

신장조직영상에서 사구체 영역의 자동 추출법

김 응 규, 이 충 호

한밭대학교 공과대학 정보통신·컴퓨터공학부

An Automatic Extraction Method of Glomerulus Region from Human Renal Tissue Image

Eung-Kyeu Kim, Choong-Ho Lee

Division of Information Communication & Computer Engineering, College of Engineering,
Hanbat National University

요 약

본 논문에서는 신장조직 영상에서 사구체 영역을 자동적으로 추출하는 방법을 제안한다. 사구체 조직은 신장의 상태를 나타내는 많은 정보를 포함하고 있기 때문에 사구체 영역의 추출은 신장 검사를 자동화하기 위한 첫 번째 단계이다. 그러나 사구체 영역을 단순한 2치화 방법으로 직접 추출함은 어려운 일이다. 이에 본 연구자들은 우선, 가우스 함수에 의한 원영상의 빛바랜 영상을 동적인 임계값으로 사용함으로써 원영상을 2치화한다. 다음으로, 획득한 영상으로부터 간단한 영상처리 기법에 의한 사구체 영역의 경계 에지를 포함하는 모든 에지를 추출한다. 그 다음으로 사구체 영역의 경계 에지를 판별함으로써 사구체 영역을 추출하였다. 이 방법은 다수의 샘플에 적용해서 유효성을 확인한 바 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

Keywords : 영상처리, 영상분할, 동적 임계값, 사구체, 신장조직영상

I. 서 론

신장 검사는 신장염 진단에 매우 효과적인 방법으로 이 진단에 영상처리를 응용하면 진단의 자동화와 고속화 및 정량화를 행할 수 있다[1-4]. 많은 신장병의 경우 사구체중에 진한 염색성의 핵을 가진 메산기움(MG) 세포가 증식한다고 알려져 있다. 이 시각적인 특징이 신장염의 진단에 있어서 중요한 단서가 되고 있다. 하지만 신장 영상에는 많은 조직이 포함되어 있어 각각의 조직을 구별하는 부분적인특징은 명확치 않아 사구체 영역과 그 밖의 영역을 판별하는 일은 쉽지 않다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 영상 분할 방법이 수차례 제안되어 왔다[5-13].

본 연구에서는 몇가지 대표적인 방법을 사구체 영역의 추출에 이용 가능함을 검토한다. Mode법과 같은 단 하나의 임계값에 기초한 광범위한 문턱값은 본 연구에서 취급하는 얼룩진 영상에 대해서 그 효과를 기대할 수가 없다. 이것에 대해 부분적인 임계값법이 몇가지 제안되어 왔다[5-8]. 그 한가지 방법으로서 Chow와 Kaneko는 동적인 경계값법을 제안하여 심혈관 조영영상으로부터 좌심실의 에지(edge)를 추출하였다[14]. 여기에서는 우선, 영상을 고정된 크기의 윈도우(window)로 구분해서 각 윈도우에 대해 각각의 히스토그램을 구한다. 다음으로, 두

봉우리 히스토그램을 갖는 윈도우내에서 국부적인 임계값을 구하여 이들의 임계값을 화면 전체에 삽입함으로써 한 개의 임계값 곡면을 얻게된다[15]. 그러나 신장조직 영상에는 대상물체와 배경의 농도차가 그다지 크지 않아 이러한 임계값 곡면에서 원영상을 2치화 하더라도 좋은 결과를 얻을 수가 없었다. 다른 국부적인 임계값으로서 적응적인 경계값(adaptive thresholding)법이 있다[16]. 이 방법에서는 원영상의 기울기가 어떤 값보다 큰 영역만을 대상으로 국부적인 임계값을 계산해서 이들의 값을 이용하여 삽입법에 의한 임계값 면을 결정한다. 신장조직 영상에는 사구체 경계보다 명료한 에지가 많이 존재하기 때문에 이 방법으로도 정확한 임계면을 얻을 수는 없다. 임계값 처리 이외의 분할 방법으로 예를 들면, 텍스처 분할(texture segmentation)법[17,18]에서는 사구체 영역외에서 텍스처에 기반한 특징의 차이를 인정할 수 없기 때문에 이 방법도 이용할 수 없다.

대다수의 신장조직 영상에는 사구체 영역과 다른 생체 조직의 경계에서 에지를 발견할 수 있다. 이러한 특징에 주목해서 Marr 등의 영 교차법[19,20]을 이용해서 사구체 영역의 경계 검출을 시도했지만 나중에 기술하는 바와 같이 좋은 결과를 얻을 수 없었다. 우선, 가우스 함수를 이용해서 신장조직 영상을 희미하게 하여 그 희미한 영상을 문턱값 면인 동적 임계값으로 이용함으로써 사구체

경계를 포함하는 에지 영역을 2치화 패턴으로 얻게 되었다. 다음으로, 보통의 패턴처리 기법을 이용해서 사구체 영역의 에지를 검출함으로써 사구체 영역을 추출하였다.

II. 대조 및 방법

신장조직 조각의 염색에는 PAS(periodic acid schiff reaction)을 사용했다. 그 조각을 현미경을 통해서 CCD카메라로 촬영한 신장조직 영상을 그림 1(a)와 그림 1(b)에 나타냈다. 그림의 중앙에 존재하는 약간 밝은 환상 영역으로 둘러싸여 있는 부분이 추출하고자 하는 사구체의 영역으로, 여기에서 취급하는 신장조직 영상 데이터는 512×512 화소, 256 계조의 명도값이며, 화상 샘플링 간격은 $0.49\mu m$ 이다.

1. 사구체 영역에서의 공통적인 특징

그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 사구체 영역내부와 타 영역과의 사이에서 개개의 화소값 즉 명도값과 텍스처 등에 명료한 차이는 인정되지 않기 때문에 사구체 영역을 직접 추출하는 것은 곤란하다. 오히려 사구체 영역을 식별할 수 있는 시각적인 특징은 그 영역의 경계 부분에 존재한다. 이 경계 부분의 특징을 고찰해 본다. 그림 1(a)에서 사구체 영역의 경계는 명도가 높은 환상 영역으로 완전히 둘러싸여 있다. 편의상 이 환상 영역의 사구체에 접하고 있는 부분을 외측 에지라고 부른다. 환상 영역을 사구체 영역의 경계 부분으로 추출하면 사구체 영역을 추출할 수가 있다. 그러나 그림 1(b)와 같이 명도가 높은 경계 부분이 끊어져 완전히 사구체를 둘러싸지 않은 경우도 비교적 많아, 직접 이 영역을 사구체 분리의 경계로서 이용함에는 어려움이 있다. 따라서 이번 연구에서는 많은 표본을 관찰함으로써 일반적으로 내측 에지보다는 외측 에지 쪽이 보다 명료하다는 것과 또한 위에서 기술한 끊어진 부분이 있더라도 그 에지는 남아있는 경우가 많음을 확인하였다. 따라서 여기에서는 사구체 영역 추출을 위한 공통적인 특징으로서 이 외측 에지에 주목했다.

2. 영 교차법에 의한 외측 에지의 검출

그림 1(c)와 그림 1(d)에는 임의의 단일 임계값에서 그림 1(a)와 그림 1(b)를 2치화한 영상이다. 이와같이 보통의 조직 영상에 있어서 우측 위쪽에는 약간 어둡고, 좌측 아래쪽에는 약간 밝은 광범위한 얼룩이 존재함을 알 수 있다. 그래서 이와같은 영향이 나타나지 않는 국부적인 처리인 영 교차법을 이용해서 사구체 영역의 외측 경계 에지를 검출해 본다[19,20].

그림 1(e)와 그림 1(f)에 $\sigma = 5$ 의 $\nabla^2(G)$ 에 의한 영상 1(a)의 중첩 영 교차(흑색)를 나타내고 있다. 여기에서 G는 다음과 같은 2차원 가우스 함수이고, ∇^2 은 라플라

시안 연산자를 나타낸다.

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} ; \sigma > 0 \quad (1)$$

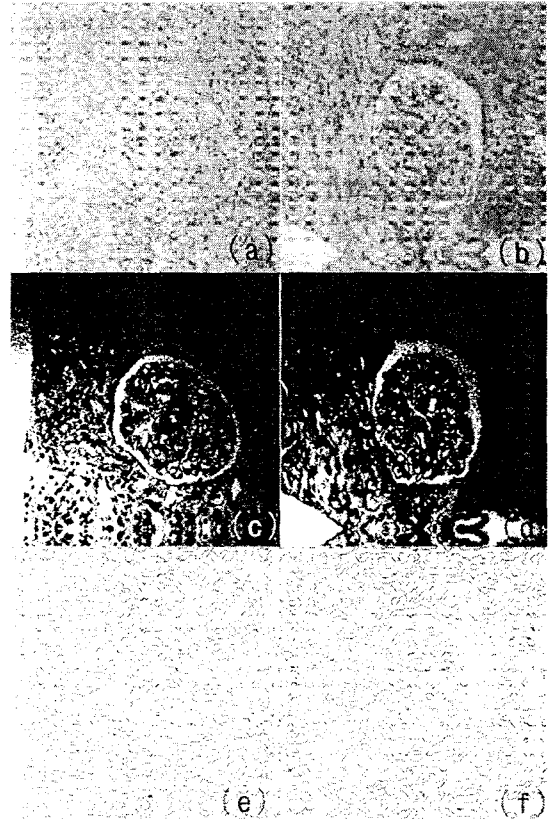


그림 1 신장조직 영상의 특성

그림 1(e)와 그림 1(f)에는 원영상 그림 1(a)와 (b)의 모든 에지가 거의 나타나 있기 때문에 사구체 외측 경계 에지의 구별은 곤란할 것이다. σ 의 값을 변화시켜서 시도했지만 바람직한 결과를 얻을 수 없었다.

2. 빛바랜 영상에 의한 신장조직 영상의 2치화

사구체 영역의 외측 경계 에지를 추출하기 위해 가우스 함수 $G(x,y)$ 에 의한 빛바랜 영상을 동적인 임계값 즉 임계값 면으로서 원영상을 2치화 한다. 원영상을 O 라고 할때, 빛바랜 영상 O_{th} 는 다음 식과 같은 중첩(convolution)식으로 구해진다.

$$O_{th} = G(x,y) * O(x,y) \quad (2)$$

빛바랜 영상 O_{th} 를 임계값 면으로서 원영상을 2치화한 영상 O_b 는 다음 식으로 표시된다.

$$O_b(x,y) = \begin{cases} 0; O_{th}(x,y) > O(x,y) \\ 255; O_{th}(x,y) \leq O(x,y) \end{cases} \quad (3)$$

그림 2는 그림 1(a)의 원영상에 대해서 사구체 (glomerulus) 및 영역(region)을 추출하는 과정을 나타내고 있으며 대응하는 흐름도를 그림 3에 나타낸다. 상기 식으로부터 얻어진 2차화 영상이 그림 2(b)이다.

해지고 있다. 실험에 의해 가우스 함수 $G(x,y)$ 의 공간 정수 $\sigma = 10$ 일 때 더욱더 좋은 결과를 얻을 수 있음을

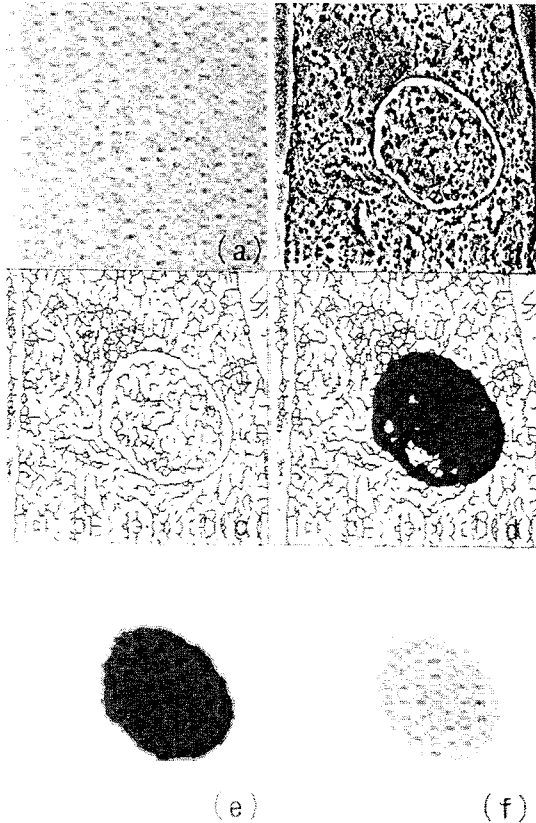


그림2 제안한 방법에 의한 사구체 추출과정

III. 실험 결과 및 고찰

그림 2(b)로부터 보통의 패턴처리기법을 이용하여 사구체 영역의 추출을 행한다. 그림 2(b)의 영상을 5×5 의 미디언 필터를 통해서 미소잡음을 제거한 후 세선화 한다. 그림 2(c)의 세선화 영상에서 최대면적을 갖는 폐곡선 내부의 영역을 모두 칠하면 그림 2(d)의 영상을 얻게 된다. 그림 2(d)에 대해서 가지치기와 구멍메우기를 행하여 그림 2(e)의 2차화 패턴을 추출할 수 있다. 사구체 영역의 외측 부근에 존재하는 다른 영역을 제거하기 위한 그림 2(e)의 패턴을 네 화소 수축한다. 수축한 부분은 회색으로 나타나 있다. 그림 2(e) 패턴의 검은 부분에 대응하는 그림 2(f)의 원영상 영역이 추출된 사구체 영역이다.

그림 4에 나타낸 것은 그림 1(b)에 대한 사구체 영역의 추출 예이다. 각 영상의 의미는 그림 2의 각 영상에 대응한다. 이와같이 환상 영역에 끊어짐과 선명치 못한 부분이 약간 있더라도 예지를 추출할 수 있음을 알 수 있다. 사구체 영역의 추출에 관한 조작은 모두 자동적으로 행

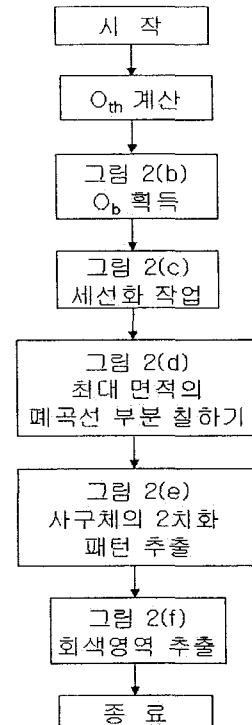


그림 3 사구체 영역 추출 과정의 흐름도

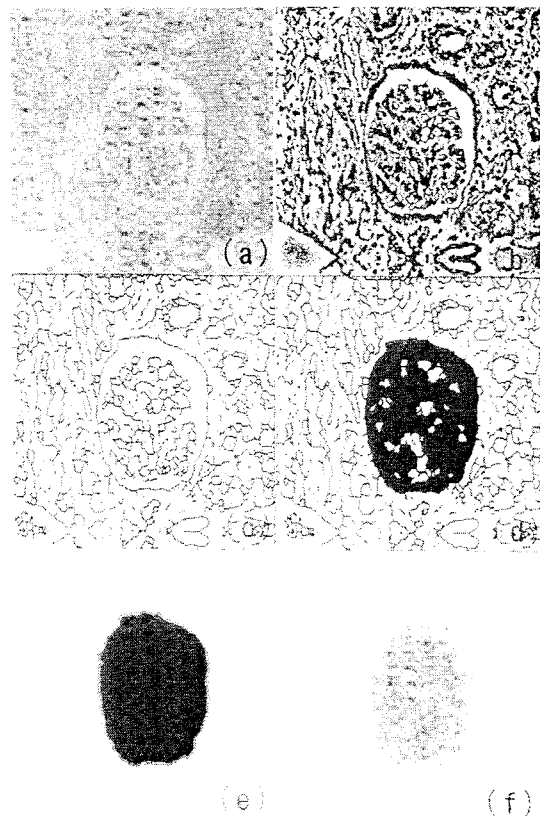


그림 4 사구체 영역 추출의 다른 예

알게 되었다. 신장조직 영상을 150매 사용해서 제안한 방법에 의해 영역 추출 실험을 행한 결과 127매에 대해서 사구체 영역을 정확히 추출할 수 있었다. 사구체 영역을 정확히 추출할 수 없었던 신장조직영상에 대한 원인으로 는 사구체 영역 외측에지의 일부분을 명확히 확인할 수 없음을 들을 수 있다.

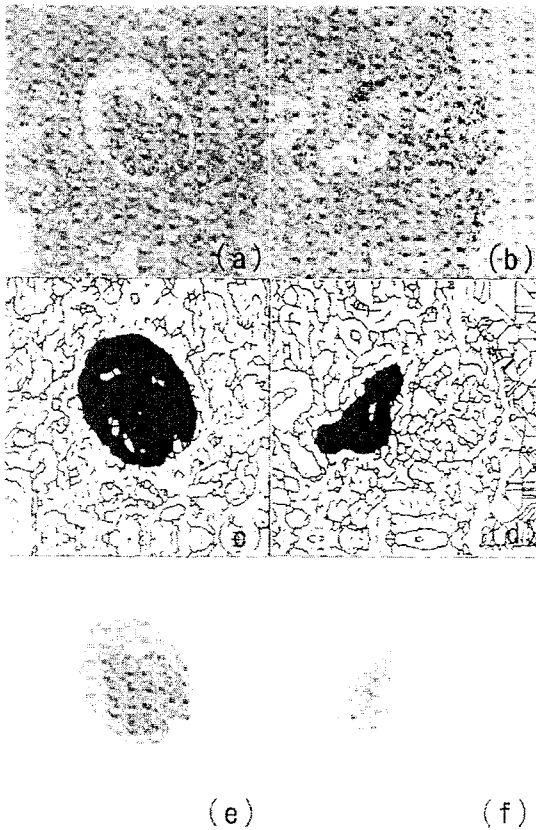


그림 5 사구체 추출에 실패한 영상의 예

그림 5에 나타낸 것은 2가지 전형적인 실패 예이다. 그림 5(a)와 그림 5(b)는 원영상 이고, 그림 5(c)와 그림 5(d)는 최대 면적을 갖는 곡선 내부의 영역을 전부 칠한 영상이며, 그림 5(e)와 그림 5(f)는 최종처리 결과이다. 그림 5(a)의 예에서 사구체 영역의 일부가 빠져있다. 에지의 일부가 명확하지 않기 때문에 잘못된 폐곡선 추출을 행하고 있다. 그림 5(b)의 예에서 사구체 영역외의 조직을 사구체 영역으로 잘못 추출하였다. 이것도 외측 에지의 일부가 검출되지 않은 폐곡선을 얻을 수가 없었기 때문에 다른 폐곡선을 선택하게 된 결과가 된 것이다. 잘못 추출된 이들의 몇가지 결과는 간단한 조치로 개선될 수 있다고 생각되지만 보다 근본적인 개량을 행하기위해서 외측에지의 결손을 광범위하게 보충하는 방법을 도입할 필요가 있다고 생각된다.

IV. 결론

본 논문에서는 신장 조직 영상에서 자동적으로 사구체 영역을 추출하는 방법을 제안하였다. 이 때, 사구체 영역의 추출은 신장검사를 자동화하기 위한 첫 번째 단계로, 단순한 2치화 방법에 의한 직접적인 사구체 영역의 추출은 곤란하였다. 이에 사구체 영역의 외측 에지를 사구체 영역의 공통적인 특징으로 착안해서 이 에지 부분을 폐곡선으로 검출함으로써 사구체 영역을 추출할 수 있었다. 실험을 통해 신장조직 영상으로부터 양호한 비율로 사구체 영역을 정확히 추출할 수 있었다.

향후의 과제로서 사구체의 추출율을 향상시키기 위해, 검출 불가능한 에지 부분을 보완하기 위한 대책을 강구해야하며, 이 추출 결과를 이용한 사구체 내부의 보다 상세한 분석 등이 남아있다.

참고문헌

- [1] XM. Zhang, K. Taniguchi, Y. Nakano, "Variable thresholding and its application to extracting nuclei in glomeruli", Proc. of International Association of Science and Technology for Development on MSI, pp.112- 115, 1994.
- [2] PK. Sahoo, "S. Soltani, AKC Wong et al" A survey of thresholding techniques", Computer Vision Graphics Image Process, Vol.41, pp.233-260, 1988.
- [5] RM. Haralick, LG. Shapiro, "Survey on image segmentation techniques", Computer Vision Graphics Image Process, Vol.29, pp.100-132, 1995.
- [11] G. Joel SS. Philippe et al, "Validation of segmentation techniques for digital dermoscopy", Skin Research and Technology, Vol.8, pp.240-249, 2002.
- [13] H. Oka, H. Iyatomi, M. Tanak, et al, "Internet-based program for automatic discrimination of dermoscopic images between melanoma and Clark nevi.", British Journal of Dermatology, Vol.150, No.5, p.1041, 2004.
- [16] SD. Yanowitz, AM. Bruckstein, "A new method for image segmentation", Computer Vision Graphics Image Process, Vol.46, pp.82-95, 1989.
- [17] TR. Reed, JM. Hass du Buf, "A review of recent texture segmentation and feature extraction techniques", CVGIV: Image understanding, Vol.57, pp.359-372, 1993.
- [19] D. Marr, E. Hidreth, "Theory of edge detection", Proc. R., Soc., Lond(B), Vol.207, 1980.
- [20] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, Digital Image Processing using MATLAB, PEASON Prentice Hall, pp.374-376, 2004.