑块表面形态特性的评价^[18,19]。

运动系统的 CDE 以前的影像技术只能对运动系统的病变提供形态结构的变化信息,对于早期炎性病变如关节炎,只能显示软组织肿胀、滑膜增厚、骨质疏松等非特异性变化。CDE 以其对血流显示的敏感性,拓宽了对软组织灌注的评价。

Newman 等^[20]应用 CDE 对骨骼肌的血流灌注情况进行的研究表明,CDE 能很好地显示肱二头肌静息与运动后的血流及其变化情况,认为 CDE 对于软组织的非特异性病变,如肿块、感染及局部缺血等是一种有益的辅助诊断方法。Breidatri 等^[21]用 CDE 对运动系统的渗出积液性病变进行了研究。所有的 19 例感染性或邻近感染性组织的渗出积液、13 例非感染性急性炎症和由肿瘤引起的积液都显示为中度或显著充血,而退行性病变和慢性滑膜炎大都表现为正常或轻度充血。作者认为,CDE 可能有助于区分炎性和非炎性积液,可以指导诊断性抽吸的判定。

CDE 为我们提供了诊断运动系统炎性病变的有效手段和疗效评价的客观指标。

CDE 在小器官中的应用 CDFI 能很好地显示成人睾丸内的血流,但对青春前期小孩的睾丸血流显示并不可靠。Luker 等^[22]应用 CDE 和 CDFI 对患有阴囊疼痛或增大小孩睾丸作了研究,CDE 于青春前或后期的小孩睾丸内单位面积显示血流信号的量都较 CDFI 有显著增加,显示血管的长度也大于 CDFI,并且对于青春前期的睾丸,一些 CDFI 不能显示的,CDE 则能显示。Coley 等^[23]对

急性睾丸扭转作了影像学研究,CDE 显示的血流信号分级明显高于 CDFI,结果表明,CDE 对于区分正常与扭转睾丸有显著意义。

CDE 在三维的应用 CDE 可以同时显示细小低速和高速血流,并且显示血管的连续性好,所以 CDE 在三维超声血管成像中有着广泛的应用前景。Ritchie 等^[24]应用 CDE 对血管结构模型、肾及胎盘进行了三维超声血管成像(3DUSA)的研究,描绘出了小于 1mm 扭曲血管模型和肾、胎盘血管结构的空间关系。作者认为,应用 3DUSA 可以分析血管的解剖结构、评价器官的灌注。Downey 等^[25]应用三维能量多普勒系统(3DPDI)对前列腺、乳腺、肾、肝、脾及颈动脉的血管进行了三维重建,于较短时间内使这些器官的大、小血管高质量地成像。作者认为,3DPDI 不仅能检测高速血流,而且能描述脏器的局部梗死和异常血管结构(如肿瘤)等低灌注区及其改变。

展 望

作为一种新的技术,CDE 有着诸多优点,但其不足也期待解决,加权时间平均技术(weighted temporal averaging)、谐波多普勒(harmonic doppler)技术、深部血管标准化法、方向性 CDE 等的应用,已克服了 CDE 的某些不足。随着应用的深入和技术的发展,我们对 CDE 的认识会更全面,应用也将更广泛。

参考文献

- 1 Rubin JM, Bude Ro, Carson PL, et al. Power doppler US: a potentially useful alternative to mean frequency-based color doppler US. *Radiology*, 1994, 190: 853-856.
- 2 张青萍, 史秋生, 乐桂蓉, 等. 关于 CDE 的若干技术问题及应用前景. *中国医学影像技术*, 1996, 12(5): 324.
- 3 Bude RO, Rubin JM, Adler RS. Power versus conventional color doppler sonography: comparison in the depiction of normal intrarenal vasculature. *Radiology*, 1994, 192: 777-780.
- 4 Durick JE, Winter TC, Schmiedl UP, et al. Renal perfusion: pharmacologic changes depicted with power doppler US in an animal model. *Radiology*, 1995, 197: 615-617.
- 5 Preidler KW, Szolar DM, Uggowitz M, et al. Technical note: comparison of colour doppler energy sonography with conventional colour doppler sonography in detection of flow signal in peripheral renal transplant vessels. *The British Journal of Radiology*, 1995, 68: 1103-1105.
- 6 Martinoli C, Crospi G, Bertolotto M, et al. Interlobular vasculature in renal transplants: a power doppler US study with MR correlation. *Radiology*, 1996, 200: 111-117.
- 7 Alleu CM. Comparison of power doppler and contrast material-enhanced doppler in detection of renal artery stenosis. *Radiology*, 1994, 193(P): 203.
- 8 Dacher JN, Puster C, Monroc M, et al. Power doppler sonographic pattern of acute pyelonephritis in children: comparison with CT. *AJR*, 1996, 166: 1451-1455.
- 9 陈亚青, 周永昌. 彩色多普勒能量图对慢性肾病诊断的价值. *中国超声医学杂志*, 1996, 12(1): 10-13.
- 10 Saito A, Sugimoto C, Niinami C, et al. Use of color doppler energy in the diagnosis of small hepatocellular carcinoma. *Int hepatol common*, 1995, 4(3): 160-164.
- 11 Choi BI, Kim TK, Han JK, et al. Power versus conventional color doppler sonography: comparison in the depiction of vasculature in liver tumors. *Radiology*, 1996, 200: 55-58.
- 12 Shi Qiusheng, Zhang Qingping. Color doppler energy: study on parenchymal occupying-lesions in the liver. *Journal of CAUME*, 1996, 2(1): 1-11.
- 13 张青萍, 史秋生. 彩色多普勒能量图在腹部肿瘤性病变中应用的初步研究. *临床医学影像杂志*, 1995, 6(4): 193-194.
- 14 童清平, 罗福成, 连娟, 等. 多普勒能量显像在腹部脏器实质性肿瘤血供检测中的初步应用. *中华超声影像学杂志*, 1996, 5(6): 262-264.
- 15 Coleman BG, Arger PH, Langer JE, et al. Power color doppler US versus conventional color doppler US of the ovary. *Radiology*, 1994, 193(P): 145.
- 16 Rude RO, Vande Ven CJ, Bowerman RA, et al. Evaluation of normal placental vasculature with power doppler US. *Radiology*, 1994, 193(P): 231.
- 17 Taylor GA, Baltimore. Comparison of CD amplitude and frequency shift: imaging of children and experimental correlation. *Radiology*, 1994, 193 (P): 372.
- 18 Steinke W, Meairs S, Ries S, et al. Sonographic assessment of carotid artery stenosis: comparison of power doppler imaging and color doppler flow imaging. *Stroke*, 1996, 27: 91-94.
- 19 Griewing B, Morgenstern C, Driesner F, et al. Cerebrovascular disease assessed by colorflow and power doppler ultrasonography: comparison with digital subtraction angiography in internal carotid artery stenosis. *stroke*, 1996, 27: 95-100.

- 20 Newman JS, Adler RS, Rubin JM, et al. Muscle perfusion with exercise: evaluation with PD sonography. *Radiology*, 1994, 193 (P):337.
- 21 Breidat WH, Newman JS, Taljanovic MS, et al. Power doppler sonography in the as - assessment of musculoskeletal fluid collections. *AJR*, 1996, 166:1443-1446.
- 22 Luker GD, Siegel MJ. Scrotal US in pediatric patients: comparison of power and standard color doppler US. *Radiology*, 1996, 198:381-385.
- 23 Coley BD, Frush DP, Babcock DS, et al. Acute testicular torsion: comparison of unenhanced and contrast-enhanced power doppler US, color doppler US, and Radionuclide imaging. *Radiology*, 1996, 199:441-446.
- 24 Ritchie CJ, Edwards WS, Mack LA, et al. Three-dimensional ultrasonic angiography using power-mode doppler. *Ultrasound Med Biol*, 1996, 22(3):277-286.
- 25 Downey DB, Fenster A. Vascular imaging with a three-dimensional power doppler system. *AJR*, 1995, 165:665-668.

(1997-03-13 收稿)

外伤性肺囊肿及肺血肿 1 例

赵光富



图 1

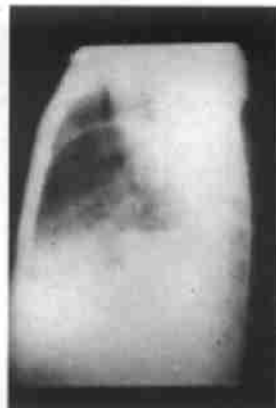


图 2

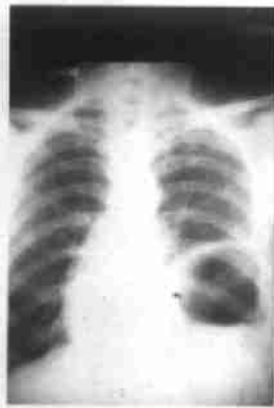


图 3

53 岁男性患者,胸腹部挤压伤后疼痛、流血、呼吸困难 6 小时入院。体检:T:37℃,P:84 次/分,R:26 次/分,BP:15/10kPa,胸廓挤压征阳性,左下肺叩诊实音,肺底可闻少许水泡音。实验室检查:RBC $3.5 \times 10^{12}/L$, WBC $17.2 \times 10^9/L$, N 0.9, Hb 100g/L。

X 线检查 左上肺无肺纹理,外带见一小液平面,左中下肺呈大片状密度增高影,其中见一较大薄壁囊腔,囊内有液平,囊壁下包绕一层呈月状透光区,左第五、六后肋断裂(图 1、2)。

诊断 1. 左第五、六后肋骨骨折。2. 左血气胸。3. 左肺挫伤。4. 左肺外伤性肺囊肿及肺血肿。

胸穿刺 于左锁骨中线第二肋间穿刺抽出气体 250ml,于腋后线第八肋间抽出淤血 300ml。

经治疗 2 周后摄片复查示:左中下肺见一薄壁空腔影,其内仍可见液平面(图 3)。

讨论 胸部外伤后常出现液气胸、肺挫伤及肺撕裂伤。肺挫伤由于肺裂伤,肺泡、血管或支气管的间质发生出血或水肿,在 X 线上肺泡出血可呈边缘模糊的片状阴影,气管及血管周围的间质出血可呈线状阴影。外伤性肺囊肿及肺血肿在 X 线上多呈薄壁囊腔,常有液平面和周围肺组织实变,囊内充满血液时为血肿,在 X 线上表现为球形阴影。本病例有肋骨及胸膜损伤、肺挫伤及撕裂伤,血肿吸收消散较快,血肿周围出现星月形空气阴影,比较少见。另外,经食道吞钡等检查排除了外伤性膈疝。

(1997-03-11 收稿)