

초음파 영상 히스토그램 분석의 지방간 진단에의 적용

정지욱⁰ 이수열 김승환
한국전자통신연구원 원천기술연구소
(jwj, seq, skim)@etri.re.kr

An application of Histogram Analysis on Ultrasonic Diagnosis of Fatty Liver

Ji-Wook Jeong⁰ Sooyeul Lee Seunghwan Kim
Basic Research Laboratory, Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 연구에서는 초음파 영상에서 간실질의 에코 명도분포를 분석하여 정량화 지방간 진단 파라미터인 표준화 에코 명도값을 추출하여 지방간의 진행 정도와의 상관성을 연구하였다. 임상 지방간지수와 본 연구의 표준화 에코 명도 값과의 선형 상관 계수를 구하였다. 신장대조 및 간문맥구조에서 추출한 표준화 에코 명도를 계산하여 비교한 결과, 임상 지방간지수와 높은 상관성을 보임을 알 수 있었고, 지방간 진단의 보조자료로 유용함을 확인하였다. 계산된 지방간지수와 상대명도의 선형상관계수는 0.69 ~ 0.79이다.

1. 서 론

초음파 진단은 다른 촬영장비, 특히 CT나 단순 X-선 촬영장비에 비해 인체에 영향을 거의 주지 않고, 적은 비용으로 인체의 단면촬영 영상을 얻을 수 있을 뿐 만 아니라, 실시간으로 장기의 운동상태를 관찰할 수 있다는 중요한 장점이 있다. 때문에 특히 안전성이 특히 요구되면서 태아의 움직임을 관찰하면서 예방적 차원 혹은 절개하지 않고 어느정도 진단할 수 있다는 장점으로 산부인과에서는 이미 기본 진단장비의 하나로 보편화되었다.

한편으로 수분과 지방질에 대한 반사특성이 현저하게 달라서 이를 최대한 이용할 수 있는 간질환, 특히 지방간 진단에서도 보편화되고 있는 상황이다. 또한, 지방간 진단에 있어서도 일찍부터 이루어진 임상 결과를 기본 자료로 해서 지방세포 비율을 정량화할 수 있는 알고리즘을 개발하고자 하는 많은 연구가 다각도로 이루어지고 있다.[1,2]

초음파 영상을 이용한 지방간 진단 알고리즘 개발은, 그러나, 다른 일반적 촬영 장비에 비해서 낮은 해상도와 편차가 심한 영상 품질로 인해 신뢰성 높은 파라미터 추출이 상대적으로 힘들다.

본 논문에서는 현재 임상적으로 판독되는 지방간지수에 대응하는 신뢰성있는 정량화 파라미터 계산 및 추출 알고리즘에 관한 기술을 개발하는 데 목적을 두고 있다.

2. 방 법

최근 초음파 촬영 장비는 촬영된 영상을 바로 컴퓨터 파일로 저장하고 이를 디스크에 저장하여 컴퓨터의 영상처리 기술을 이용하여 분석할 수 있는 기능을 제공하고 있는 기종들이 상당히 보급되어 있어 본 연구에서는 비트맵으로 변환된 초음파 영상을 전제로 하여 연구를 진행하였다.

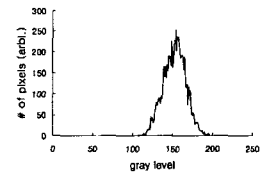
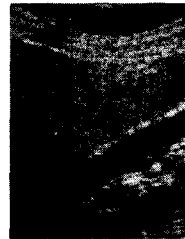


그림 1. 초음파 영상(예) 그림 2. 간실질의 히스토그램 분포

초음파 영상은 장비와의 계면 상태와 각도에 따라 투과 및 굴절 특성이 민감하게 변하고 예를 들어 복강 내부의 각 성분별, 특히 지방세포의 분포상황에 따라 에코 분포가 차이가 난다. 따라서 컴퓨터를 이용한 자동진단 방법은 촬영조건 및 촬영기술에 최대한 독립적인 요소로부터 파라미터를 추출하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는, 상복부에 대해 B-mode 초음파 촬영 방식으로 획득된 전산화 영상을 이용하여 간 조직 및 에코 명도 비교를 위한 비교 장치의 에코 명도 분포를 분석하였다. 간 조직내 지방세포 증가에 따른 에코 명도변화를 초음파 영상의 각 픽셀의 명도 분석을 통하여 파라미터화 하였고 이를 임상 판정결과와 비교하였다. 이때 비교 장기는, 지방간 진행정도에 관계없이 일정한 조성을 나타내는 기관, 즉 임상적으로 중요한 신장조직과 복부피하지방, 간문맥 등을 선택하였다.

3. 결 과

본 연구에서 비교장치로 선택한 복부 피하지방 조직 및 신장의 피질조직 해당 영역을 선택하여(예: 그림 1)

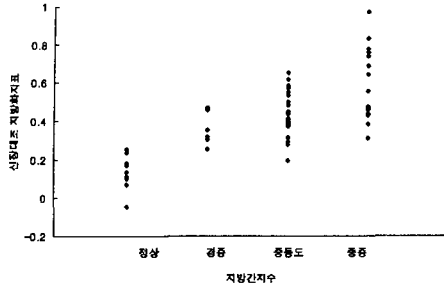


그림 3. 신장-피하지방 상대명도와 지방간지수

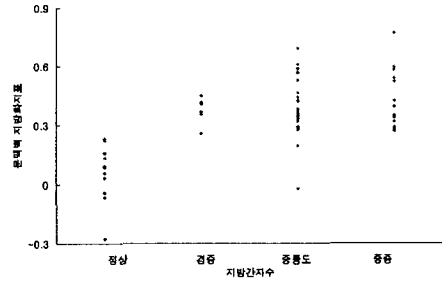


그림 4. 혈관벽 상대명도와 지방간지수

영역내에 다수의 직선을 따라서 에코 명도 분포를 분석하여 극대값 혹은 극소값의 분포로부터 각각의 비교장기의 대표 에코 명도를 추출하였다.

간 조직의 에코 대표명도를 결정하기 위해 에코 감쇄정보를 포함한 분석을 위해 영상내의 간조직 영역 전체를 대상으로 영역을 선택하였다. 그림 2와 같이 영역 내에서 에코 명도 히스토그램을 계산하여 Gaussian broadening과 Functional interpolation 방법을 이용하여 노이즈를 제거한 후 double peak 구조를 가정하여 모델링하여 대표 에코명도값을 도출하였다. 일반적으로 촬영된 초음파 영상은 촬영상황에 따라 peak의 개수가 하나 혹은 두개로 구성되며 이 때 본 연구에서 대표 명도로 추출하기 위해 높은 에코 명도에 대한 peak를 추출하였다. 유리함수로 구성된 모델함수를 도입하여 에코 명도 히스토그램을 모델링하였고, 이렇게 해서 추출된 함수 파라미터를 이용하여 미분가능성을 이용한 대표 에코명도값을 추출하였다.

본 연구에서는 높은 에코 명도 peak 함수의 최대값 이후의 변곡점을 이용하여 대표 명도값을 정하였다. 그림 3에 95 개의 임상 케이스에 대한 추출 결과를 표시하였다. 그림 3에 나타나듯이 신장 피질과 피하지방을 비교장기로 하고 모델함수를 이용하여 간조직의 대표 명도를 추출하여 규격화한 결과와 임상적으로 판독된 지방간 지수와 높은 상관성을 보임을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 각각의 지방간 지수 그룹의 평균 대표명도값을 임의로 임상 지방간 지수 값으로 지정하여 평균적으로 선형함수 꼴이 되도록 한 후, 각각의 임상 케이스에 대응하는 대표값과 선형성을 통계적으로 조사하기 위해 선형 상관계수를 계산하였다. 전체 임상 데이터에 대해 계산된 선형 상관계수는 0.79로 상당히 높은 상관성을 보임을 확인할 수 있다. 이는 임상적으로 전공의가 이용하는 진단기준 중 초음파 영상에서의 특정 비교 장기의 에코 명도에 대한 간조직의 대표 명도 비교 방식과 본 연구에서 시도한 히스토그램의 미분가능 함수 모델링에 의한 대표 명도 추출 및 비교 방식이 같은 결과를 줌을 의미한다.

실제로 수분과 지방세포에 대해 초음파의 반사특성이 선형적으로 변화한다고 가정하면 위의 가정 및 그림 3의 결과와 같은 결론을 도출할 수 있다.

이외에 2 개 이상의 비교장기에 대한 간 조직의 규격화 에코 대표 명도 추출은 보다 개선된 상관관계를 보이지 않았고, 이로서 위의 선형성 가정이 적절함을 확인할 수 있다. 이밖에 장비간의 재현성 문제를 생각하면 한 장비에서 정해진 명도-지방간지수 변환 모델이 아무런 변경없이 다른 장비에서 유효하지 않을 수 있으므로 차후 재현성에 관한 고찰이 필요하다.

또한 간문맥 구조를 포함하고 있는 초음파 영상에 대해서도 임상 지방간 지수와 상관성을 확인할 수 있는 파라미터를 추출하였다. 지방간의 진행 정도를 판단하는 임상적판독기준은 가장 기본적인 간조직의 에코 명도에 대해 신장-피하지방을 이용한 비교 이외에 간문맥과의 대조를 통한 비교가 있다. 본 연구에서는 이를 정량화 알고리즘으로 구현하여 실제 임상 판독된 지방간 지수 결과와 비교하였다. 초음파 영상내에 촬영된 간문맥 혈관을 종단하는 복수의 종단 경로를 선택하여 경로 위의 픽셀 명도 분포를 구한다. 각각 혈관벽과 혈액에 대한 대표명도 값을 구하고, 간 조직 영역 부분은 평균치를 구하여 앞의 비교 대표명도 값들을 이용한 간조직 에코 대표 명도를 규준화한다. 다시 이와 같은 방법으로 종단 경로들에 대한 평균치를 계산하여 이를 임상 지방간 지수 판독 결과와 비교하였다. 그림 4에서 앞서 그림 3과 같은 방법으로 계산된 간 조직의 에코 대표명도와 임상 지방간지수간의 상관관계를 구하였고, 계산된 선형 상관계수는 0.69이다.

이와 같이 구해진 두가지의 지방간 진행 정도에 대한 정량화 파라미터 결과를 이용하여 임상 지방간 지수와 상관성 그리고 각각의 지방간 단계에 대한 대응관계를 그림 5와 같이 분석하였다. 보편적으로 지방간 단계는 정상, 경증, 중등도, 중증과 같이 정상과 3단계의 지방간으로 나뉘는데, 이와 같이 4 가지 그룹 간의 분리도를 높이고 계산된 파라미터들이 각각의 지방간 진단 그룹과의 대응관계를 개선하고자 각각의 그룹간의 파라미터 값의 분포를 조사하였다.

그림 5와 같이 각각의 그룹내의 평균 파라미터 값 좌표는 대체로 지방간 진행이 진행될수록 값이 커지고 있음을 확인할 수 있고, 임상적 가정을 잘 만족하고

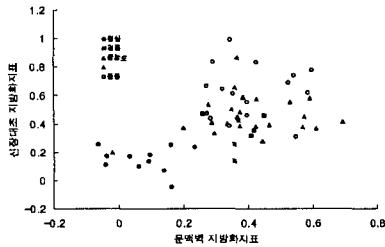


그림 5. 신장-피하지방 상대명도와 혈관벽 상대명도간의 상관관계

있다. 즉, 지방간이 진행될수록 비교 장기와 비교하여 간조직의 에코명도 값이 커진다는 임상 데이터를 잘 설명하고 있다. 이는 신장-피하지방 방법과 간문맥 방법에서 공통적으로 나타나며 이는, 비교 장기가 적절히 선택되었음을 확인해주고 아울러 위의 가정과 같이 지방간이 진행되면서 간조직의 에코 명도값이 비교장기를 기준으로 커지고 있음을 말해준다.

그림 5에서 보면, 정상그룹과 지방간 그룹간의 분리가 잘 됨을 확인할 수 있다. 그러나, 이 결론은 본 연구에서 분석한 임상 데이터와 정량화 알고리즘 계산결과에 국한한 것이며, 다른 장비를 이용한 촬영 영상 데이터를 분석하여 정량화 알고리즘 및 파라미터 계산 결과를 비교하여야 할 것으로 보인다. 또 한가지 유의해야 할 점은, 정상 이외의 지방간 그룹간의 분리도는 앞서 정상/비정상 분리도에 비해 현저한 차이를 보이면서 겹쳐짐을 확인할 수 있다. 이는, 먼저 초음파 촬영 방식의 낮은 해상도 및 국소 왜곡으로 인해, 측정하는 영상 내의 픽셀 명도 값의 정확도가 다소

떨어지고, 따라서 픽셀 명도값을 바탕으로 규격화하여 구한 파라미터 값의 정확도도 영향을 받게 된다. 먼저 생각해 볼 수 있는 오차원인으로는, 임상 판독시 생길 수 있는 오류이다. 각 단계별로 임상 지방간 지수 판독의 오류발생율은 대략 20 % 비율로 1 단계정도 달라질 수 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 간실질의 에코 명도만을 고려하고 있지만 임상적으로는 영상에서의 에코 강도 뿐만 아니라 에코 명도 값의 감쇄 정도 등을 동시에 고려하기 때문에 여기에서 차이가 날 수 있다.

4. 결 론

복부 초음파 영상의 에코 명도 히스토그램을 이용하여 정량화된 특성 파라미터를 추출하여 임상 지방간 진단결과와 비교하였다. 신장대조 및 간문맥에 대한 판독기준에 대응하는 정량화 파라미터 추출 알고리즘을 개발하였고 계산된 파라미터와 임상 지방간지수는 종전 계산 결과와 비슷한 정도의 상관관계를 보 이면서 임의성을 배제할 수 있었다. 또한 독립적인 두 정량화 파라미터를 이용한 진단의 경우, 정상/비정상 분리도가 향상됨을 확인할 수 있다.

5. 참 고 문 헌

- [1] J. C. Bamber and M. Tristram, "Diagnostic Ultrasound" in *the Physics of Medical Imaging*, S. Webb, Ed. Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1988, pp. 319-388.
- [2] For example, H. Osawa and Y. Mori, "Sonographic diagnosis of fatty liver using a histogram technique that compares liver and renal cortical echo amplitudes", *J. Clin. Ultrasound*, vol. 24, pp. 25-29, January 1996.