초음파 영상 텍스쳐 변수 분석을 통한 지방간 진단

정지욱[O] 이수열 김승환
한국전자통신연구원 기반기술연구소
{jwj[O], seq, skim}@etri.re.kr

An Application of Texture Analysis on Sonographic Diagnosis of the Fatty Infiltration of the Liver

Ji-Wook Jeong[O] Sooyeul Lee, Seunghwan Kim
Basic Research Laboratory, Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 연구에서는 초음파 영상에서 간실질의 에코 명도를 비롯한 픽셀 정보분포를 분석하여 정량화 지방간 진단 파라미터를 구하기 위해 규준화 에코 명도값 및 다수의 텍스쳐 파라미터 값을 추출하여 선형결합을 통해 지방간의 진행 정도와의 상관성을 연구하였다. 임상 지방간지수와 본 연구의 추정 지방간 지표 값과의 선형 상관계수를 구하였다. 신장대조 방법으로 추출한 규준화 에코 명도 및 회색도 픽셀분포의 텍스쳐 특성 파라미터를 계산하여 임상결과와 비교한 결과, 임상 지방간지수와 높은 상관성을 보임을 알 수 있었고, 지방간 진단의 보조자료로 유용함을 확인하였다. 계산된 지방간지수와 임상결과 간의 선형상관계수는 0.84 ~ 0.93이다.

1. 서 론

초음파 진단은 다른 촬영장비, 특히 CT나 단순 X-선 촬영장비에 비해 인체에 거의 영향을 주지 않고, 저렴한 비용으로 인체의 단면촬영 영상을 얻을 수 있을 뿐 만 아니라, 실시간으로 장기의 운동상태를 관찰할 수 있는 중요한 장점이 있다. 때문에 특히 안전성이 특히 요구되면서 태아의 움직임을 관찰하면서 예방적 차원 혹은 절개하지 않고 어느 정도 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 축적된 임상 결과를 기본 자료로 해서 지방세포 비율을 정량화할 수 있는 알고리즘을 개발하고자 하는 많은 연구가 다각도로 이루어지고 있다.[1,2]

그러나, 초음파 영상을 이용한 지방간 진단 알고리즘 개발은, 다른 일반적 촬영 장비에 비해서 낮은 해상도와 편차가 심한 영상 품질로 인해 신뢰성 높은 파라미터 추출이 상대적으로 힘들다. 최근 영상 텍스쳐 특성에 주목하여 각종 간질환의 초음파 영상특성을 변별하고자 하는 많은 시도가 있었다.[3]

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

2. 방 법

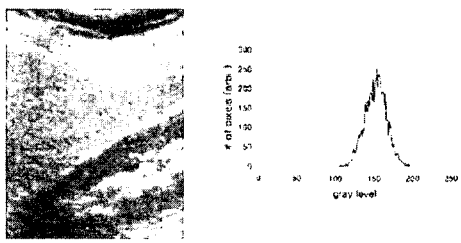

그림 1. 초음파 영상(예) 그림 2. 간실질의 히스토그램 분포

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

초음파 영상은 장비와의 계면 상태와 각도에 따라 투과 및 굴절 특성이 민감하게 변하고 예를 들어 복강내부의 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 간조직내 지방세포 증가에 따른 에코 명도변화를 초음파 영상의 각 픽셀의 명도 분석을 통하여 파라미터화하였다. 이때 재규격화를 위한 비교장기는, 지방간 진행정도에 관계없이 일정

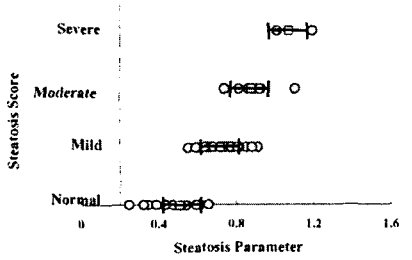

그림 3. 에코명도 변수를 이용한 지방간 지표 계산결과.

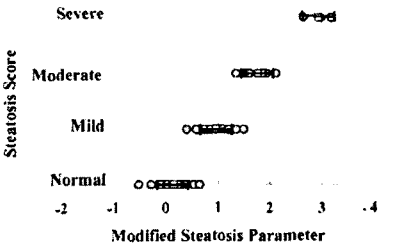

그림 4. 텍스쳐 변수를 포함한 지방간 지표 계산결과.

한 조성을 나타내는 기관, 즉 임상적으로 중요한 신장조직과 복부피하지방 등을 선택하였다.

초음파 영상 분석에 대해서 많은 텍스쳐 변수가 시도, 연구되어 왔는데, 그 중 co-occurrence matrix(CM), texture spectrum, statistical feature matrix, fractal dimension 등이 있다. 본 연구에서는 CM 방법을 적용하여 각 선택영역에서 CM을 계산하고, 다수의 유도 파라미터를 구하여 선형결합을 통해 계산결과를 임상 판정결과와 비교하였다.

3. 결 과

본 연구에서 간실질의 에코명도의 재규격화를 위해 복부 피하지방 및 신피질의 해당 영역을 선택하여(예: 그림 1) 대표 에코 명도를 추출하였다.

간 조직의 에코 대표명도를 결정하기 위해 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. Gaussian 함수로 구성된 모델함수를 도입하여 에코 명도 히스토그램을 모델링하였고, 이렇게 해서 추출된 함수 파라미터를 이용하여 미분가능 성질을 이용한 대표 에코명도값을 추출하였다. 본 연구에서는 높은 에코 명도 peak 함수의 최대값 이후의 변곡점을 이용하여 대표 명도값을 정하였다.

그림 3에 54 개의 초음파 지방간 임상 케이스에 대한 파라미터 추출 결과를 표시하였다. 그림 3에 나타나듯이 신피질과 복부피하지방을 비교장기로 하고 모델함수를 이용하여 간실질의 대표 명도를 추출하여 규격화한 결과와 임상적으로 판독된 지방간 지수와 높은 상관성을 보임을 확인할 수 있다. 계산된 Pearson' s correlation coefficient는 0.84로 상당히 높은 상관성을 보임을 확인할 수 있다. 이는 임상적으로 전공의가 의존하는 초음파 영상장비를 이용한 진단기준 장기 간의 에코 강도 비교 방식과 본 연구에서 시도한 미분가능 함수 모델링에 의한 대표 명도 추출 및 비교 방식이 정성적으로 같은 결과를 줌을 의미한다. 계산된 sensitivity는 0.92, specificity는 0.94이다.

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

부가 파라미터를 도입하여 보다 높은 상관성의 파라미터를 유도하기 위해 선택 영상의 텍스쳐 특징을 추출하여 다수의 텍스쳐 파라미터를 계산하였다. 본 연구에서는 앞서 언급한 바와 같이 간실질의 텍스쳐 특징을 잘 표현하는 것으로 발표된 바 있는 CM을 계산하여 이로부터 다수의 텍스쳐 파라미터를 계산하였다.

CM을 계산하기 위해 θ = -45 °, d를 변화시키면서 statistical energy, statistical entropy, inertia of CM, correlation, homogeneity 등의 통계량을 계산하여 이로부터 22개의 텍스쳐 파라미터를 유도하였다.

이와 같이 구해진 재규격화된 간실질 에코명도 및 텍스쳐 파라미터들을 선형결합하여 지방간 파라미터를 유도하여 임상 지방간 지수와의 상관성 그리고 각각의 지방간 단계에 대한 대응관계를 그림 4와 같이 분석하였다. 보편적으로 지방간 단계는 정상, 경증, 중등도, 중증과 같이 정상과 3단계의 지방간으로 나뉘는데, 위와 같이 각각의 지방간 진행정도 간의 파라미터 계산치의 변별도가 텍스쳐 파라미터가 도입되면서 다소 개선됨을 확인할 수 있었다. 계산된 상관계수는 0.93이다. Sensitivity는 0.97로 개선되었다.

제시되는 판단 기준에 의한 진단의 정확도 및 변별력을 조사하기 위해 널리 알려진 ROC (receiver operating characteristics) 곡선을 그림 5와 같이 계산하였다. 즉, 판단기준 내에서의 경계값의 변동에 따른, 정상-비정상간의 true-positive 비율과 false-positive 비율 간의 의존관계를 살펴봄으로써 판단 기준의 정확도를 가늠할 수 있다.

그림 5에서 보는 바와 같이 간실질의 재규격화 에코명도만을 이용한 지방간 판단기준과 텍스쳐 파라미터를 도입하여 구성한 판단기준의 판단효율을 각각 계산하여 비교하였다. 여기에서 변동되는 경계값은, 정상/지방간 간

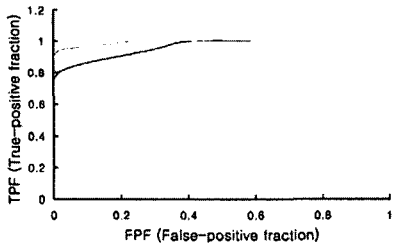

그림 5. 에코명도 변수(청색) 및 텍스쳐 변수(적색)를 포함한 정상/지방간 판독결과에 관한 ROC curve.

판독을 위한 파라미터 경계치이다. 그림 5에서 확인할 수 있는 바와 같이, 텍스쳐 파라미터를 도입함으로써 판단효율이 개선됨을 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, 간실질 재규격화 에코 명도 파라미터를 이용하여 판독할 경우, 지방간 단계간의 파라미터 계산값은 정상 단계 파라미터 값과 비교하여 상당한 정도의 overlap을 보임을 확인할 수 있다.

이에 대한 원인으로서는, 먼저 초음파 촬영 방식의 낮은 해상도 및 국소 왜곡으로 인해, 촬영된 영상의 픽셀 명도 값의 정확도가 다소 떨어지고, 따라서 픽셀 명도값을 바탕으로 규격화하여 구한 파라미터 값의 정확도도 영향을 받게 된다. 또한 생각해 볼 수 있는 오차원인으로는, 임상 판독시 생길 수 있는 오류이다. 각 단계별로 임상 지방간 지수 판독의 오류발생율은 대략 20 % 비율로 한 단계가 판독시간, 전공의에 따라 달라질 수 있는 것으로 알려져 있다.

이 밖에 장비간의 재현성 문제를 생각하면 한 장비에서 정해진 명도-지방간지수 변환 모델이 아무런 변경없이 다른 장비에서 유효하지 않을 수 있으므로 차후 재현성에 관한 고찰이 필요하다.

4. 결 론

지방간 판독을 위해 복부 초음파 영상을 이용하여 간실질의 에코 명도를 재규격화한 정량화 파라미터를 추출하여 임상 지방간 진단결과와 비교하였다. 또한 임상결과와의 상관성을 개선하기 위해 다수의 텍스쳐 파라미터를 도입하였고, ROC curve를 계산한 결과 높은 판단 효율을 보임을 확인할 수 있었다. 위와 같이 정의된 파라미터 계산치는 임상 진단결과와 0.84 ~ 0.93의 높은 상관관계를 보였다.

5. 참 고 문 헌

[1] J. C. Bamber and M. Tristam, " 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.

[3] For example, M.-H. Horng, Y.-N. Sun, and X.-Z. Lin, " Texture feature coding method for classification of liver sonography" , Comp. Med. Imag. And Graph., vol. 26, pp. 33-42, 2002.