

## 비장의 웨이브 패턴을 이용한 간경변의 자동 진단

성 원<sup>0\*</sup> 조준식<sup>\*\*</sup> 박종원<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>충남대학교 정보통신공학과

{wseong<sup>0</sup>, jwpark}@crow.cnu.ac.kr

<sup>\*\*</sup>충남대학교 의과대학 진단방사선과

jscho@cnuh.co.kr

### Computer-Aided Diagnosis of Liver Cirrhosis Using Wave Pattern of Spleen

Won Seong<sup>0\*</sup>, June-Sik Cho<sup>\*\*</sup>, Jong-Won Park<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Dept. of Info. and Comm. Eng., Chungnam National University

<sup>\*\*</sup>Dept. of Diagnostic Radiology, Chungnam National University

#### 요 약

본 연구는 간경변을 보유한 환자의 복부 CT 영상을 이용하여 비장의 웨이브 패턴(wave pattern)을 관찰하였는데 정상간을 보유한 환자의 복부 CT 영상과 차이가 있음을 발견하였다. 본 논문은 관찰된 두 가지 원리를 바탕으로 복부 CT 영상에서 비장의 웨이브 패턴을 이용하여 간경변을 효과적으로 진단하는 새로운 방법을 제시한다. 본 논문에서 실험에 사용한 영상들의 경우에 꼬리엽과 우엽의 비율로써 간경변을 보유한 영상임을 알 수 있는 경우에는 모두 비장의 웨이브 패턴 테스트들으로써 간경변 보유 판정 결과를 얻었다. 이는 꼬리엽과 우엽의 비율 테스트를 생략하고 비장만으로 간경변 보유 간을 판정해 낼 수 있음을 말해주는 것이다.

#### 1. 서론

방사선 의사들이 복부 CT 영상을 통하여 간경변(liver cirrhosis)을 진단하는 방법으로는 대표적으로 다음의 두가지가 있다. 첫째는 간의 꼬리엽(caudate lobe)과 우엽(right lobe)과의 비율을 측정하여 진단하는 방법[1][2][3]이 있고, 두번째로는 간경변을 가진 환자의 경우 비장(spleen)이 비대해진다는 것을 이용한 비장 비대를 통한 간접 진단이 있다[4-12]. 그러나, 간경변을 가지고 있는 비정상 간의 꼬리엽과 우엽 사이의 비율이 정상간의 꼬리엽과 우엽 사이의 비율과 크게 다르지 않는 경우가 많고 간경변을 가지고 있는 환자의 경우 비장이 비대가 보이지 않는 경우도 많다[13]. 반대로 정상간을 가진 환자의 비장의 크기가 비정상적으로 비대해진 것이 아니라 원래부터 큰 경우도 있다. 즉, 꼬리엽과 우엽의 비율 계산법이나 비장 비대 측정 등의 방법은 절대적인 것이 아니며 한가지 방법의 적용만으로는 정확한 진단이 어렵다. 그래서, 방사선 의사들은 꼬리엽과 우엽의 비율을 살펴면서 동시에 비장의 크기나 모양 등을 병행하여 자신들만의 방법과 기준으로 최종 정상 여부를 진단한다.

본 논문은 간경변을 보유한 환자의 복부 CT 영상을 이용하여 비장의 웨이브 패턴(wave pattern)을 관찰하였는데 정상간을 보유한 환자의 복부 CT 영상과 차이가 있음을 발견하였다. 간경변을 가지고 있는 환자의 복부 CT 영상에서 비장은 왼쪽 측면에 깊은 웨이브 부분이 존재하였다. 정상간의 경우에도 왼쪽 측면에 웨이브가 존재하기도 하나 깊이가 깊지 않음을 알 수 있다. 그러므로, 간경변을 가진 비장의 웨이브 부분들의 면적의 합이 정상간을 가진 비장의 웨이브 면적보다 크다는 것을 알 수 있다. 나아가, 간경변을 보유한 영상에서 비장의 웨이브 부분을 추출하여 원형성(circularity)을 살펴보았을 때 정상간에 수반된 비장의 웨이브 부분보다 더 원형에 가깝다는

것을 알 수 있었다.

본 논문은 위와 같이 관찰된 원리를 바탕으로 복부 CT 영상에서 비장의 웨이브 패턴을 이용하여 간경변을 효과적으로 진단하는 새로운 방법을 제시한다. 먼저 복부 CT 영상에서 간과 비장을 자동 분리(segmentation)한다. 본 논문은 위치 정보 이용을 강화하고 각도선 기법을 이용하여 비정상 간과 비장을 자동 분리, 추출하였다. 이 기법은 정상 간을 보유한 영상에도 적용되어 정상 간과 비장 또한 자동 분리, 추출한다. 비장을 자동 분리한 다음엔 두 가지 간경변 진단 테스트를 행한다.

#### 2. 방법

본 시스템은 리눅스 운영체제, GNU C, X 윈도우, XV 이미지 뷰어 등의 환경을 이용하여 개발되었다. 본 시스템의 전체적인 자동 절차가 그림 1에서 보여진다. 여기서, 전처리(Pre-processing) 단계들은 영상 평준화, 배경 제거, 근육 제거 등으로 이루어진다.

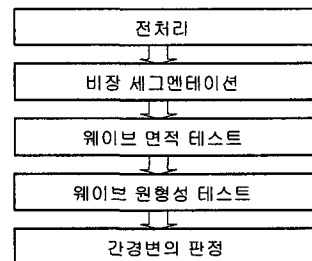


그림 1. 전체 처리 절차

2.1 실험 영상

본 논문은 최종 정상간을 가진 32 case 와 간경변을 가진 것으로 판정된 32 case 을 합하여 전체 64 case 의 복부 CT 영상으로 실험을 행하였다. 각 case 는 약 17 장의 슬라이스 영상으로 되어 있고 각 슬라이스 영상은 512 x 512 픽셀 크기로 되어 있다. 우리는 충남대학교 병원으로부터 DICOM 형태로 CT 영상들을 획득하여 실험에 이용하였다.

일반적으로 복부 CT 영상에서 간암이나 간경변 등의 병변들을 갖고 있지 않은 정상인의 간(이하 정상간) 은 고른 명암값 분포 범위를 가지고 있다. 정상간의 명암 값 범위는 0 에서 255 까지의 그레이 값 범위 중에서 대개 90 에서 92 사이의 값이다. 그러나, 복부 CT 영상에서 간암, 간경변 등 여러 병변들을 가지고 있는 비정상 간의 경우에는 정상간과 같이 90 에서 92 사이의 일정 간격의 그레이 값들만으로 구성되어 있지 않다. 비정상간의 경우엔 건강한 간의 실질 부분이 아닌 다양한 병변들의 그레이 값들을 포함하고 있기 때문이다. 이 병변들의 그레이 값은 90 에서 92 사이의 그레이 값이 아닌 더 어두운 다양한 그레이 값들을 보이게 된다.

2.2 비장(spleen)의 분리

간경변 등을 가지고 있는 비정상간과 함께 존재하는 비장은 간과 마찬가지로 불규칙한 명암 값 분포를 보이므로 단순히 명암 값 정보만을 이용해서는 제대로 된 분리가 이뤄지지 않는다. 그리하여, 본 논문에서는 비장의 분리를 위해서 간의 분리에서 사용하였던 각도선 방법을 이용한다. 비장에 대한 각도선 방법의 적용은 간의 각도선 방법과 동일하며 탐색을 시작하는 시작점의 위치만 다르다. 비장의 위치는 간의 반대쪽 즉 복부 CT 영상에서 오른쪽에 위치하므로 시작점도 그 부근의 한 점을 설정하면 된다. 그림 2는 비장의 자동 세그멘테이션과 웨이브들의 추출 결과이다.



그림 2. 비장의 자동 세그멘테이션과 웨이브들의 추출

2.3 웨이브 면적 테스트

첫번째 테스트는 웨이브 면적 테스트로서 추출된 비장의 웨이브 부분들을 자동 추출하여 픽셀들의 개수로써 면적들의 합을 구한 후 실험으로 미리 정해진 기준 값을 기준으로 정상간인지 간경변을 보유한 비정상간인지를 판별하게 된다. 분리된 비장은 그림 3 의 예처럼 웨이브 부분들을 추출하는 절차를 따르게 된다. 먼저 비장의 맨 윗부분의 중점으로부터 시작하여 첫번째 웨이브의 꼭지점 K 까지 직선으로 연결하는 line a 를 만든다. 이것은 웨이브 부분 A 의 면적을 계산해 내기 위한 기준선을 잡는 것이다. 웨이브 A 의 면적을 구한 다음엔 다시 K 의 좌표가 시작점이 되어 두번째 웨이브를 구하기 위하여 새로운 꼭지점까지 기준선을 만들게 된다. 이와 같은 방식으로 세번째 웨이브까지 처리하게 된다. 이 때 웨이브 꼭

지점 K 를 구하기 위한 절차는 다음과 같다.

첫째, 웨이브의 맨 윗부분 중점으로부터 비장에 접하는 접선(tangential line)을 구한다.

둘째, 접선을 구한 후 그 접선을 이루는 점들 중 접점의 조건을 만족하는 점정 K 를 찾는다.

첫번째 웨이브의 꼭지점 K 를 구한 후엔 비장의 맨 위 중점 S 를 시작으로 꼭지점 K 를 연결하는 연결선을 기준으로 그림 3(b)처럼 첫번째 웨이브의 면적 A 를 구한다. 면적 A 를 구하기 위해서는 시작점 S 와 K 를 연결하는 각도선 a 보다 작은 각도를 가지는 모든 각도선들의 구성점들을 조사하여 비장의 명암값을 가지는 점들의 개수를 더하면 된다. 첫번째 웨이브의 면적을 구한 후엔 두번째 웨이브의 면적을 구한다.

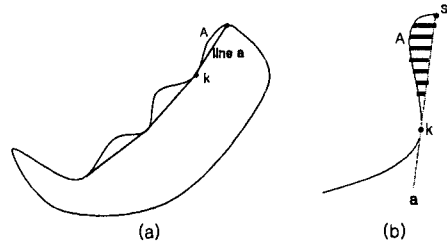


그림 3. (a)첫번째 웨이브의 추출과 (b) 웨이브면적 A

두번째 웨이브 면적을 구하기 위해서는 첫번째 웨이브의 꼭지점 K 를 두번째 웨이브의 시작점 S 로 정하고 첫번째 웨이브 면적을 구하기 위하여 행하였던 절차를 반복하면 된다. 이와 같은 순서로 두번째 웨이브의 면적도 구한다. 세번째 웨이브에도 같은 동작을 반복한다.

2.4 웨이브 원형성 테스트

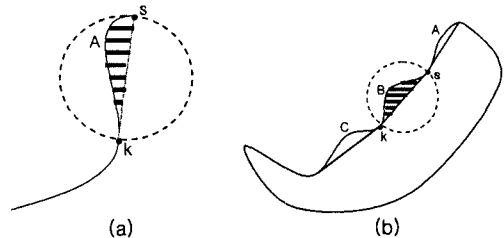


그림 4. (a) S 와 K 의 연결선을 지름으로 하는 원과 (b) 두번째 웨이브에서의 원형성 계산

첫번째 웨이브의 예를 통하여 원형 계산 메커니즘을 살펴보면 다음과 같다. S 와 K 의 점을 잇는 각도선을 기준으로 면적을 구한 후 다음 웨이브로 이동하기 전에 원형성 테스트를 행하게 된다. S 와 K 를 잇는 각도선이 웨이브의 면적을 구하는 기준선이 되어서 ROI 를 형성하였는데, 바로 이 S 와 K 를 잇는 선분이 웨이브의 원형성을 계산하기 위한 기본 지름이 된다. 그림 4(a)에서 보여주는 것처럼 S 와 K 를 잇는 선분을 가상 지름으로 하여 만들어진 원(circle)을 생각할 수 있다. 이때 원의 반지름과 전체 원의 면적은 식 1 에서 처럼 반지름을 이용하여 구할 수 있다.

$$R = S \text{와 } K \text{를 선분의 길이} / 2$$

$$\text{원의 면적} = \pi R^2 \tag{1}$$

이상에서 구하여진 원의 면적을 이용하여 첫번째 웨이브의 원형 정도를 계산할 수 있는데, 첫번째 웨이브에서 계산되어진 웨이브의 면적은 반원 안에 포함된 부분이므로 실제 원형 정도를 계산할 때는 2 배를 곱한 후 행하여야 한다. 식 (2)는 한 웨이브의 원형 정도를 계산하는 방법을 보여준다.

$$\text{원형 정도} = (\text{웨이브 A의 면적} \times 2) \times 100 / \text{원의 면적} \quad (2)$$

이와 같이 원형성 정도를 계산하게 되면 환자의 개인차에 의해 비장의 크기가 다름으로써 웨이브 면적만으로 비정상 여부를 판정할 때 발생할 수 있는 오류를 상당히 줄일 수 있게 된다. 다시 말하면, 어떤 환자는 비장 자체가 커서 웨이브를 추출했을 때 정상간을 가진 환자임에도 불구하고 면적이 큰 웨이브가 도출됨으로써 비정상 간을 가진 환자로 판정될 수 있는 것이다. 그러나, 환자 개인차에 관계 없이 비정상 간을 보유함에 따라 발생하는 웨이브는 크기에 관계없이 원형의 모양을 보인다는 것이다. 그러므로, 절대적인 웨이브의 면적 값 측정과 함께 웨이브들의 원형 정도를 계산하여 판정했을 때 효과를 높일 수 있다. 첫번째 웨이브에 대한 원형성 계산이 끝나면 두번째 웨이브의 점선과 점점을 구하고 웨이브 면적을 구한 후 다시 두번째 웨이브에 대한 원형성 계산을 행한다. 순서대로 계산되어진 결과값은 판정 기준에 따라 정상, 비정상 간을 판정하는데 사용된다.

### 3. 실험 결과

본 장에서는 정상간을 가지고 있는 32 case 와 간경변을 가지고 있는 32 case 의 복부 CT 영상들을 이용하여 실험한 결과를 기술한다. 실험에 사용하는 64 case 복부 CT 영상들의 간경변 여부는 방사선 의사들에 의해서 미리 판정된 결과이다. 본 실험의 결과를 통하여 우리는 간경변을 보유한 영상과 정상간을 보유한 영상의 차이점을 발견하였다. 간경변을 보유한 영상은 비장에서의 유효 웨이브의 면적의 합이 1000 픽셀 이상이고 1000 픽셀보다 작은 700 에서 800 의 경우에는 40% 이상의 원형 정도 평균을 가지고 있는 것으로 나타났다. 그러나, 간경변을 보유하지 않은 정상간을 보유한 영상에서는 비장의 유효 웨이브 면적 합이 1000 픽셀을 넘지 못했고 간경변 보유 비장에서와 같은 700 이상의 면적 크기를 갖는 경우에는 25% 이하의 원형 정도 평균을 보이는 것으로 나타났다. 그리하여, 본 논문은 실험을 통하여 case 를 구성하는 여러 슬라이스 영상 중에서 비장의 크기가 큰 3 장을 선별하여 그 영상 안의 비장의 유효 웨이브 면적의 합이 700 이상이고 웨이브 원형 정도 평균이 35% 이상이면 간경변 보유 판정을 내릴 수 있음을 밝혔다. 표 1 은 최종 간경변 보유 판정된 32 case 를 꼬리엽과 우엽 비율, 비장 크기, 웨이브 패턴 테스트 등 세 가지 항목으로 비교한 결과를 보여준다. 본 실험으로써 우엽에 대한 꼬리엽의 비율에서 간경변으로 판정될 수 있는 case 가 모두 비장의 패턴 기법으로도 판정될 수 있음을 알게 됐다. 이는 비장만 이용하여 간경변을 판정할 수 있음을 말해 주는 것이다.

표 1. 간경변 판정된 영상에서의 세 진단법 비교

진단 방법들	만족 cases	Rates	Probability
Caudate lobe test	12	12 / 32	37.5%
Spleen size	18	18 / 32	56.2%
Wave pattern tests	30	30 / 32	93.7%

### 4. 결론

간경변은 간암으로 진행할 수 있는 가능성을 크게 가지고 있는 고치기 어려운 병이다. 방사선 의사들은 이를 진단하기 위하여 우엽에 대한 꼬리엽의 비율, 비장의 비대 여부, 좌엽의 변형 등을 살펴본다. 본 연구는 비장의 웨이브 패턴을 이용하여 간경변을 자동으로 진단하는 새로운 방법을 고안했다. 이는 여러 가지 간경변의 징후를 살펴보지 않고 비장만으로 간경변을 진단했다는 데 의의가 있고 또한 모든 복부 CT 영상에서 간경변의 진단을 자동으로 행함으로써 의사에게 도움을 줄 수 있는 의미 있는 방법이다.

그리하여, 본 논문은 복부 CT 영상에 적용되어 웨이브 패턴의 면적 측정 테스트와 원형 정도 측정 테스트를 통하여 효과적으로 간경변을 자동 진단할 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] Wegener OH. The Liver. In: Whole body computed tomography. 2nd ed. Boston: Blackwell Scientific Publications. 243-275, 1993
- [2] Hitomi A, Donald GM, Tamotsu K, George H, Katsuyoshi I, Tsunoo M.:Cirrhosis: Modified Caudate-Right Lobe Ratio, Radiology 224, 769-774, 2002
- [3] Torres WE, Whitmire LF, Gedgudas MK, Bernardino ME. :Computed tomography of hepatic morphologic changes in cirrhosis of the liver. J Comput Assist Tomogr. 10(1), 47-50, 1986
- [4] Lamb PM, Lund A, Kanagasabay RR, Martin A, Webb JA, Reznik RH. :Spleen size: how well do linear ultrasound measurements correlate with three-dimensional CT volume assessments?. Br J Radiol. 75(895), 573-577, 2002
- [5] Prassopoulos P, Cavouras D. CT assessment of normal splenic size in children. Acta Radiol. 35(2), 152-154, 1994
- [6] Prassopoulos P, Daskalogiannaki M, Raissaki M, Hatjidakis A, Gourtsoyiannis N. :Determination of normal splenic volume on computed tomography in relation to age, gender and body habitus. Eur Radiol. 7(2), 246-248, 1997
- [7] Schlesinger AE, Hildebolt CF, Siegel MJ, Pilgrim TK. :Spleen volume in children: simplified estimation at CT. Radiology.193(2), 578-580, 1994
- [8] Groell R, Machan L, Schaffler GJ, Uggowitz M, Peichel KH. :Morphometric measurement of abdominal organs. Comparison of ultrasound and spiral CT. Acta Radiol. 38(6), 982-985, 1997
- [9] Rosenberg HK, Markowitz RI, Kolberg H, Park C, Hubbard A, Bellah RD. : Normal splenic size in infants and children: sonographic measurements. Am J Roentgenol. 157(1), 119-121, 1991
- [10] Sheth SG, Mani S, Tamhankar H, Mehta PJ. : Spleen size in health and disease: a sonographic assessment. J Assoc Physicians India. 43(3), 182-184, 1995
- [11] Frank K, Linhart P, Kortsik C, Wohlenberg H. : Sonographic determination of spleen size: normal dimensions in adults with a healthy spleen. Ultrachall Med. 7(3), 134-137, 1986
- [12] Loftus WK, Metreweli C. : Normal splenic size in a Chinese population. J Ultrasound Med. 16(5), 345-347, 1997
- [13] Arkles LB, Gill GD, Molan MP. :A palpable spleen is not necessarily enlarged or pathological. Med J Aust. 145(1), 15-17, 1986