대한방사선의학회지 2002;47:365 - 372

간의 국소 병변에 대한 기본, 조직 하모닉, 기본 복합, 하모닉 복합 초음파 영상간의 비교[1]

신정희 · 황지영 · 백승연 · 이정식

목적: 본 연구는 간의 국소 병변에 대한 기본(fundamental imaging, FI), 조직 하모닉 (tissue harmonic imaging, THI), 기본 복합(fundamental compound imaging, FCI), 하모닉 복합(harmonic compound imaging, HCI) 영상의 질을 비교하고 그 유용성을 밝히고자 하였다.

대상과 방법: 74명 (남:여 30:44, 연령 범위: 33 - 82세, 평균연령 55세) 의 환자에서 확진된 간의 국소 병변 94예(혈관종 27예, 간세포암 15예, 전이암 14예, 낭종 38예)를 대상으로 하여 HDI 5000 SonoCT(Advanced Technology Laboratories, Bothell, CA, U.S.A.)와 2 - 5MHz 볼록탐촉자를 이용하여 네 가지 영상소견을 얻었다. 고형종괴는 병변의 명확도(lesion conspicuity), 병변내부 형상(internal morphology), 전반적 화질(overall image quality), 병변 주위의 달무리(peripheral halo)등을 평가하였고, 낭종은 병변내부의 인공물 (internal artifact), 변연의 선예도(sharpness of margin), 후방음영 증가(posterior enhancement)등을 지표로 해서 두 명의 복부 방사선과 전문의가 합의하여 각 병변마다 4등급으로 분류하였고, 통계분석은 ANOVA 검사 중 Scheffe 방법으로 검증하였다.

결과: 혈관종, 간암, 전이암을 포함하는 고형종괴에서는 THI, FCI, HCI가 FI보다 병변의 명확도, 병변내부 형상, 전반적 화질에 있어 우수하였다($p<0.05$). 고형종괴의 병변 주위의 달무리를 평가하는데 있어 네 가지 방법간에 유의한 차이는 없었다. 낭종에서는 THI, FCI, HCI가 FI보다 병변내부의 인공물, 변연의 선예도에 있어 우수하였다($p<0.05$). 낭종의 후방음영 증가에 있어서는 THI가 FI와 FCI보다 우수하였고, HCI가 FCI보다 우수하였다($p<0.05$).

결론: 간의 국소 병변을 영상화하는데 있어서 하모닉 영상 (즉, THI와 HCI) 은 기본 초음파 영상기법에 비해 우수하였지만 HCI와 THI는 통계적으로 의미있는 차이는 없었다.

최근 수년간 초음파 분야에서 일어난 가장 큰 기술적 발전 중의 하나가 하모닉 영상의 등장이다. 처음에는 송신된 주파수의 두 배에 해당하는 주파수 영역을 중심으로 초음파 신호를 받는 제 2 하모닉 영상(second harmonic imaging)이 소개되었고 (1 - 3), 그 후 서로 반대위상을 가진 한 쌍의 초음파를 송신하여 넓은 주파수 범위의 하모닉 신호를 받는 펄스 역전 하모닉 영상(pulse inversion harmonic imaging, PIHI)이 개발되어 활발하게 연구되고 있다 (4). 가장 최근에 등장한 초음파 방법인 복합 영상(compound imaging, CI)은 여러 각도에서 얻은 다수의 동일 평면상의 단층영상을 실시간으로 얻은 후 이것을 실시간 화면율에 영향을 주지 않는 상태에서 하나의 복합적인 영상으로 합성하는 기법인데, 인공물(artifact)이 현저하게 감소되어 종래의 하모닉 영상보다 더 선명한 영상을 수 있는 장점이 있다 (5).

초음파검사는 간의 국소 병변을 검출하고 감별하는데 있어 대표적인 선별검사로 사용되어 왔으나, 최근에 등장한 하모닉 영상으로 화질이 더욱 향상되어 조직 하모닉 영상(tissue harmonic imaging, THI) 의 경우, 간의 국소 병변에 대해 고식적인 초음파 영상보다 더 많은 정보와 우수한 영상을 제공한다고 보고되고 있다 (6, 7). PIHI를 이용한 신장과 간의 병변에 대한 연구에서는 THI보다 PIHI이 우수하다고 보고되었으나, PIHI는 많은 펄스를 사용하므로 실시간 화면율이 낮기 때문에 운동인공물(motion artifact)에 영향을 받는 제한점이 있다 (8, 9). CI에 대한 연구는 유방 종괴에 대한 보고가 있는데 종괴의 명확성과 특성에 있어 고식적인 초음파 영상보다 우수하다고 보고하고 있다 (10). 그러나 간의 병변에서의 CI에 대한 연구는 현재까지 보고되지 않았다. 따라서 이 연구는 고식적 초음파 영상에 해당하는 기본 영상(fundamental imag -

이화여자대학교 목동병원 진단방사선과
이 논문은 2002년 2월 27일 접수하여 2002년 7월 11일에 채택되었음.

ing, FI), 조직 하모닉 영상(tissue harmonic imaging, THI), 기본 복합 영상(fundamental compound imaging, FCI), 하모닉 복합 영상(harmonic compound imaging, HCI)들 간의 화질을 비교하기 위해 간의 국소 병변에 대한 영상소견을 평가하고 임상적 유용성을 알아보고자 하였다.

대상과 방법

초음파검사를 시행한 74명(남:여 30:44, 연령 범위 33 - 82세, 평균연령 55세)의 환자에서 확진된 간의 국소 병변 94예(혈관종 27예, 간세포암 15예, 전이암 14예, 낭종 38예)를 대상으로 하였다. 혈관종과 낭종은 특징적인 CT 혹은 MRI 소견을 보이면서 6개월 이상의 추적검사에서 변화가 없는 병변을 포함시켰고, 간세포암과 전이암은 병리조직학적으로 진단된 병변을 대상으로 하였다.

초음파기기는 HDI 5000 SonoCT (Advanced Technology Laboratories, Bothell, CA, U.S.A.)로 2 - 5MHz 볼록탐촉자를 사용하여 한명의 복부 방사선과 전문의가 한 병변에 대해 FI, THI, FCI, HCI의 네 가지 초음파 기법의 영상을 얻었다. 초음파검사 방법은 깊이와 초점영역을 고정시켜 모두 같은 조건으로 만들고 가장 좋은 영상을 얻기 위해 게인만을 조절하여 시행하였다. 혈관종, 간세포암, 전이암을 포함하는 56예의 고형종괴는 전체 고형종괴와 각각의 고형종괴에 대해서 따로 병변의 명확도(lesion conspicuity), 병변내부 형상(internal morphology), 전반적 화질(overall image quality), 병변 주위의 달무리(peripheral halo)등 네 가지 지표를 평가하였다. 낭종은 병변내부의 인공물(internal artifact), 변연의 선예도(sharpness of margin), 후방음영 증가(posterior enhancement)등 세 가지 지표를 평가하였다. 영상분석은 초음파검사 기법은 모르는 상태에서 두 명의 복부 방사선과 전문의가 합의하여 각 병변마다 각각의 지표에 대해 매우 우수(excellent), 우수(good), 보통(fair), 불량(poor)의 네 등급으로 점수를 정

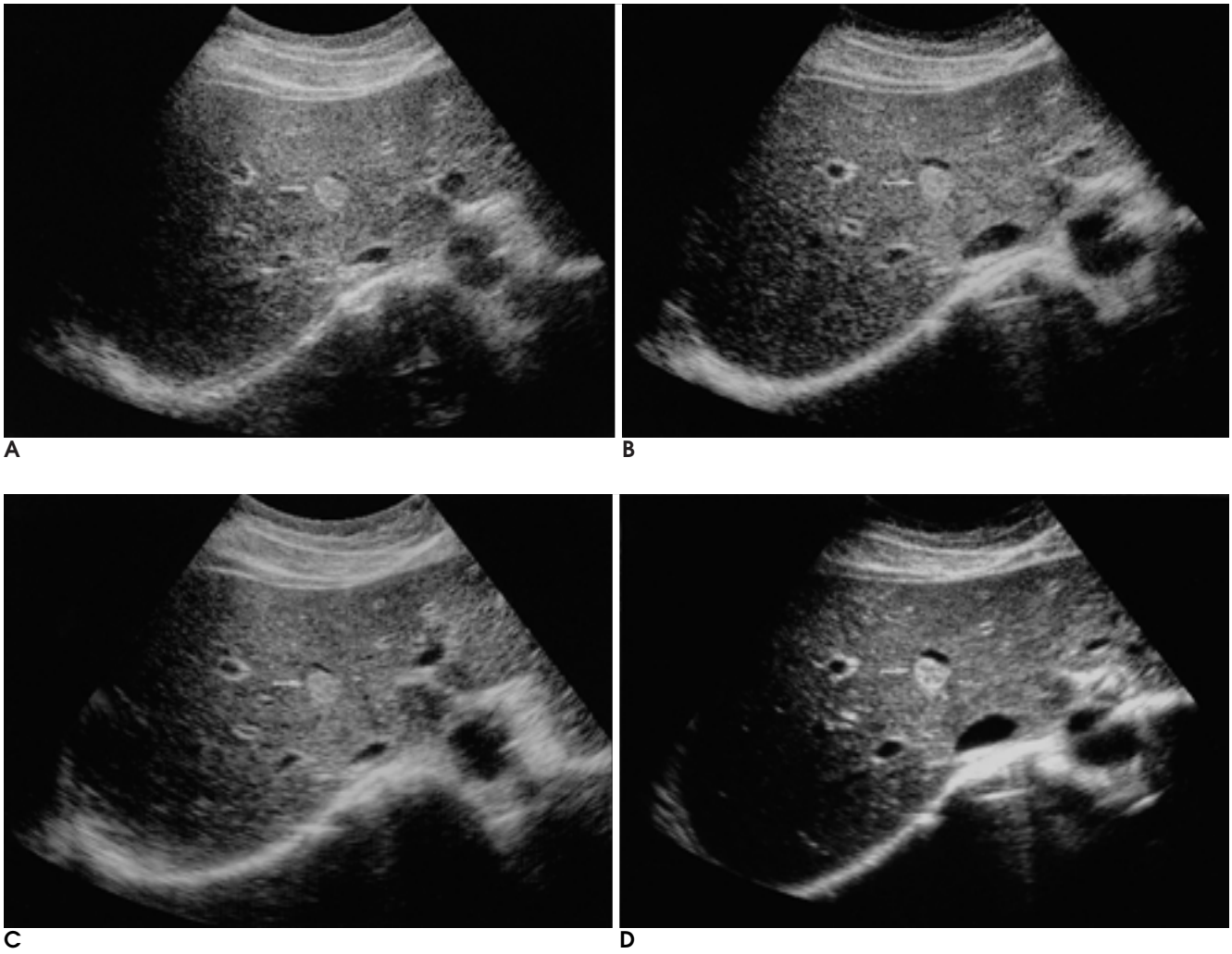

Fig. 1. Hemangioma in a 40-year-old woman. Fundamental image (**A**) shows a hyperechoic mass (arrow) with 'good' lesion conspicuity, 'good' internal morphology, and 'good' overall image quality. Note distinct peripheral halo that was graded as 'good'. Tissue harmonic image (**B**) and fundamental compound image (**C**) show a hyperechoic lesion (arrow) with the same grade in all parameters as that shown in A. Harmonic compound image (**D**) shows a hyperechoic lesion (arrow) graded as 'excellent' in all parameters, indicating the best image quality among all of these four images.

하였다. 병변의 명확도, 병변 주위의 달무리, 변연의 선예도의 등급은 경계가 100%로 분명할 때를 매우 우수로 정하였고, 75%이상이 분명할 때를 우수, 50%에서 75%사이일 때를 보통, 경계의 구분이 50%이하일 경우를 불량이라고 정하였다. 병변내부 형상은 병변내부의 에코를 이루는 다양한 반점들이 명확하게 구별되어 보일 때를 매우 우수, 구별이 되지 않을 때를 불량으로 정하고, 그 사이는 정도에 따라 우수와 보통으로 등급을 나누었다. 낭종에서 병변내부의 인공물의 등급은 순수한 저에코로 보일 경우 매우 우수로 정하였고, 몇 개의 점상의 인공물이 보일 경우 우수, 저에코의 인공물이 병변의 반이하에서 보일 경우 보통, 반이상에서 보일 경우 불량으로 정하였다. 후방음영 증가는 밝은 정도에 따라 등급을 정하였다. 통계분석은 ANOVA 검사 중 Scheffe 방법을 이용하였다.

결 과

고형종괴

27예의 혈관종에서 병변의 명확도, 병변내부 형상, 전반적 화질은 THI, FCI, HCI가 FI보다 우수하였다 ($p<0.05$) (Fig.1). 병변주위의 달무리는 네 가지 방법간에 유의한 차이가 없었다 ($p>0.05$) (Table 1).

15예의 간세포암에서 병변의 명확성은 FCI와 HCI가 FI보다 우월하였고, 전반적 화질은 FCI가 FI보다 우수하였다 ($p<0.05$) (Fig. 2). 병변내부 형상 및 병변주위의 달무리는 네 가지 방법간에 유의한 차이가 없었다 ($p>0.05$) (Table 2).

Table 1. Comparison of FI, THI, FCI and HCI Techniques in 27 Hemangiomas

Parameters	Techniques
Conspicuity	FI < THI = FCI = HCI
Internal morphology	FI < THI = FCI = HCI
Overall image quality	FI < THI = FCI = HCI
Peripheral halo	FI = THI = FCI = HCI

FI, fundamental imaging; THI, tissue harmonic imaging; FCI, fundamental compound imaging; HCI, harmonic compound imaging
A > B : A is superior to B with statistical significance($p<0.05$);
A = B : There is no significant difference between A and B;
A < B = C means that A is superior to B and A is superior to C.

Table 2. Comparison of FI, THI, FCI and HCI Techniques in 15 Hepatocellular Carcinomas

Parameters	Techniques
Conspicuity	FI < FCI = HCI
Internal morphology	FI = THI = FCI = HCI
Overall image quality	FI < FCI
	FI = THI = HCI
Peripheral halo	FI = THI = FCI = HCI

FI, fundamental imaging; THI, tissue harmonic imaging; FCI, fundamental compound imaging; HCI, harmonic compound imaging
A > B : A is superior to B with statistical significance ($p<0.05$);
A = B : There is no significant difference between A and B;
A < B = C means that A is superior to B and A is superior to C.

14예의 전이암에서 병변의 명확도와 병변내부 형상은 FCI와 HCI가 FI보다 우수하였고, FCI는 THI보다 병변의 명확도는 우수하였다 ($p<0.05$). 전반적 화질은 THI, FCI, HCI가 FI보다, HCI가 THI보다 우수하였다 ($p<0.05$)(Fig. 3). 병변주위의 달무리는 네 가지 방법간의 유의한 차이가 없었다 ($p>0.05$)(Table 3).

56예의 전체 고형종괴에서 THI, FCI, HCI가 FI보다 병변의 명확도, 병변내부 형상, 전반적 화질에 있어 우수하였고 ($p<0.05$), 병변의 명확도는 HCI가 THI보다 우수하였다 ($p<0.05$). 20예의 고형종괴에서 보이는 병변 주위의 달무리는 네 가지 방법간에 유의한 차이는 없었다 ($p>0.05$)(Table 4).

낭종

36예의 낭종은 THI, FCI, HCI가 FI보다 병변내부의 인공물이 유의하게 낮았으며, 변연의 선예도에 있어 우수하였다 ($p<0.05$). 후방음영 증가는 THI가 FI와 FCI보다 우수하였고, HCI가 FCI보다 우수하였다 ($p<0.05$) (Fig. 4) (Table 5).

고 찰

한 주파수의 초음파가 신체내부로 입사하여 조직에서 반사

Table 3. Comparison of FI, THI, FCI and HCI Techniques in 14 Metastases

Parameters	Techniques
Conspicuity	FI < FCI = HCI
	THI < FCI
	FI = THI
Internal morphology	FI < FCI = HCI
	FI = THI
Overall image quality	FI < THI = FCI = HCI
	THI < HCI
Peripheral halo	FI = THI = FCI = HCI

FI, fundamental imaging; THI, tissue harmonic imaging; FCI, fundamental compound imaging; HCI, harmonic compound imaging
A > B : A is superior to B with statistical significance ($p<0.05$);
A = B : There is no significant difference between A and B;
A < B = C means that A is superior to B and A is superior to C.

Table 4. Comparison of FI, THI, FCI and HCI Techniques in 56 Total Solid Lesions

Parameters	Techniques
Conspicuity	FI < THI = FCI = HCI
	THI < HCI
Internal morphology	FI < THI = FCI = HCI
Overall image quality	FI < THI = FCI = HCI
Peripheral halo	FI = THI = FCI = HCI

FI, fundamental imaging; THI, tissue harmonic imaging; FCI, fundamental compound imaging; HCI, harmonic compound imaging
A > B : A is superior to B with statistical significance ($p<0.05$);
A = B : There is no significant difference between A and B;
A < B = C means that A is superior to B and A is superior to C.

될 때 조직과 상호작용을 하여 복잡한 신호가 섞여 있게 된다. 이 중 처음 입사한 주파수의 정수배에 해당하는 주파수 성분을 하모닉 신호라고 한다. 하모닉 영상은 기저주파수와 분리된 하모닉 신호만을 선택적으로 받아들여 만드는 영상이므로 영상의 질을 저하시키는 신호잡음이 적으며 측면 해상도와 영상의 대조도가 증가되는 장점이 있다 (1). 그러나 초음파 주파수를 제한해야 하므로 수신되는 주파수폭(bandwidth)이 좁아서 영상의 대조도와 해상력에 한계가 있고 기저주파수와 하모닉 신호가 상당히 중첩되어 전체적인 영상의 질이 저하되는 단점도 있다 (8).

CI는 다양한 각도로부터 여러 개의 화면들을 얻어 실시간에 중첩된 화면들을 병합하여 나타내는 영상 기법이다. 따라서 CI는 FI에 비해 초음파의 송신과 수신에 있어 두가지 기능적 차이 있다. 첫째는 속형성 전자기(beamformer electronics)가 기존의 초음파와 같은 직각 방향외에 다양한 방향으로 초음파속이 나갈 수 있도록 개발되어 화면 수가 많아지게 되어 있다. 둘째는 초음파 수신기가 방향이 다양한 화면들을 정확하게 받

Table 5. Comparison of FI, THI, FCI and HCI Techniques in 38 Hepatic Cysts

Parameters	Techniques
Internal artifact	FI < THI = FCI = HCI
Sharpness of margin	FI < THI = FCI = HCI
Posterior enhancement	FI = FCI < THI
	FCI < HCI
	THI = HCI

FI, fundamental imaging; THI, tissue harmonic imaging; FCI, fundamental compound imaging; HCI, harmonic compound imaging
A > B : A is superior to B with statistical significance ($p < 0.05$);
A = B : There is no significant difference between A and B;
A < B = C means that A is superior to B and A is superior to C.

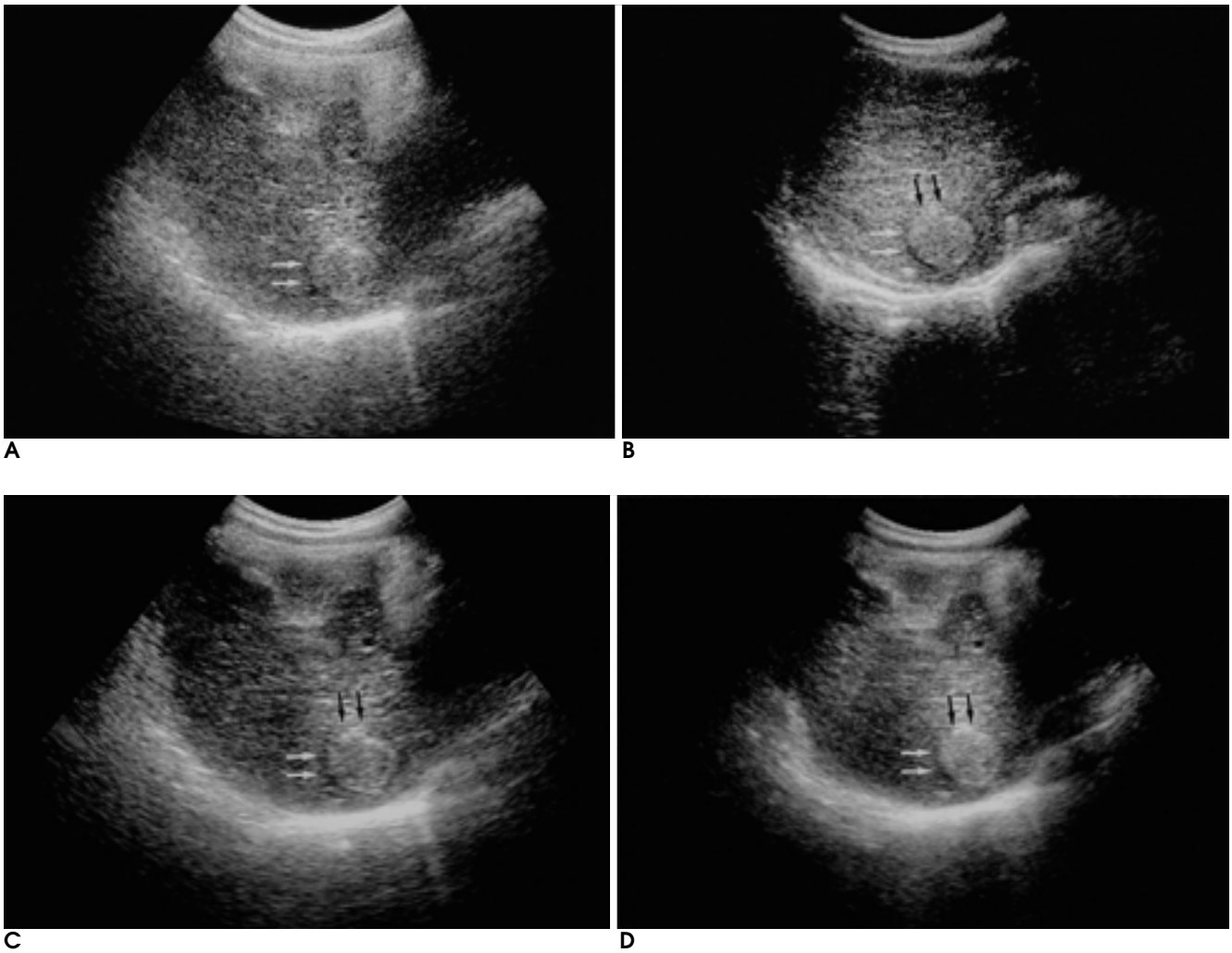

Fig. 2. Hepatocellular carcinoma in a 60-year-old man. Fundamental image (**A**) shows a hyperechoic lesion (arrows) graded as 'fair' in all parameters. Except peripheral halo, this lesion (arrows) in tissue harmonic image (**B**) was ranked as 'excellent' on all parameters, while it (arrows) was ranked as 'good' in all parameters on fundamental compound image (**C**) and harmonic compound image (**D**). For peripheral halo, tissue harmonic and fundamental compound images show a 'good' peripheral halo due to some indistinct portion at its upper part (black arrows), while harmonic compound image shows a 'fair' peripheral halo due to a greater extent of its indistinct portion (black arrows).

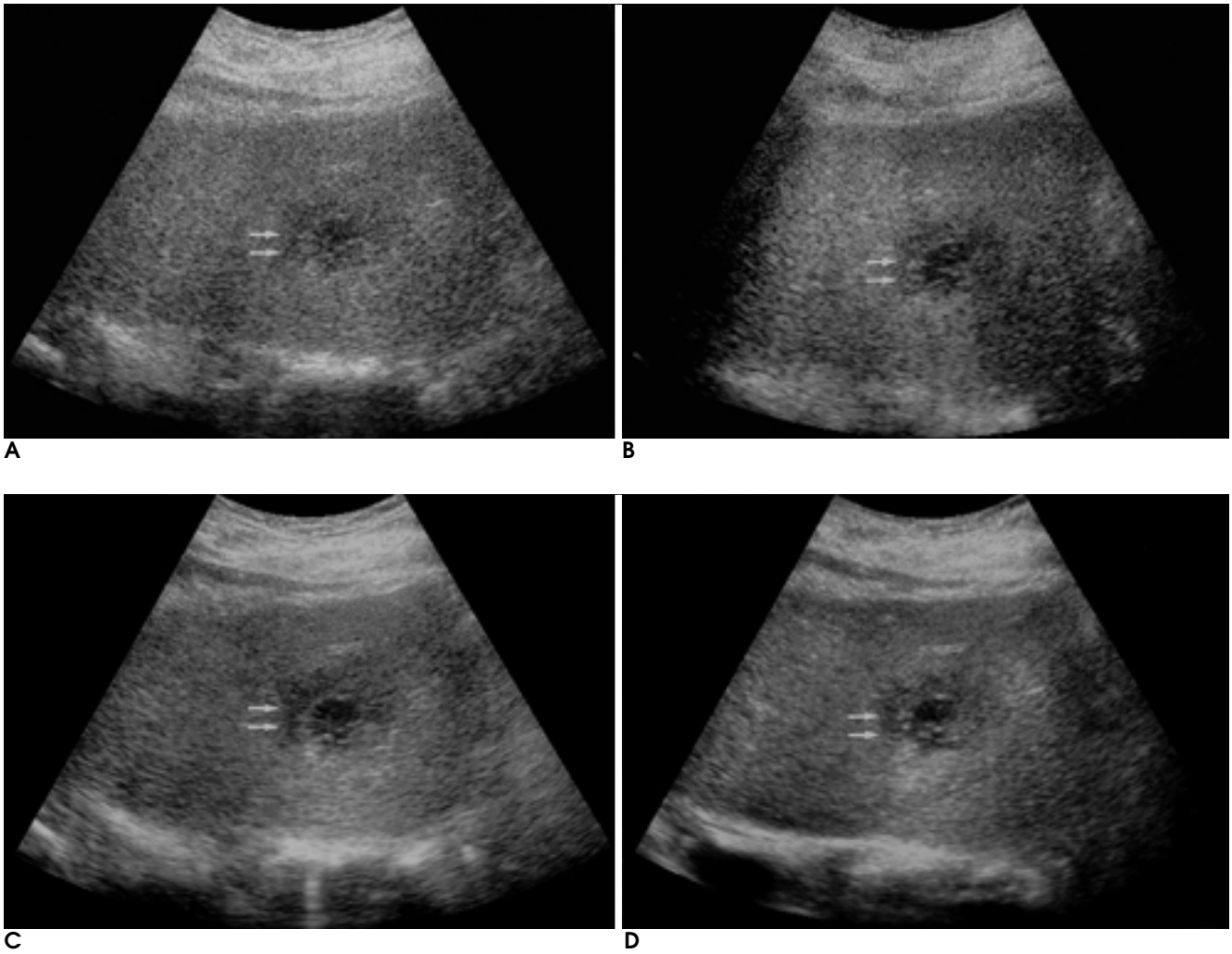

Fig. 3. Metastatic adenocarcinoma in a 69-year-old man with advanced gastric cancer. Fundamental image (**A**) shows a hypoechoic lesion (arrows) with target appearance with 'poor' lesion conspicuity, 'fair' internal morphology, and 'fair' overall image quality. This lesion was regarded to have no peripheral halo noted. Tissue harmonic image (**B**) shows a target lesion (arrows) with 'fair' lesion conspicuity, 'good' internal morphology, and 'fair' overall image quality. Fundamental compound image (**C**) and harmonic compound image (**D**) show a target lesion (arrows) that was all graded as 'good' in all parameter, although there are subtle difference in each parameter between them.

아들이고 그 화면들을 평균화하고 병합할 수 있게 되어 있다 (11). 그 결과 여러 각도에서 얻은 조직에코에서 발생하는 인공물들을 평균화시키고 굴절음영을 억제시켜서 실제 에코만을 강조하여 기존의 초음파 기법에 비해 보다 선명한 영상을 얻을 수 있다고 알려져 있다 (5). 이 연구의 경우, 고형종괴의 명확도에서 CI가 FI나 THI에 비해 우수하였고, 낭종 변연의 선예도에서 CI가 FI보다 우수하였다. 그러나 화면의 평균화는 지속효과(persistence effect)를 유도하게 되어 탐촉자가 빠르게 움직일수록 영상이 흐려지는 것(blurring)을 초래할 수 있다 (5). 저자들도 실시간으로 CI를 얻을때 화면율이 감소하면서 영상이 다소 흐려지는 것을 경험하였으나, 여러 지표를 분석하는 데에는 영향을 미치지 않았다. 그러나 임상적으로 CI가 초음파 유도 조직생검을 하거나 중재적 시술을 하는데 영상이 흐려질 수 있어 제한적일 수도 있다.

간의 국소 병변에서 THI가 가장 유용하게 이용될 수 있는 경우로 낭종이 있다. 신호잡음으로 인해 낭종임을 확신하기가 어려울 때 하모닉 영상은 낭종의 특징적인 소견인 내부 무에코와 후방 에코를 뚜렷하게 증강시키고, 측엽 인공물을 감소시킴으로써 신호대잡음비(signal - to - nose)는 향상되어 낭성 구조의 벽과 내부 병변을 FI에 비해 뚜렷하게 구분할 수 있다고 알려져 있다 (8). 또 같은 이유로 조직은 더 밝게 보이고 공동은 더 어둡게 보인다고 하였다 (12, 13). 이 연구에서도 낭종의 경우 병변 내부의 인공물 감소와 변연의 선예도에 있어 THI가 FI보다 우수하였고 낭종의 내부가 더욱 검게 보였다. CI는 화면이 모두 겹쳐지는 중앙 삼각부위는 영상이 가장 좋으며, 화면이 덜 겹쳐지는 가장자리 부위는 영상의 질이 떨어지게 된다. 이 연구에서도 낭종의 후방음영이 FI의 경우 관통형으로 나타나는데 반해 THI와 HCI에서는 명확한 삼각형 에코를 띠면서 다른 초음파 방법보다 우수하게 평가되었다. 고형종괴의 경우는 THI가 FI에 비해 에코가 약간 증가되어 고

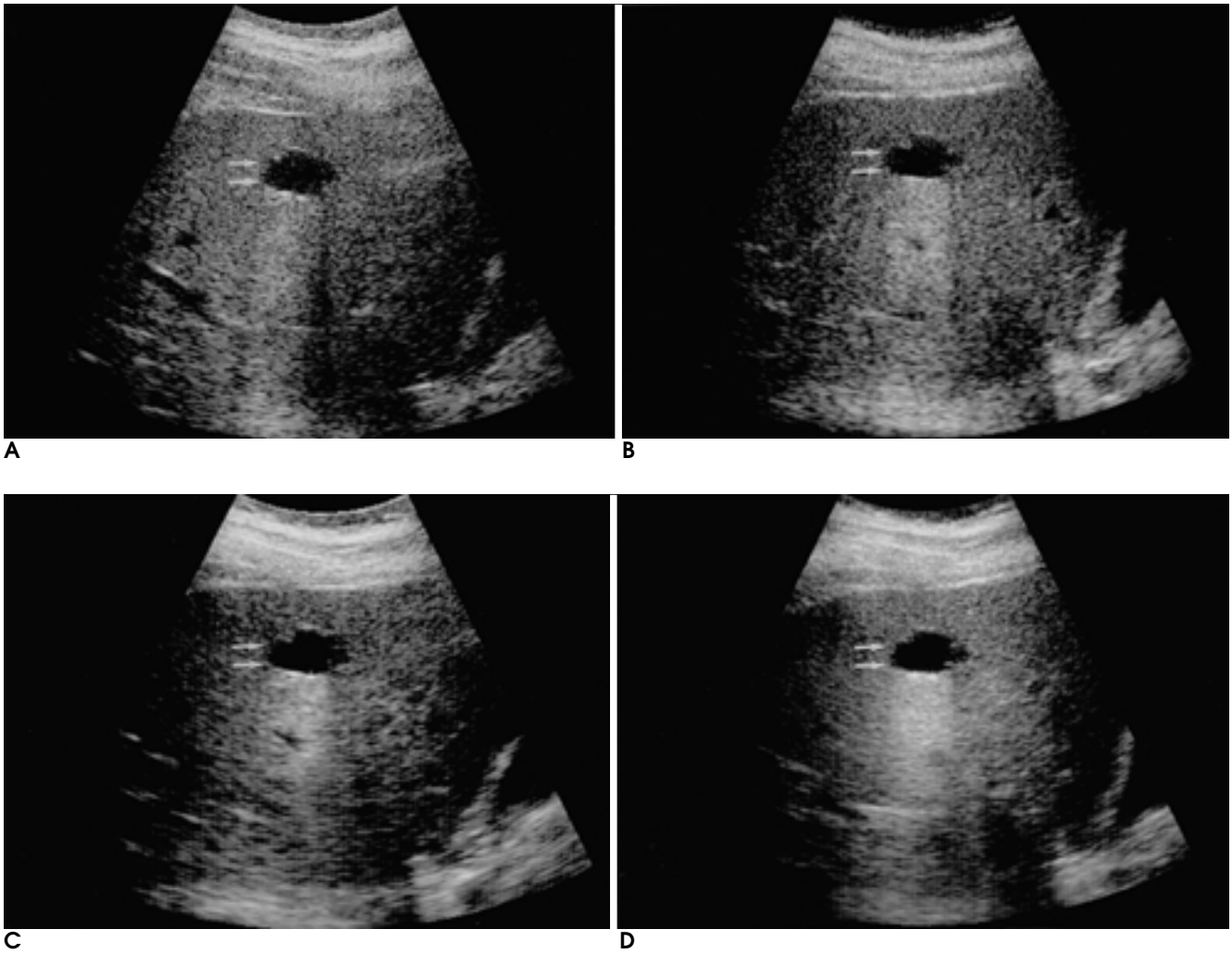

Fig. 4. Cyst in a 55-year-old woman. Fundamental image (**A**) shows an anechoic lesion (arrows) with 'good' internal artifact, 'good' sharpness of margin, and 'fair' posterior enhancement. Tissue harmonic image (**B**) shows an anechoic lesion (arrows) that was graded as 'good' in all parameters. Fundamental compound image (**C**) and harmonic compound image (**D**) show a clearly demarcated, anechoic lesion (arrows) without internal artifact, indicating 'excellent' sharpness of margin and internal artifact. Posterior enhancement appears to be much brighter in D compared to any other image, and therefore posterior enhancement shown in D was graded as 'excellent'.

에코의 혈관종은 더욱 밝게 보이는 경향이 있다고 보고되었다 (8). THI가 FI에 비해 화질을 향상시키는 두 가지 장점은 주파수폭을 좁혀 측면 해상도가 좋아지고 측엽 인공물을 감소시켜 신호대잡음비를 향상시키는데 있다 (12). 이 연구에서 고형종괴의 경우 CI가 FI보다 병변의 명확도, 병변내부 형상, 전반적 화질에 있어 우수하였다. 이는 다각도(multi - angle) CI는 다양한 각도로 개개 영상의 반점형태를 평균화함으로써 반점의 변이 (variance)가 감소되고, 조직 구별이 용이해지며, 병변의 명확성을 증가시키기 때문이다 (14). 유방종양의 CI에 대한 연구에서도 종양의 둘레가 더욱 선명하게 보이며, 주변부와의 관계, 종양 내부의 형태구별에 있어 보다 선명하다고 보고되어 저자들의 결과와 유사하였다 (15). 그러므로 복합영상은 조직간의 영상대조도와 섬세한 해상력의 향상, 경계면에서의 향상된 조영 등이 우수하였다.

이 연구의 제한점은 각 고형종괴의 수가 비슷하게 분포하지 못한 점이 있으나 통계 분석에는 영향을 미치지 않았다. 또한 각 지표를 객관적 기준을 가지고 등급화하고자 하였지만 주관적 판정을 해야 하는 경우가 있었다. 그러나 가능한 객관적 판정을 위해 두 명의 경험이 많은 복부 방사선과의사가 합의하에 판정하였다.

이 연구에서 간의 국소병변을 평가하는데 있어 CI가 HI에 비해 우수한 경향은 있었으나 통계적으로는 HI와 차이가 없었다. 이는 연구대상 수가 충분하지 않아서 통계적으로 의미가 없는 것처럼 결과가 나왔을 수도 있고, HI 자체가 여러 지표에 대한 평가에서 CI와 유사할 정도로 우수하기 때문일 수도 있다. 따라서 HI와 CI 중 더 우수한 영상을 평가하기 위해서는 향후 더 많은 대상에 대한 연구가 진행되어야 하겠다.

결론적으로 간의 국소병변 중 고형종괴에 있어서 THI, FCI, HCI가 FI보다 병변의 명확도, 병변내부 형상, 전반적 화질에 있어 우수하였다. 낭종에 있어서는 THI와 HCI가 병변내부의

인공물 감소, 변연의 선예도, 후방음영 증가에 있어 FI보다 우수하였다. 그러므로 간의 국소 병변을 영상화하는데 있어서 THI와 HCI가 다른 초음파 영상 기법에 비해 화질이 우수하였지만, THI와 HCI간에는 비슷한 화질을 보였다.

참 고 문 헌

1. Ward B, Baker AC, Humphrey VF. Nonlinear propagation applied to the improvement of resolution in diagnostic medical ultrasound. *J Acoust Soc Am* 1997;101: 143-154
2. Muir TG, Cartensen EL. Prediction of nonlinear acoustic effects at biomedical frequencies and intensities. *Ultrasound Med Biol* 1997;6: 345-357
3. Tranquart F, Grenier N, Eder V, Pourcelot L. Clinical use of ultrasound tissue harmonic imaging. *Ultrasound Med Biol* 1999;25: 889-894
4. Burns PN, Wilson SR, Simpson DH. Pulse inversion imaging of liver blood flow; improved method for characterizing focal masses with microbubble contrast. *Invest Radiol* 2000;35:58-71
5. Entrekin R, Jackson P, Jago JR, Porter BA. Real-time spatial compound imaging in breast ultrasound: technology and early clinical experience. *Medicamundi* 1999;43:35-43
6. Hann LE, Bach AM, Cramer LD, Siegel D, Yoo H-H, Garcia R. Hepatic sonography: comparison of tissue harmonic and standard sonography techniques. *AJR Am J Roentgenol* 1999;173:201-206
7. Kono Y, Moriyasu F, Nada T. Gray scale second harmonic imaging of the liver : a preliminary animal study. *Ultrasound Med Biol* 1997;23:719-26
8. Jang H-J, Lim HK, Lee WJ, Kim SH, Kim KA, Kim EY. Ultrasound evaluation of focal hepatic lesions: comparison of pulse inversion harmonic, tissue harmonic, and conventional imaging techniques. *J Ultrasound Med* 2000;19:293-299
9. Kim BH, Lim HK, Choi MH. et al. Detection of parenchymal abnormalities in acute pyelonephritis by pulse inversion harmonic imaging with or without microbubble ultrasonographic contrast agent : correlation with computed tomography. *J Ultrasound Med* 2001;20:5-14
10. Seo B-K, Oh YW, Kim HR, et al. Sonographic evaluation of breast nodules: comparison of conventional, real-time compound, and pulse-inversion harmonic images. *Korean J Radiology* 2002;3:38-44
11. Berson M, Roncin A, Pourcelot L. Compound scanning with an electronically steered beam. *Ultrasonic Imaging* 1981;3:303-308
12. Shapiro RS, Wagreich J, Parsons RB, Stancato-Pasik A, Yeh H-C, Lao R. Tissue harmonic imaging sonography: evaluation of image quality compared with conventional sonography. *AJR Am J Roentgenol* 1998;171:1203-1206
13. Staritt HC, Duck FA, Hawkins AJ, Humphrey VF. The development of harmonic distortion in pulsed finite-amplitude ultrasound passing through liver. *Phys Med Biol* 1986;31:1401-1409
14. Jesperson SK, Wilhjelm JE, Sillesen, H. Multiangle compound imaging. *Ultrasonic Imaging* 1998;20:81-102
15. Entrekin RR, Porter BA, Sillesen HH. Real-time spatial compound imaging: application to breast, vascular, and musculoskeletal ultrasound. *Semin Ultrasound CT MR* 2001;22:50-64

J Korean Radiol Soc 2002;47:365 - 372

Ultrasonographic Evaluation of Focal Hepatic Lesions : Comparison of Fundamental, Tissue Harmonic, Fundamental Compound and Harmonic Compound Imaging Techniques[1]

Jung Hee Shin, M.D., Ji Young Hwang, M.D.,
Seung Yon Baek, M.D., Chung Sik Rhee, M.D.

[1]*Department of Radiology, Ewha Womans University Mokdong Hospital*

Purpose: To compare the ultrasonographic image quality of fundamental imaging (FI), tissue harmonic imaging (THI), fundamental compound imaging (FCI), and harmonic compound imaging (HCI) in the evaluation of focal hepatic lesions.

Materials and Methods: Ninety-four focal hepatic lesions (27 hemangiomas, 15 hepatocellular carcinomas, 14 metastases, and 38 cysts) in 74 patients [30 males and 44 females aged 33 - 82 (mean, 55) years] were included in our study. All patients underwent FI, THI, FCI, and HCI using an HDI 5000 Sono CT scanner (Advanced Technology Laboratories, Bothell, CA., U.S.A.) with a 2 - 5MHz convex transducer. Images were analysed by two abdominal radiologists who used a 4-point scale and reached a consensus. In the case of solid lesions, four parameters, as follows, were evaluated: lesion conspicuity, internal morphology, overall image quality, and peripheral halo. For cysts, three parameters (internal artifact, sharpness of margin, and posterior enhancement) were assessed. For statistical analysis, the Scheffe method (ANOVA test) was used.

Results: For solid lesions (hemangioma, hepatocellular carcinoma, and metastasis), THI, FCI and HCI were superior to FI in terms of lesion conspicuity, internal morphology and overall image quality ($p < 0.05$), though for peripheral halo, the four imaging techniques were not statistically different. For cysts, THI, FCI and HCI revealed clearer internal artifact and better margin sharpness than FI ($p < 0.05$), while in terms of posterior enhancement, THI was superior to both FI and FCI, and HCI was superior to FCI ($p < 0.05$).

Conclusion: For the evaluation of focal hepatic lesions, harmonic imaging techniques (i.e. THI and HCI) appear to provide better image quality than fundamental imaging techniques (i.e. FI and FCI). There is, however no significant difference in image quality between the two harmonic techniques.

Index words : Liver, diseases
Ultrasound (US), comparative studies
Ultrasound (US), technology

Address reprint requests to : Seung Yon Baek, M.D., Department of Radiology, Ewha Womans University Mokdong Hospital
911-1 Mok-dong, Yangcheon-gu, Seoul 158-710, Korea.
Tel. 82-2-650-5173 Fax. 82-2-2644-3362 E-mail: bbaek@mm.ewha.ac.kr