

Color Doppler Energy(CDE): 초기 10개월간의 경험¹

노영진 · 한국상² · 남상화² · 이금섭³ · 손현주 · 이석홍 · 김병수 · 신세권⁴

목적: Color Doppler Imaging(CDI)은 무작위 잡음과 활차인공음영을 보이고 초음파의 입사각에 영향을 받는 단점이 있다. 이에 이러한 단점을 보완하여 최근 개발된 Color Doppler Energy(CDE) Imaging의 임상적 유용성을 알아보려고 하였다.

대상 및 방법: 61명의 환자(가성종양이 의심되는 정상 신장 20예, 슬개상낭염을 포함한 다양한 부위에서 생긴 근골격계 염증 8예, 고환염 및 부고환염 17예, 고환의 정계정맥류 3예, 급성 고환염전을 의심했던 정상 고환 1예, 간세포암 1예, 신세포암 7예, 신장의 혈관근지방종 1예, 비장정맥류 3예)에서 시행된 CDI와 CDE를 후향적으로 분석하였다. 동일한 부위의 일정한 초음파 주사면에서 잡음이 인지되기 직전까지 색이득을 증가시키며 맥관조직성이 최대로 될때 CDI와 CDE 영상을 얻은 후, 맥관조직성, 혈관전위, 주위혈관과의 관계를 서로 비교 분석하였다.

결과: 신장의 가성종양 20예 중, 17예에서는 CDI와 CDE 모두에서 정상적인 맥관조직성을 보였으나 CDE에서 더욱 잘 볼 수 있었고, 3예에서는 CDI에서는 맥관조직성을 볼 수 없었으나 CDE에서 정상적인 맥관조직성을 보였다. 근골격계 염증 8예와 고환염 및 부고환염 17예에서 총혈로 인한 증가된 맥관조직성을 CDE에서 더욱 잘 볼 수 있었고, 정계정맥류가 있었던 3예의 환자에 있어서도 CDE에서 저속도의 혈류를 더욱 잘 관찰할 수 있었다. 급성 고환염전을 의심했던 1예에서는 CDE가 고환염전을 배제하는데 CDI보다 더욱 도움이 되었다. 1예의 간세포암, 7예의 신세포암, 1예의 신장 혈관근지방종, 3예의 비장정맥류에서도 CDE가 CDI보다 맥관혈관성, 주위 혈관과의 관계, 혈관의 전위등의 소견을 더욱 잘 보여주었다.

결론: CDI를 사용하는데 있어서 CDE를 추가적으로 사용하면 병변의 진단에 많은 도움이 되리라 사료된다.

서론

현재 널리 쓰이고있는 color doppler imaging(CDI)는 속도 변화에 따른 주파수변환을 평균주파수변환으로 환산하여 그 강도를 표현하는 것으로 무작위잡음(random noise)과 활차인공음영(aliasing artifact)을 보이고, 초음파의 입사각에 영향을 받는 몇 가지 단점이 있다(1). 이에 반해, color doppler energy(CDE)는 그 도플러 스펙트럼 파형아래의 에너지 전체를 적분하여 표현하는 것으로 균질한 배경잡음(uniform background noise)으로 보이고, 활차인공음영이 없으며, 초음파의 입사각에 영향을 받지않는 장점이 있어, 상대적으로 적은 양과 느린 혈류까지 측정할

수 있는 새로운 초음파 영상기법이다(Fig. 1)(2).

이에 저자들은 CDI와 CDE를 동시에 시행한 61명의 환자에서 병변의 맥관조직성, 혈관전위, 주위혈관과의 관계를 어느 방법이 잘 보여주는가를 비교한 경험을 보고하고자 한다.

대상 및 방법

1994년 12월부터 1995년 9월까지 본원에서 CDI와 CDE를 동시에 시행한 61명의 환자를 대상으로 하였고, 이들은 임상증상, 치료 결과, 방사선학적 소견, 검사실 소견, 생검, 및 수술에 의해 확진된 신장의 가성종양 20예, 슬개상낭염을 포함한 다양한 부위의 근골격계 염증 8예, 고환 및 부고환염 17예, 고환 정계정맥류 3예, 급성 고환염전을 의심했던 정상 고환 1예, 신세포암 7예, 신장의 혈관근지방종 1예, 간세포암 1예, 및 비장 정맥류 3예였다. 이들의 연령은 12세부터 63세까지로 평균 39.4세였다.

¹부산대학교 의과대학 진단방사선과학교실

²해동병원 진단방사선과

³해동병원 비뇨기과

⁴대동병원 진단방사선과

이 논문은 1995년 11월 24일 접수하여 1996년 4월 12일에 채택되었음

사용한 초음파기기는 Acuson 128XP/10 Acoustic Response Technology(ART)였고 CDE 방식에서 3.5, 4, 그리고 7 MHz의 탐촉자를 사용하였다. 모든 환자에서 CDI와 CDE 영상을 얻었는데 미리 정해둔 깊이에서 CDI에서는 색도플러영상의 배경에서 색잡음이 처음으로 나타날 때까지 색이득(color gain)을 조정하여 최대한의 맥관조직성이 나타날 때 영상을 얻었으며, CDE 영상에서는 전기적 잡음인 균질한 단색 배경(homogenous single-color background)에 색잡음이 처음으로 넘어설 때까지 색이득을 조정하여 영상을 얻었다. 이러한 방법으로 미리 정한 색이득 고정(color gain setting)으로 동일 부위, 일정한 초

음과 주사면에서 환자가 호흡을 멈추게 한 후 맥관조직성의 양이 최대로 될 때 CDI와 CDE영상을 동시에 얻어 병변의 맥관조직성, 혈관전위, 주위혈관과의 관계를 서로 비교하였다.

결 과

CDI와 CDE를 동시에 시행한 61명의 환자중 57예에서 맥관조직성, 주위혈관과의 관계, 혈관의 전위등을 CDE에서 보다 잘 관찰할 수 있었고, 그 중 6예에서는 CDE에서만 확인이 가능하였다. 4예에서는 CDI와 CDE에서 비슷한 정도로 보였고 CDI가 CDE보다 우수하였던 예는 없었다(Table 1). 각각의 질환에 따른 결과는 다음과 같다.

신장의 가상종양 20예 중, 17예에서는 CDI와 CDE 모두에서 정상적인 맥관조직성을 보였으나, 15예에서는 CDE에서 더욱 잘 볼 수 있었고, 2예에서는 비슷한 정도로 보였으며, 특히 CDI에서 맥관조직성을 볼 수 없었던 3예에서는 CDE에서는 정상적인 맥관조직성을 보였다(Fig. 2). 슬개상낭염을 포함한 비교적 초기단계의 근골격계 염증 8예에서는 CDI에 비해 CDE에서 더욱 풍부한 맥관조직성을 볼 수 있었다(Fig. 3). 고환 및 부고환염이 있었던 17예에서는 충혈로 인한 증가된 맥관조직성을 CDI와 CDE 모두에서 볼 수 있었으나, 15예에서 CDE에서 더욱 잘 볼 수 있었고, 2예에서는 비슷한 정도로 관찰되었다. 특히 부고환염과 고환염이 같이 있었던 2예에서는 CDE에서만 고환의 증가된 맥관조직성을 봄으로써 고환염이 있는 것을 알 수 있었다(Fig. 4). 고환의 정계정맥류가 있었던 3예의 환자에 있어서도 CDE에서 저속도의 혈류를 더욱 잘 관찰할 수 있었다. 또한, 급성 고환염전을 의심했던 1예에서는 CDI에서 무작위잡음과 맥관조직성에 의한 혈류의 색신호를 구별하기 어려웠으나 CDE에서 혈류에 의한 색신호를 분명히 볼 수 있어 고환염전을 배제할 수 있었다

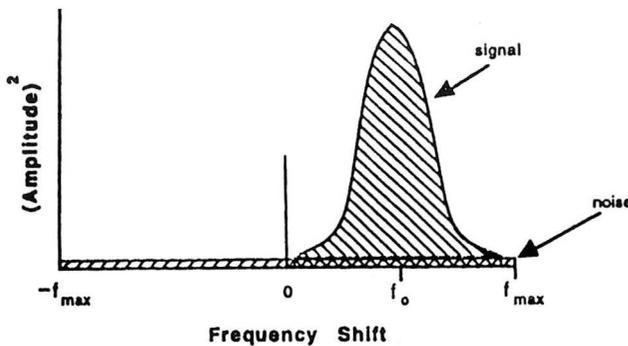


Fig. 1. There is slanted fill under both flow and noise curves. Integral under noise curve is considerably smaller than that under flow curve. Because areas of cross-hatching are integrals over frequency, frequency dependence has been 'integrated out' for both signal and noise, leaving fixed value over entire frequency range for each one. This produces uniform low power value for noise.

fo is mean frequency shift.

(From Jonathan M. Rubin, Ronald S. Adler. Power Doppler expands standard color capability. Diagnostic Imaging 1993; December: 66-69)

Table 1. Comparison between CDI and CDE in 61 Cases

	No. of Cases(%)			
	Total	CDI = CDE*	CDI < CDE**	CDI << CDE***
Renal pseudotumor	20	2(10)	15(75)	3(15)
Musculoskeletal inflammation	8		8(100)	
Epididymitis with or without orchitis	17	2(12)	13(76)	2(12)
Testicular varicocele	3		3(100)	
Normal testis	1			1(100)
Renal cell ca.	7		7(100)	
Renal angiomyolipoma	1		1(100)	
Hepatocellular ca.	1		1(100)	
Splenic varix	3		3(100)	
Total	61	4(7)	51(83)	6(10)

* ; There was little difference between CDI and CDE.

** ; CDE was superior to CDI.

*** ; CDE was greatly superior to CDI and only method to diagnose.

(Fig. 5). 9예의 종양(신세포암 7예, 신장의 혈관근지방종 1예, 간세포암 1예)에서는 CDE가 CDI에 비해 맥관혈관성, 주위 혈관과의 관계, 혈관 전위등의 소견을 동등한 정도 혹은 더욱 잘 보여주었다. 특히 간경변증에 간세포암이 동반되어 있었던 1예의 환자에서는 CDI에서 등에코로 보이는 종괴가 의심되었는데, CDE에서 주위혈관 전위가 더욱 뚜렷하게 보여 종괴의 발견에 보다 도움이 되었다. 3예의 비장 정맥류 환자에서는 CDE에서 CDI에서보다 정맥류와 주위의 작은 분지와의 연관관계를 더욱 잘 알 수 있었고 CDI에서 볼 수 없었던 주위의 작은 분지까지도

CDE에서는 잘 볼 수 있었다.

고 찰

CDI는 평균 도플러 주파수 변환을 기초로 하여 표본 크기에서 움직이는 적혈구의 이동속도의 방향성분을 측정하는 것이다. 그러나 CDE는 도플러 출력 스펙트럼 파형의 적분을 통해 반사된 도플러 에너지를 영상화하는 것이다. 이러한 차이점에 의해 CDE는 CDI에 비해 몇 가지 장점을 보인다(2-5). 가장 중요한 장점은 잡음이 균질한 배경

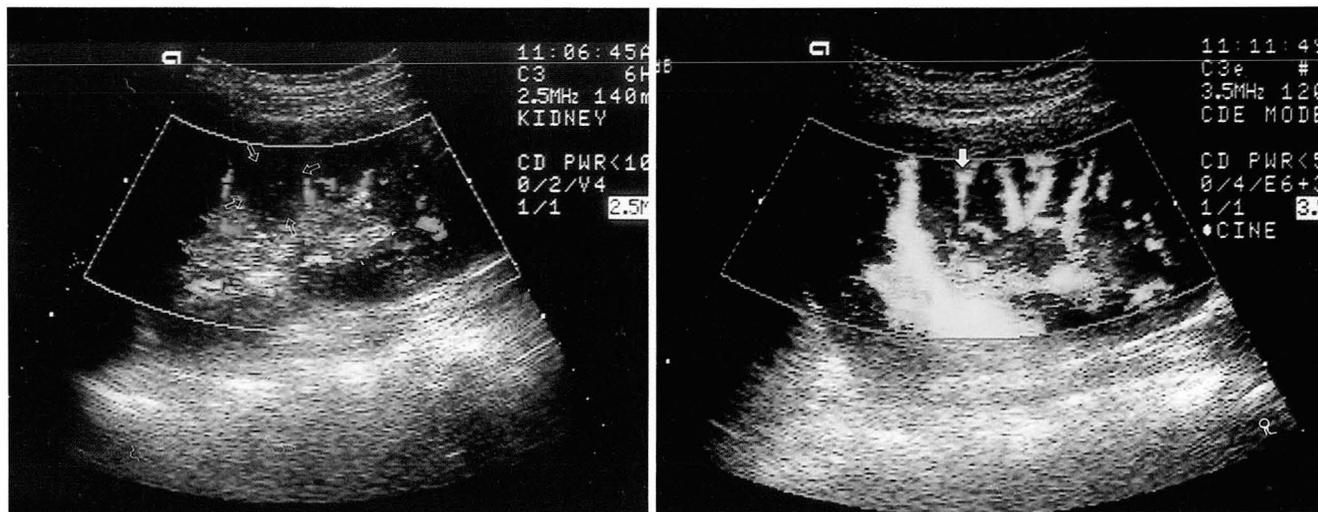


Fig. 2. Renal Pseudotumor
 a. On CDI, area of reduced or focally absent perfusion(open arrows) was present at mid portion of right kidney.
 b. On CDE, linear and curvilinear blood vessels(arrow) were identified in the same area and we could rule out tumor or infarction.

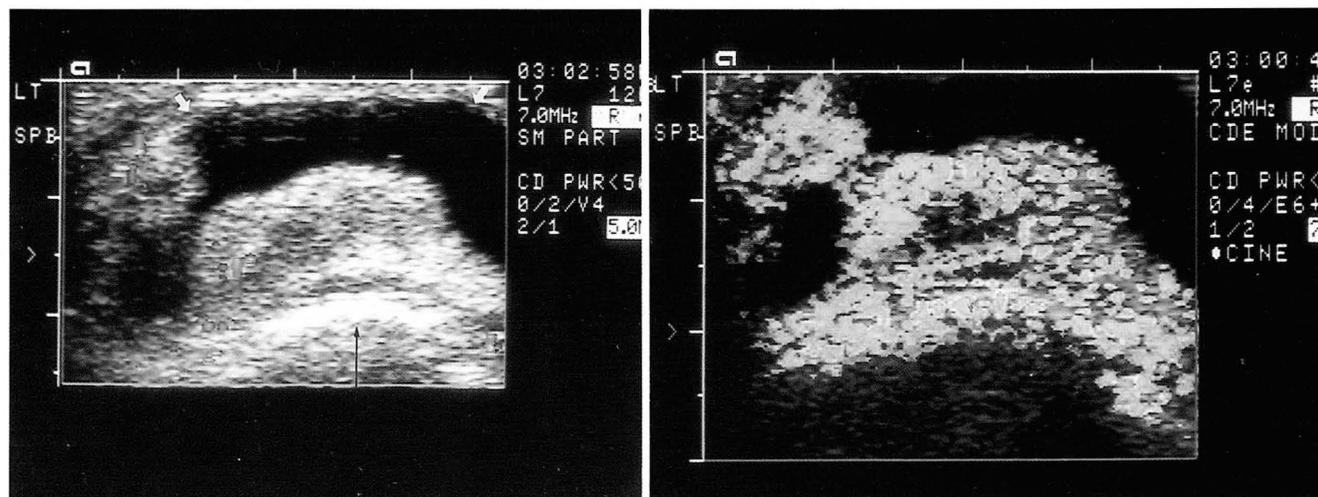


Fig. 3. Suprapatellar Bursitis
 Distended, fluid-filled suprapatellar bursa(white arrows) was seen on axial CDI(a) and CDE(b). Increased vascularity which was meant hyperemia was evident within inflamed synovium on both CDI and CDE, but this was more prominent on CDE. Black arrow indicates cortex of femur.

으로 지정되어 있는 것이다. CDI에서는 잡음이 무작위의 위상각(random phase angle)을 가지기 때문에 주파수 변환을 가지는 색신호로 표현되고 어느 수치이상으로 색이득을 증가시키면 잡음에 의해 얻고자하는 색신호가 가리워지게 된다. 그러나, CDE에서는 잡음이 얻고자하는 색신호에 비해 매우 낮은 에너지로, 그리고 일정한 값으로 산출되기 때문에 균질한 배경으로 표현되고, 얻고자하는 색신

호는 이러한 균질한 배경잡음(homogenous background noise)에 비해 다른 색으로 보인다. 따라서, 상대적으로 적은 양과 느린 혈류라 할지라도 민감하게 인식할 수 있다. 또다른 장점은 입사각에 무관하다는 것이다. CDI는 평균 주파수 변환을 환산하여 강도를 표현하는 것이므로 $\Delta f = 2 v f_0 \cos\theta / c$ (Δf : 도플러 주파수 변환, v : 혈류의 속도, f_0 : 탐촉자의 주파수, θ : 혈류에 대한 초음파 주사선의 각

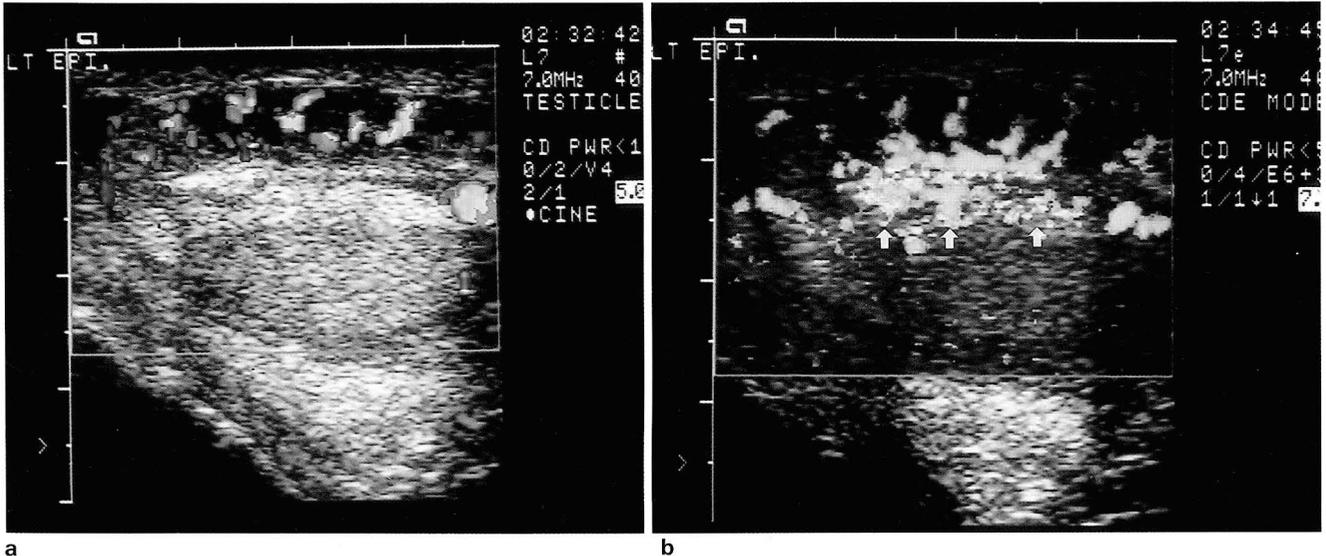


Fig. 4. Epididymo-orchitis
 a. On CDI, increased blood flow could be seen only in the epididymis.
 b. On CDE, increased flow was also detected in the testis(white arrows).

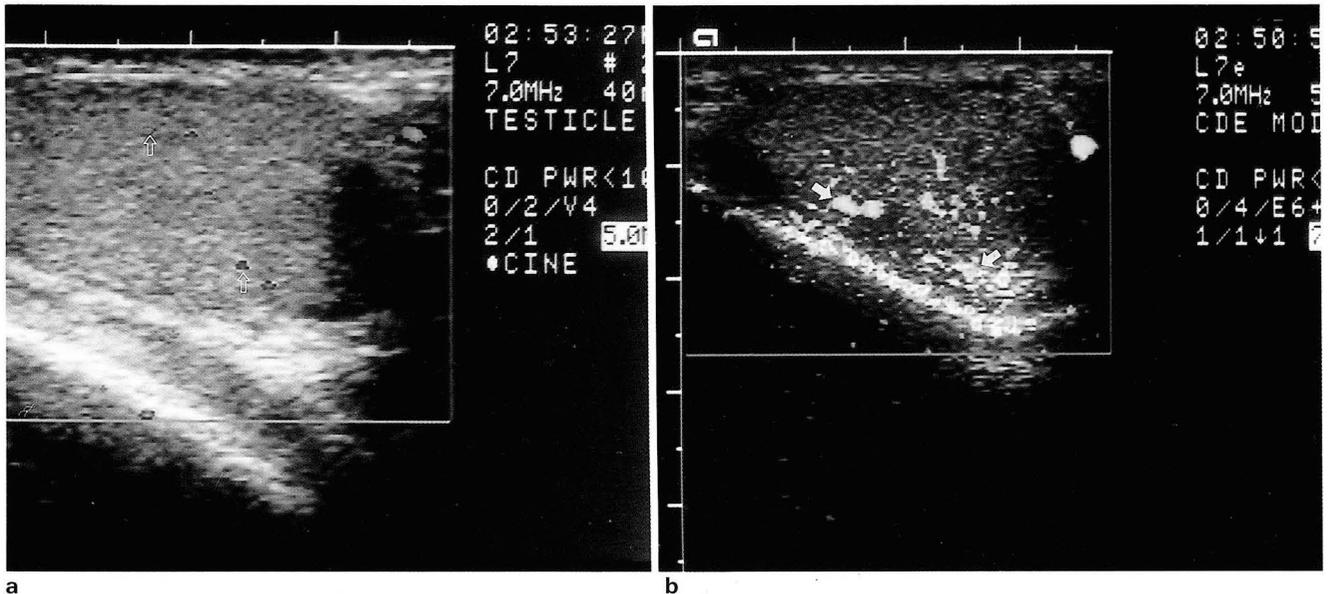


Fig. 5. Normal Testitis
 a. CDI of left testis in patient with pain and possible torsion. No definite flow was seen in testis itself. Some random spots of color(open arrows) were seen in testis, but no definite vessels.
 b. But CDE image of same testis showed definite flow in testis(white arrows), ruling out torsion. Obvious vascular continuity greatly increased confidence of diagnosis.

도, c : 조직에서의 초음파의 속도)에서 초음파 입사각(θ)의 값에 영향을 받게된다. 따라서, 같은 혈관이라 하더라도 입사각에 따라 다른 색신호로 나타날 수 있고 그 혈관에 입사각이 직각인 주사면에서는 색신호가 나타나지 않는다. 그러나, CDE에서는 도플러 신호를 적분하여 에너지를 표현하므로 표본 크기내의 적혈구의 수와 분포는 일정하므로 입사각에 관계없이 같은 혈관으로서의 인식이 가능하고 탐촉자에 수직으로 위치한 혈관까지도 색신호의 관찰이 가능하다. 그리고, CDE에서는 CDI와 달리 활차인 공음영이 발생하지 않는다. 활차인공음영은 평균 주파수 변환이 너무 높거나 PRF(Pulse Repetition Frequency)가 너무 낮을 때, 즉 평균 주파수 변환이 $PRF/2$ (Nyquist limit)를 넘었을 때 생기는 것이다(2, 6). 그러나, 도플러 스펙트럼 파형아래의 에너지 전체를 적분하여 표현하는 CDE에서는 평균 주파수 변환이 $PRF/2$ 를 넘더라도 도플러 스펙트럼 파형아래의 면적은 변하지 않기 때문에 활차인공음영은 생기지 않는다. 이러한 장점들에 의해 CDE는 CDI보다 저속도의 맥관조직성을 검출하는데 보다 민감하고, 정상 혹은 정상 변이에 의해 탐촉자에 수직으로 위치하고 있는 혈관까지도 표현이 가능하므로 맥관조직성을 표현하는데 보다 정확하다고 알려져 있다(2-5, 7-9).

실지로 본 연구에서, 신장 가상종양의 경우 CDI에서 검출하지 못했던 맥관조직성을 CDE에서 검출함으로써 정상 변이를 종양이나 경색 등으로부터 감별이 가능하였는데, 이는 공상동맥이나 소엽간동맥이 느린 속도를 가지거나 탐촉자에 수직으로 위치하고 있는 경우로 생각된다. 근골격계 염증과, 고환 및 부고환염이 있는 경우 충혈을 반영하는 증가된 맥관조직성을 CDE에서 보다 잘 확인함으로써 생리적 현상을 더욱 잘 표현할 수 있었고 병변의 파급 정도와 국소화가 보다 용이하였다. 특히 급성 고환염전을 의심했던 환자에서는 CDE에서 정상적인 맥관조직성을 더욱 분명하게 확인함으로써 고환염전을 배제할 수 있었는데 이는 CDI에서는 무작위잡음으로 인해 정상 맥관조직성의 유무를 구별하기 힘든데 반해 CDE에서는 균일한 배경 잡음과 입사각에 영향을 받지 않는 장점으로 인해 상대적으로 적은 양과 느린 혈류를 나타냄으로써 정상적인 맥관조직성을 확인할 수 있었던 것으로 생각된다. 고환의 정계정맥류의 예에서는 CDE에서 보다 많은 맥관조직성을 확인할 수 있었는데 이것 역시 CDE가 느린 속도의 혈류를 검출하는데 보다 민감하다는 것을 반영하는 것이다. 종양의 경우에도 주위혈관의 전위를 보다 잘 표현하여 종양을 발견하는데 많은 도움을 받을 수 있었다. 비장 정맥류에서는 CDI에서 색신호가 보이지 않던 작은 혈관들까지도 CDE에서 확인이 가능하여 주위 혈관들의 관계를 용이하게 볼 수 있었으며, 이 또한 CDE가 입사각에 영향을 받지 않는다는 것을 잘 반영하는 것이라 할 수 있겠다.

그러나 CDE에서 이러한 장점 이외에도 몇 가지 단점은 있는 것으로 알려져 있다(2-3). 그 중 가장 큰 단점은 움직임에 매우 민감하다는 것이다. 호흡, 혈관박동, 그리고

조직의 움직임에 의해 생기는 섬광인공음영(flash artifact)에 의해 얻고자하는 색신호가 가리워져 영상을 얻기 어렵게 된다. 특히 심장, 간, 신장등을 스캔할 때에는 영향을 많이 받게 된다. 그러나, 호흡에 의해 생기는 인공음영은 환자가 어느 정도 호흡조절을 할 수 있는 상태만 되면은 크게 문제가 되지 않는다고 본다. 저자들의 경우에 있어서도 32예의 간, 신장, 비장을 스캔하는 동안 호흡으로 인해서 크게 어려움을 겪은 경우는 없었다. 그리고, 환자 스스로의 노력에 의해서도 어쩔 수 없는 심장 및 혈관의 박동에 의한 인공음영도 CDE가 아직은 초보적인 단계에 있지만, 최근 환자의 움직임에 의한 인공음영을 제어할 수 있는 방법(motion-suppressing techniques)이 계속 개발되고 있기 때문에 조속한 시일내에 이러한 문제는 해결되리라 기대된다. CDE의 또 다른 단점으로는 CDE에서는 혈류의 방향과 속도에 관한 정보를 알 수 없다는 점이다. 이는 도플러 스펙트럼 파형아래의 면적인 도플러 에너지를 영상화 하는 것이기 때문이다. 그러나 CDI에서도 저속도의 혈류를 검출하기 위해서는 PRF를 낮춰야하고, 따라서 활차인공음영에 의해 혈류방향에 관한 정보는 알 수 없다(3). 따라서 느린 속도의 혈류를 검출하고자 할 때에는 이러한 점에 있어서는 CDI와 CDE의 차이점은 없다 할 수 있겠다.

본 연구에서도 앞으로 몇 가지 연구되어야 할 점이 있다. 첫째는, 저자들은 완전히 동일한 조건하에서 CDI와 CDE를 비교하려 노력하였지만 CDI와 CDE사이의 비교가 다소 주관적이라는 것이다. 또한, 초음파 검사를 하는 개인간의 색신호를 표현, 인식할 수 있는 능력의 차이에 의해서도 결과는 달라질 수도 있을 것이다. 그러나 맥관조직성의 검출에 있어서 CDE가 우위에 있다는 것이 최근 여러 연구에서 발표되고 있고(2-5, 7-9) 저자들의 이번 연구를 통한 경험과 의견도 그러하다. 두번째로, 여러 부위의 질환에 이용하여 각 질환에 대한 충분한 증례를 확보하지 못해 CDE의 유용성에 대한 통계적 검증을 시도하지 못했는데 이는 앞으로 충분한 증례를 모아 각 질환 및 부위별로 CDE의 유용성에 대한 연구가 필요할 것으로 본다.

결론적으로, CDE는 균질한 배경 잡음을 보이고, 활차인공음영이 없으며, 입사각에 무관한 장점들을 가지고 있어 맥관조직성의 검출, 혈관 전위, 주위 혈관과의 관계등을 보다 잘 표현함으로써, CDI에 추가적으로 사용하면 병변의 진단에 많은 도움이 되리라 기대된다.

참 고 문 헌

1. Kremkau FW. *Principles and instrumentation*. In Christopher R. B. Merritt, eds. *Doppler Color Imaging*. 1st ed. NYC: Churchill Livingstone. 1992;7-61
2. Jonathan M. Rubin, Ronald S. Adler. Power Doppler expands standard color capability. *Diagn Imaging* 1993;December: 66-69
3. Jonathan M. Rubin, Ronald O. Bude, Paul L. Carson, Robert

- L. Bree, Ronal S. Adler. power Doppler US:A Potentially Useful Alternative to Mean Frequency-based Color Doppler US. *Radiology* **1994**;190:853-856
4. Ronald O. Bude, Jonathan M. Rubin, Ronal S. Adler. Power versus Conventional Color Doppler Sonography: Comparison in the Depiction of Normal Intrarenal Vasculature. *Radiology* **1994**;192:777-780
5. Jim Arenson, John Allison. CDE:New Clinical Information to Lead to New Applications. *Adv Radiol Sci Prof* **1994**;12:2, 4
6. Kremkau FW. Doppler Artifacts. *J Vasc Technol* **1991**;14:41, 123, 239
7. Karen Sandrick. Power Doppler provides adjunct to standard CDI. *Diagn Imaging* **1995**;March :
8. Brenda Tilke. Researchers Tell of Experience with Color Doppler Energy. *Adv Radiol Sci Prof* **1994**;12:2-3
9. Franklin Tessler, Matthew Rifkin. Color Doppler Energy Imaging. *Admini Radiol* **1994**;May:17-20

Color Doppler Energy(CDE) : Initial Ten-Months Experience¹

Young Jin Ro, M.D., Kook Sang Han, M.D.², Sang Hwa Nam, M.D.²,
Keum Seob Lee, M.D.³, Hyun Ju Son, M.D., Suck Hong Lee, M.D.,
Byung Soo Kim, M.D., Se Kwon Shin, M.D.⁴

¹ Department of Diagnostic Radiology, College of Medicine, Pusan National University

² Department of Diagnostic Radiology, Hae Dong Hospital

³ Department of Urology, Hae Dong Hospital

⁴ Department of Diagnostic Radiology, Dae Dong Hospital

Purpose: Color Doppler Imaging(CDI) has shortcomings, including random noise, aliasing, and angle dependence. To overcome these, a method using CD US, termed power doppler or Color Doppler Energy(CDE), has recently been introduced. The purpose of this study was to show the clinical usefulness of CDE.

Materials and Methods: We retrospectively analyzed the CDI and CDE of 61 cases(20 renal pseudotumors, 8 musculoskeletal inflammations, 17 epididymitis or epididymo-orchitis, 3 varicoceles, 1 normal testis, 1 hepatocellular carcinoma, 7 renal cell carcinomas, 1 renal angiomyolipoma, and 3 splenic varices). CDI and CDE scans were obtained at the same region with constant scan plane. The color gain was increased until noise first became perceptible, and scans were always obtained in such a way that the maximum amount of vascularity was shown. Thereafter, the vascularity, vascular displacement, and the vascular relationship between CDI and CDE were compared.

Result: In 17 of 20 cases of pseudotumor in the kidney, normal vascularity was identified in CDI and CDE, but was more clearly visible in CDE. In three cases, there was no visible vascularity in CDI, but normal vascularity in CDE. In eight cases of musculoskeletal inflammation and 17 cases of epididymitis with or without orchitis, the vascularity was increased due to hyperemia, which was more prominently seen in CDE than in CDI. In three varicoceles, CDE appeared to be better in demonstrating low velocity flow. In one patient who was suspected of having acute testicular torsion, CDE was helpful in excluding this suspicion. In one case of hepatocellular carcinoma, seven cases of renal cell carcinoma, one case of renal angiomyolipoma, and three cases of splenic varices, CDE was better than CDI in showing the vascularity, vascular relationship, and vascular displacement.

Conclusion: CDE is a potentially useful adjunct to standard CDI.

Index Words: Ultrasonography(US), Doppler studies
Ultrasonography(US), technology