
GLCM알고리즘을 이용한 경직장 초음파 영상의 정량적 평가

노다정, 강민지, 김유경, 서아름, 이인호, 정희성, 조진영, 고성진

부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

Quantitative assessment of Endorectal Ultrasonography

by using GLCM Algorithm

Da-Jung Nho · Min-Ji Kang · Yoo-Kyeong Kim · Ah-Reum Seo · In-Ho Lee ·

Hee-Seong Jeong · Jin-Yeong Jo · Seong-Jin Ko

Dept of Radiological Science, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

E-mail : ekwjd3503@naver.com

요 약

현대인들의 불규칙한 생활과 서구화된 식습관에 의해 대장 및 직장 질환이 증가하고 있는 추세로, 특히 직장암은 전체 대장암의 50%를 차지하고 있다. 초기 직장암의 경우 표면으로 돌출되는 부분이 없으므로 초음파로 조직 내부를 보지 않으면 직장 농양으로 오진하는 오류를 범하기도 한다. 그러나 초음파 진단을 하더라도 직장암의 병기에 따라 농양과 육안으로 구별이 어려운 경우가 있기 때문에 보다 정확한 진단이 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 직장암과 농양 영상에 대한 컴퓨터 알고리즘을 이용하여 정량적인 분석을 하였다. GLCM을 적용하여 정상 20증례와 농양, 직장암 각 20증례를 분석영역(50×50 픽셀)으로 설정하고, 각 영상에서 Autocorrelation, Max probability, Sum average, Sum variance 4가지 파라미터를 비교하여 분석하였다. 결과적으로 Autocorrelation, Max probability, Sum variance 3개의 파라미터에서는 100%, Sum average 파라미터에서는 암 95%, 농양에서 90% 이상의 높은 병변 질감 검출 효율이 나타났다. 이러한 파라미터들이 직장에서의 정상조직, 농양조직, 암조직 간의 판별의 기준으로 가치가 있다고 사료된다. 임상에서의 활용정도에 따라 컴퓨터 보조진단으로서의 충분한 유용성을 볼 수 있을 것이다.

ABSTRACT

Bowel and rectal diseases are on the increase by irregular life and westernized eating habits of modern people, especially rectal cancer, which accounts for 50% of the entire colon cancer. For the initial rectal cancer, because there is no portion projecting on the surface, if not see inside the tissue with ultrasound, you make an errors that misdiagnosis as rectal abscess. However there is a need for more accurate diagnosis, because it is sometimes difficult to distinguish abscess from rectal cancer depending on staging, in spite of the ultrasonic diagnosis. Therefore, this study was performed quantitative analysis by using a computer algorithm for rectal cancer and abscess image. Each of 20 cases about normal, abscess and cancer by setting analysis region (50x50 pixels) applies to GLCM algorithm and Autocorrelation, Max probability, Sum average, Sum variance in each image were analyzed by comparing the 4 single parameter. Consequently, The high lesion detection efficiency was presented 100% by the 3 parameter of Autocorrelation, Max probability, Sum variance and the parameter of Sum average presents 95% in cancer, more than 90% in abscess. Those parameters are valuable in distinction standard about normal, cancer and abscess in rectum. It is sufficient availability as a computer assisted diagnosis system depended on clinical using.

키워드

직장암, 경직장초음파, Matlab, GLCM 알고리즘

I. 서론

현대인은 급속한 경제발전과 더불어 불규칙한 생활과 서구화된 식습관에 의해 대장 및 직장질환이 증가하고 있다. 국가암정보센터의 암발생률 추세 분석에 따르면 직장암(대장암)의 발생률이 1999년도부터 2012년까지 연간 5.2%씩 꾸준한 증가를 보였다^[1]. 이에 따라 적절한 치료법 선택을 위한 일차적 영상진단의 중요성이 더해지고 있다.

직장암의 치료법에는 국소절제술과 근치적 절제술, 수술 전 화학방사선 치료 등 다양한 방법들이 있다^[2]. 직장암에 있어서 이러한 다양한 치료 방법들을 선택하여 적용하기 위해서 무엇보다도 수술 전에 병기를 정확하게 결정하는 것이 중요하다. 정확한 병기결정을 위해 시행되는 여러 가지 다양한 영상학적 방법에는 단층 촬영술(Computed Tomography, CT), 자기 공명 영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI), 그리고 경직장 초음파(Endorectal Ultrasonography, ERUS) 등이 있다^[3].

특히 경직장 초음파의 경우 직장 주변조직을 볼 수 있으며, 병변의 위치와 모양, 침범 깊이를 알 수 있기 때문에 수술 방법 결정에 유용하게 이용된다^[4]. 또한 직장암 이외에 직장주위 질환, 치루, 항문주위 농양, 괄약근 이상의 수술 전 검사 방법으로도 사용되며 해부학적 구조와 병변의 정확한 위치를 알아내는데 중요한 역할을 한다^[5].

그러나 항문 및 직장, 특히 하부 직장은 통상적인 관찰로는 맹점이 많아 검사자가 주의하여 관찰하지 않으면 병변을 간과하게 되므로 정확한 진단을 위해 각 층의 조직학적 구조와 에코 양식을 자세히 알고 있는 것이 무엇보다 중요하다. 경직장 초음파 검사에서 직장암의 에코는 불규칙 연을 갖는 저에코 또는 동일에코의 종괴로 보이고, 침윤 정도에 따라 정상 직장벽의 층의 단절(Interruption), 불규칙(Irregularity), 얇아지거나(Thinning) 비후(Thickening)와 왜곡이 보인다^[6]. 항문 주위 농양은 국소적인 저에코 영역과 내부 가스에 의한 고에코 영역을 보이는데, 농양이 피부안쪽 깊이 있으면 만성경과를 거쳐 딱딱한 종괴로 축진되어 초기 직장암으로 오진할 수 있어 검사 시 문제가 될 수 있다^[7].

현재까지 국내에서 보고된 연구는 직장암 병기 결정에 경직장 초음파가 유용하다는 결과^[2]와 직장 질환 진단시 CT, MRI와 경직장 초음파의 정확도 비교 분석^[8]에 관한 연구만 있을 뿐, 경직장 초음파 진단 시 오진 가능성 있는 직장 질환의 정확한 영상분석을 위한 정량적 평가를 시행한 연구는 드문 실정이다.

따라서 본 논문에서는 경직장 초음파 검사를 실시한 환자를 대상으로 정상 직장암 오진 가능성이 높은 농양, 직장암으로 진단된 각 20개의

초음파 영상을 히스토그램 평활화와 범위필터를 적용하고, GLCM 알고리즘의 4가지 파라미터인 Autocorrelation, Max probability, Sum variance, Sum average로 영상분석을 시행하여 직장 질환을 정확하게 감별 진단할 수 있는 방법을 연구하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 실험 대상

2014년 9월~2015년 3월까지 W병원, B병원에서 50±10세 남녀 가운데 직장암으로 진단된 환자의 경직장초음파영상을 대상으로 하였다. 전체 영상 60증례로서 정상직장, 농양, 암 각 20증례를 실험대상으로 하였다.

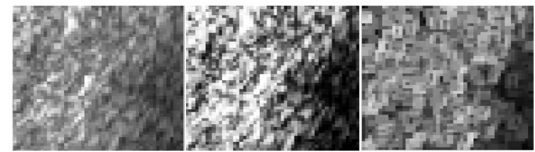
2. 실험장비

MATLAB 2012a(Math Words Inc, USA)의 Autocorrelation(autoc), Max probability(maxp), Sum variance(sosvh), Sum average(savg) 알고리즘을 사용하였다. 초음파장비 Flex Focus 800(BK medical, denmark)로 획득한 영상을 이용하였다.

3. 실험방법

직장부위의 압조직, 농양조직, 정상조직영상의 관심영역(ROI)을 설정하여 50×50 픽셀크기로 획득한다. 전처리과정으로 히스토그램 평활화와 범위필터를 적용하였으며, 각 획득된 영상에 대해 제안된 GLCM 알고리즘을 이용하여 결과를 산출하였다^[9].

히스토그램 평활화(Histogram equalization)는 입력 영상에서 병변의 정확한 인식분석을 위하여 어렵게 촬영된 영상의 히스토그램을 조절하여 명암분포가 빈약한 영상을 균일하게 만들어준다. 범위 필터(Range filter)는 원 영상의 그레이 값을 균일하게 하여 영상대비개선효과를 나타낸다.



(a)Original (b)Equalization (c)Range filter
그림 1. Normal image



(a)Original (b)Equalization (c)Range filter
그림 2. Abscess image



(a)Original (b)Equalization (c)Range filter
그림 3. Cancer image

그림1, 그림2, 그림3 은 정상직장, 농양, 직장암이 원본영상, 히스토그램 평활화, 범위필터를 적용한 영상이다.

표 1은 GLCM algorithm에 관한 수식이다.

표 1. Parameters of GLCM algorithm

Parameter	Equation
Auto correlation	$= \sum_{i,j} \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)}{\sigma_i \sigma_j}$
Max probability	$= Max(P)$
Sum variance	$= \sum_{i=0}^{2(N_g-1)} (i - savgh)^2 p_{x+y}(i)$
Sum average	$= \sum_{i=0}^{2G-2} i P_{x+y}(i)$

Autocorrelation은 GLCM 행렬요소의 유사도 측정 및 그레이 영상의 상관관계 반영하고, Max probability는 모여 있는 GLCM 매트릭스의 최대 확률을 나타낸다. Sum variance는 영상 공간의 불균질성과 비유사성을 나타내며, Sum average는 GLCM 평균추정, 높고 낮은 그레이 레벨의 평균의 합이다.

III. 결과

1. Autocorrelation

표 2. Autocorrelation [Unit : pixel]

	normal	abscess	cancer
max	20.715	3.569	8.813
min	9.250	1.052	3.637
m ± σ	13.610	1.720	5.886

max : 최대값, min : 최소값,
m ± σ : 평균±표준편차

표 2는 Autocorrelation 알고리즘을 적용한 정상조직영상, 농양조직영상, 암조직영상의 최대값, 최소값, 평균±표준편차 값을 나타낸 표이다. 정상조직영상의 Autocorrelation 수치는 최대값

20.715, 최소값 9.250로 나타났고, 암조직영상의 Autocorrelation 수치는 최대값 8.813, 최소값 3.637로 나타났으며 농양조직영상의 Autocorrelation 수치는 최대값 3.569, 최소값 1.052로 나타났다.

그림 4는 Autocorrelation 알고리즘을 적용한 정상조직영상, 농양조직영상, 암조직영상의 최대값, 최소값, 평균±표준편차 값을 나타낸 그래프이다.

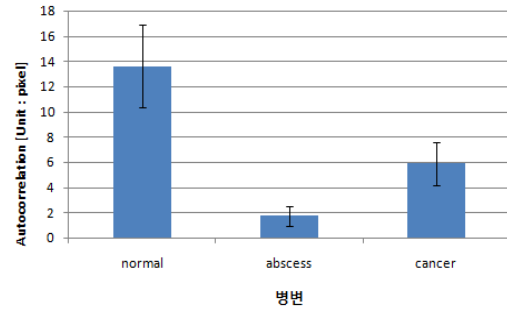


그림 4. Autocorrelation pixel values of 3 case

2. Max probability

표 3은 Max probability 알고리즘을 적용한 정상조직영상, 농양조직영상, 암조직영상의 최대값, 최소값, 평균±표준편차 값을 나타낸 표이다.

표 3. Max probability [Unit : pixel]

	normal	abscess	cancer
max	20.690	3.627	8.927
min	9.428	1.028	3.720
m ± σ	13.767	1.742	5.965

max : 최대값, min : 최소값,
m ± σ : 평균±표준편차

정상조직영상의 Max probability 수치는 최대값 20.960, 최소값 9.428로 나타났고, 암조직영상의 Max probability 수치는 최대값 8.927, 최소값 3.720로 나타났으며 농양조직영상의 Max probability 수치는 최대값 3.627, 최소값 1.028로 나타났다.

그림 5는 Max probability 알고리즘을 적용한 정상조직영상, 농양조직영상, 암조직영상의 최대값, 최소값, 평균±표준편차 값을 나타낸 그래프이다.

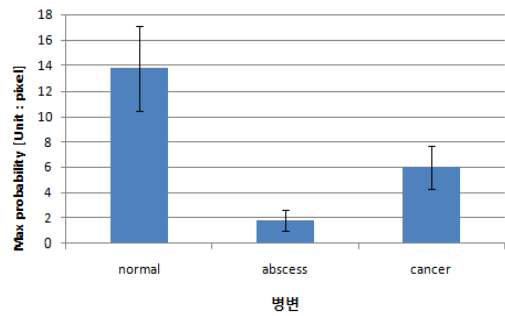


그림 5. Max probability pixel values of 3 case

3. Sum variance

표 4는 Sum variance 알고리즘을 적용한 정상조직영상, 농양조직영상, 암조직영상의 최대값, 최소값, 평균±표준편차 값을 나타낸 표이다.

표 4. Sum variance [Unit : pixel]

	normal	abscess	cancer
max	9.014	3.623	5.820
min	6.003	2.043	3.715
$m \pm \sigma$	7.241	2.499	4.716
	± 0.860	± 0.532	± 0.695

max : 최대값, min : 최소값,
m ± σ : 평균±표준편차

정상조직영상의 Sum variance 수치는 최대값 9.014 , 최소값 6.003로 나타났고, 암조직영상의 Sum variance 수치는 최대값 5.820 , 최소값 3.715로 나타났으며 농양조직영상의 Sum variance 수치는 최대값 3.623, 최소값 2.043로 나타났다.

그림 6은 Sum variance 알고리즘을 적용한 정상조직영상, 농양조직영상, 암조직영상의 최대값, 최소값, 평균±표준편차 값을 나타낸 그래프이다.

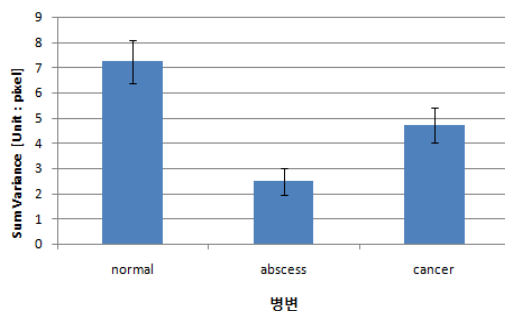


그림 6. Sum variance pixel values of 3 case

4. Sum average

표 5는 Sum average 알고리즘을 적용한 정상조직영상, 농양조직영상, 암조직영상의 최대값, 최소값, 평균±표준편차 값을 나타낸 표이다.

표 5. Sum average [Unit : pixel]

	normal	abscess	cancer
max	53.678	6.910	19.706
min	20.830	3.086	6.891
$m \pm \sigma$	33.565	3.882	13.200
	± 9.629	± 1.219	± 4.423

max : 최대값, min : 최소값,
m ± σ : 평균±표준편차

정상조직영상의 Sum average 수치는 최대값 53.678 , 최소값 20.830로 나타났고, 암조직영상의 Sum average 수치는 최대값 19.706 , 최소값 6.891로 나타났으며 농양조직영상의 Sum average 수치는 최대값 6.910, 최소값 3.086로 나타났다.

그림 7은 Sum average 알고리즘을 적용한 정상조직영상, 농양조직영상, 암조직영상의 최대값, 최소값, 평균±표준편차 값을 나타낸 그래프이다.

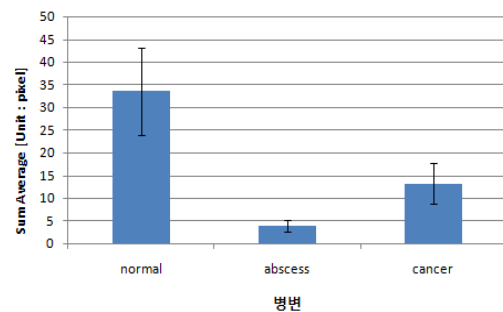


그림 7. Sum average pixel values of 3 case

IV. 결론 및 고찰

직장암 환자에게 다양한 치료법 결정을 위해 시행하는 여러 가지 영상학적 방법 중 경직장 초음파는 직장 악성종양의 국소 침윤 깊이 및 림프절 전이여부 등을 알 수 있는 유용한 검사이지만^[10] 육안 판독만으로 질환 판별의 어려움이 있어 검사 시 문제가 될 수 있다.

만성 농양과 초기 직장암은 오진 가능성이 높으므로 정확한 영상분석이 요구된다.

따라서 본 논문에서는 정상 직장과 농양, 직장암으로 진단된 각 20개의 초음파 영상으로 정량적 평가를 실시하여 오진 가능성을 줄일 수 있는 방법을 연구하였다.

각 질환별 영상의 정량적 평가로 GLCM알고리즘을 적용한 결과 Autocorrelation, Max

probability, Sum variance의 3가지 파라미터에서 정상과 암, 농양을 구분하는데 모두 100% 인식률을 보였으며, Sum average 파라미터에서는 정상과 암을 구분하는데 95%, 농양을 구분하는데 90% 이상의 높은 인식률을 보였다. 이는 정상과 농양, 암을 감별 하는 기준으로 가치가 있으며, 두 질환 이외에 다른 직장 질환에도 정확한 진단을 위해 적용하는 보조진단으로서 유용하다는 것을 볼 수 있을 것이다.

따라서 이러한 방법들을 임상에 적용함에 있어 육안판독의 오진 가능성이 높은 질환들을 통계적 알고리즘에 의한 정량적 평가를 통해 1차적 진단의 한계점을 보완 할 수 있다.

그러나, 비전형적인 특성을 갖는 영역에서는 다소의 문제점을 갖고 있으므로 본 연구에 적용한 알고리즘과 컴퓨터 프로그램의 실용화를 위해서는 병변을 정확하게 진단하기 위한 영상처리 기술과 보조진단 알고리즘에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 국가암정보센터 www.cancer.go.kr.
- [2] 김대동 : 술전 직장암 병기결정에 있어서 3차원 경직장 초음파의 정확도와 효용성, 울산대학교 울산대학교대학원 학위논문, 2011
- [3] 정은주 : 직장암에서 수술 전 경직장 초음파의 정확도에 관한 연구, 연세대학교 대학원 학위논문, 2006.
- [4] 조용철, 김호균, 허정욱 외 3인 : 직장암 환자의 수술 전 병기 결정에서 경직장 초음파의 유용성.
- [5] 주영은 : 항문 및 직장 질환, Vol. 43, 2011.
- [6] 이순진 : 직장과 항문 질환의 경직장 초음파 검사, 대한초음파의학회지, Vol. 21, No. 4, 2002.
- [7] 허태행, 신현준, 조영권 외 6인 : 양성 항문 질환의 경항문 초음파 : 소견과 유용성, 대한방사선 의학회지 Vol. 37, No. 3, 1997.
- [8] 류제규, 김영완, 김남규, 외 4인: 수술 전 항암방사선치료를 시행한 직장암 환자에서 3차원 경항문 직장 초음파의 초기경험:2차원 경항문 직장 초음파, 컴퓨터 단층촬영 및 자기공명영상과의 영상진단 정확도 비교, Vol. 6, No. 2, 2010.
- [9] 조진영, 김창수, 강세식 외 2인 : 전립선비대증 초음파 영상에서 GLCM을 이용한 컴퓨터 보조진단의 영상분석, 한국콘텐츠학회논문지, Vol. 15, No. 3, 2015.
- [10] 정혜원, 정재복, 신용준 외 6인 : 대장 및 직장암의 병기 결정에 있어서 hydrocolonic sonography의 유용성, 대한내과학회지, Vol. 63, No. 5, 2002.