

# Segmentación del nodo vesical a partir del plano transversal de imágenes ecográficas de la región suprapúbica

S. Julian<sup>1,2</sup>, F. Callicó<sup>2</sup>, B.F. Giraldo<sup>1,3,4</sup>, A. Juanola<sup>2</sup>, D. López<sup>2</sup>, J. Rodiera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grado en Ingeniería Biomédica, Escola d'Enginyeria de Barcelona Est (EEBE), Dept. ESAIL, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona, España  
[sjulian@anestalia.com](mailto:sjulian@anestalia.com) ; [beatriz.giraldo@upc.edu](mailto:beatriz.giraldo@upc.edu)

<sup>2</sup>Servicio de Anestesiología Centro Médico Teknon, Barcelona, Spain

<sup>3</sup> Institut de Bioenginyeria de Catalunya (IBEC), Barcelona, España; [bgiraldo@ibecbarcelona.eu](mailto:bgiraldo@ibecbarcelona.eu)

<sup>4</sup> CIBER de Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN), España

## Resumen

*La retención urinaria después de una cirugía anestésica puede provocar sobre-distensión vesical, impidiendo al paciente miccionar de forma voluntaria. La cateterización es el método más utilizado para solucionar este problema. El método es aplicado cuando el volumen vesical es superior a 300 ml. En este trabajo propone un método para la binarización y segmentación del nodo vesical a partir de una imagen ecográfica de la región suprapúbica transversal. Se han analizado 180 imágenes (80 de entrenamiento y 100 de validación), segmentadas utilizando el método de nivel de gris. Las imágenes fueron caracterizadas a partir de las líneas vertical, horizontal y las dos diagonales. Los valores obtenidos fueron comparados con los medidos con el ecógrafo, con un 72% de acierto. Se ha propuesto un método radial para el cierre de aperturas lateral e interior. Ajustados el brillo y la profundidad de la imagen, y el control morfológico se obtuvo hasta un 83% de correcta segmentación del área vesical en el grupo validación de la muestra. Estos resultados son la base para el cálculo del volumen de orina en vejiga y la decisión de cateterizar un paciente con retención urinaria.*

## 1. Introducción

Uno de los problemas que presentan los pacientes después de una cirugía anestésica es la incapacidad de miccionar de forma voluntaria. El uso de medicamentos, de la anestesia, de fluidos intravenosos entre otros, introducidos durante la cirugía son factores que pueden aumentar el volumen vesical [1]. La pérdida de esta función produce la retención de orina dentro de la vejiga, lo que puede introducir complicaciones en el proceso de recuperación del paciente. De acuerdo con la literatura, este problema presenta una incidencia de hasta un 70% en estos pacientes [1,2]. La retención de este líquido genera una presión en las paredes de la vejiga que puede producir estiramiento de sus fibras musculares. Este proceso es conocido como sobre-distensión vesical. Un prolongado tiempo de exposición puede ocasionar daños permanentes en la contractibilidad de la vejiga [2]. Cuando la micción no se produce de forma voluntaria, normalmente la eliminación del contenido de la vejiga se realiza mediante una cateterización. Este sistema consiste en introducir un catéter a través de la uretra para provocar la salida de la orina. El método es invasivo y conlleva una serie de riesgos como hemorragias por descompresión, traumas uretrales, o infecciones iatrogénicas, entre otros. Uno de los criterios clínicos utilizados para cateterizar un paciente es determinar si su volumen vesical es superior a los 300 ml de orina [2].

La palpación suprapúbica es una de las formas más comunes y rápidas para la detección del globo vesical. Este método es no invasivo pero poco preciso, especialmente en pacientes con un índice de masa corporal elevado [3]. El uso de imágenes ecográficas es otro método no invasivo utilizado en la actualidad, más fiable que el anterior, para el cálculo del volumen de orina acumulada en la vejiga [4,5]. Existen diferentes equipos médicos comerciales que trabajan con diversos planos ecográficos para reconstruir la vejiga en tres dimensiones y calcular su volumen [6].

Hoy en día el procesado de imagen es un campo esencial en el estudio y diagnóstico médico para una gran número de procesos clínicos. El uso de imágenes ecográficas es empleado en múltiples aplicaciones tales como el cálculo de lúmenes de arterias y venas o medidas fetales. Las imágenes ecográficas obtenidas de la región suprapúbica permiten extraer la información necesaria para el cálculo del volumen de orina dentro de la vejiga. La aplicación de algoritmos que permitan definir de la mejor manera posible el área de interés es cada vez más necesaria para el tratamiento de esta información.

El objetivo principal de este trabajo es la segmentación de forma automática el nodo vesical de pacientes post-quirúrgicos con problemas de retención urinaria. Se propone implementar un sistema basado en el procesado de la imagen ecográfica de corte transversal suprapúbico, para localizar y segmentar el nodo vesical. Los resultados de este proceso permiten calcular el volumen de orina de la vejiga, contribuyendo a la decisión de cateterización del paciente.

## 2. Metodología

### 2.1. Obtención de la imagen ecográfica

La vejiga se encuentra en la región suprapúbica junto con los órganos reproductivos masculinos o femeninos. Los dos planos comúnmente usados en ecografía suprapúbica son el corte transversal y el corte sagital (Figura 1). Las imágenes se obtienen utilizando un transductor convexo. En este estudio se propone trabajar con las imágenes obtenidas en el plano transversal.

La vejiga aparece en la imagen ecográfica como una zona negra o anecoica, con presencia de refuerzo dorsal de las ondas de ultrasonidos en la zona inferior, que provoca distorsión en sus márgenes. Otros elementos importantes a

considerar en la definición de la imagen de la vejiga son los ovarios (en el caso de las mujeres), también anecoicos, o la sombra acústica en los laterales del nodo vesical.

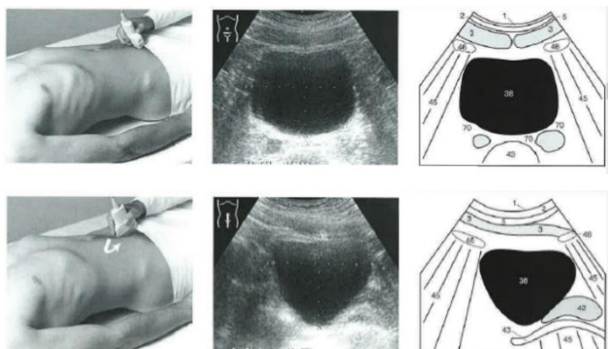


Figura 1. Ejemplo de un sistema de adquisición de imagen ecográfica y elementos anatómicos del corte transversal (arriba) y sagital (abajo) de la región suprapúbica [6]

Las imágenes ecográficas objeto de este estudio fueron adquiridas con un ecógrafo Sonosite modelo S Series, función S-Nerve [7]. Se han analizado 180 imágenes pertenecientes a una base de datos adquirida en el Centro médico Teknon, Barcelona, España. Todas las personas fueron debidamente informadas del estudio y dieron su consentimiento. El protocolo seguido para la adquisición de las imágenes consistió en colocar el transductor en la sínfisis púbica del sujeto y realizar un barrido hasta el ombligo, manteniendo la sonda con la misma inclinación durante todo el recorrido. La base de datos contiene imágenes de sujetos sanos y de pacientes.

### 2.2. Características de la muestra

La imagen seleccionada es aquella que muestra la mayor área de la vejiga. Para obtener la mejor calidad de la imagen, el ecógrafo permite ajustar el valor de escala de profundidad y el brillo. Estas características son almacenadas junto con la imagen, capturada en nivel de gris. La figura 2 presenta a manera de ejemplo una imagen ecográfica de uno de los sujetos objeto de estudio.

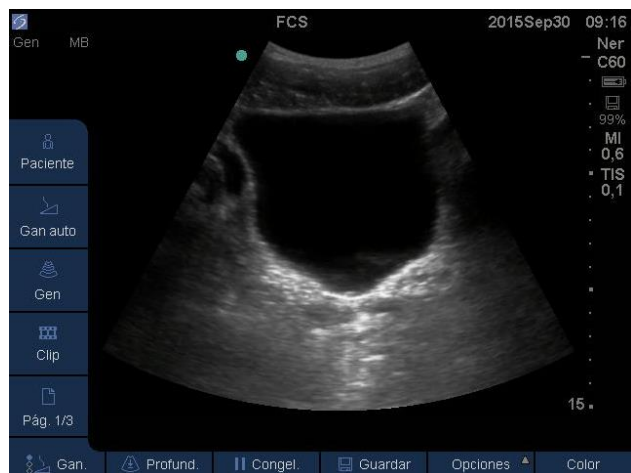


Figura 2. Ejemplo de imagen ecográfica de la muestra

## 3. Tratamiento de la imagen

El proceso realizado para el tratamiento de las imágenes consta de las siguientes etapas (Figura 3):

- Etapa de pre-procesado correspondiente a la obtención de la escala de profundidad y el recorte de la imagen para marcar sus límites.
- Etapa de procesado con la binarización de la imagen y la segmentación.
- Etapa de control de la morfología.

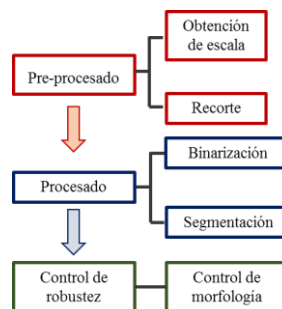


Figura 3. Etapas para el tratamiento de la imagen

Los algoritmos desarrollados para las diferentes etapas han sido implementados en Matlab ® v13.

### 3.1. Pre - procesado

Para determinar las dimensiones de la vejiga se obtiene la escala de profundidad de la imagen capturada. Esta información es proporcionada por el ecógrafo a la captura de la imagen. El tamaño y la morfología del área ecográfica varían en función de la escala usada en la prueba. El proceso de recorte de márgenes y eliminación de elementos que causen posibles interferencias depende del valor de profundidad con el que se ha obtenido la imagen. La figura 4 es un ejemplo de la etapa de pre-procesado.



Figura 4. Imagen ecográfica después del bloque de pre-procesado

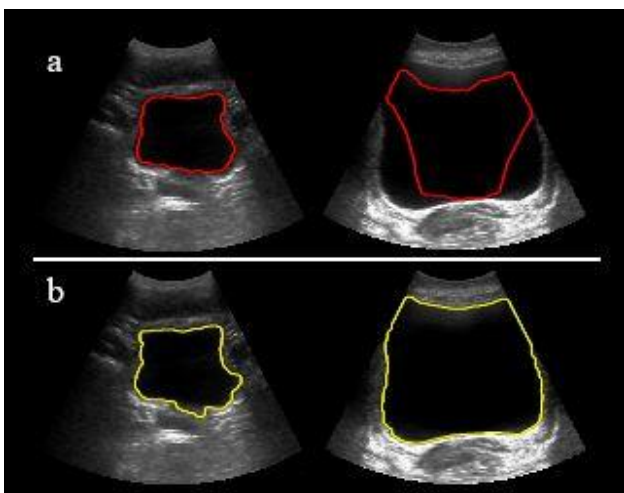
### 3.2. Procesado

El objetivo de la etapa de procesado consiste en localizar y segmentar el nodo vesical de la imagen. La literatura indica que el método más común de segmentación en procesado de imagen ecográfica es el de contornos activos [9]. Se proponen dos métodos para la segmentación de las imágenes: contornos activos de Chan-Vese [10]

modificado por Yue Wu [11] y la aplicación de umbrales de gris.

El método de contornos activos trabaja localizando un punto de vista local, usando umbrales de energía de la imagen, y permite el uso de una doble máscara, que separa el nodo vesical de posibles focos de ruido. La implementación de este método requiere de un elevado número de iteraciones para conseguir una correcta detección del nodo, que implica un incremento de tiempo computacional. También puede introducir errores por efecto de la sobreexposición, o por la localización de nodos de gran tamaño. La Figura 5a presenta un ejemplo del resultado obtenido con este método en la segmentación del nodo vesical, en dos sujetos del estudio.

El método de nivel de gris se basa en el algoritmo de Otsu que determina el valor mínimo de varianza entre los canales blanco y negro [12]. Al aplicar el algoritmo de forma directa puede conllevar a errores debido al ruido *speckle*. Se aplican filtros morfológicos y frecuenciales para reducir ese ruido, y se binariza la imagen usando la mitad del umbral definido. Tras la binarización, se selecciona el nodo vesical por localización y tamaño. Este proceso es susceptible al ruido de la imagen, brillo o efecto de sobreexposición del nodo vesical. La Figura 5b presenta el resultado del método aplicado a los mismos sujetos de la Figura 5a.



**Figura 5.** Segmentación del nodo vesical aplicando los métodos a) Contornos Activos, y b) Nivel de gris

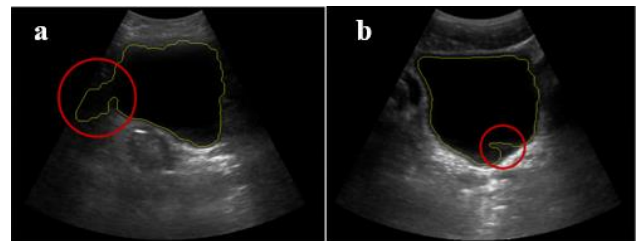
En general, ambos métodos presentan problemas relacionados con elementos anatómicos o márgenes difusos por distintas causas. Dada la finalidad clínica del conjunto, y la variabilidad de características entre los distintos nodos, se seleccionó el método de nivel de gris para continuar con el estudio.

Para solucionar los problemas derivados de la presencia de ruido en el nodo, se implementó un bucle que aumenta o reduce el umbral de binarización en función de la imagen tratada. Con una imagen de referencia creada a partir de filtros morfológicos se evalúa si la región segmentada tiene un contorno estable o presenta elementos no correspondientes al nodo. En el primer caso se aumenta el umbral y en el segundo se reduce. Ambos pasos responden

a un primer proceso de binarización muy restrictivo o a la posibilidad de una imagen inicial muy oscura. Al final del proceso se realiza, a partir de filtros morfológicos, una suavización de contornos y eliminación de posibles áreas de ruido unidas a la región segmentada.

### 3.3. Controles de robustez

Una vez definido el contorno de la vejiga, es posible que se haya reconocido un área adicional, asociada a ruido o a elementos no pertenecientes al nodo vesical. Esta área es denominada apertura lateral. Cuando ocurre el caso contrario, que una zona del nodo vesical no ha sido reconocida durante el proceso de segmentación, se define como apertura interior. La figura 6 presenta a manera de ejemplo una imagen con apertura lateral (6a) y otra con apertura interior (6b).



**Figura 6.** Segmentación vesical con a) apertura lateral, b) apertura interior

Para detectar las aperturas se propone el cálculo del radio y el ángulo de todos los puntos del contorno de la región segmentada a partir de su punto central, con precisión de un grado. La zona de las aperturas corresponderá a los ángulos que tengan asociados más de un punto del contorno. Si la región cuenta con más de una apertura, se tratarán de forma separada.

Para cerrar las aperturas se extraen dos puntos de contorno de interés, con radio similar. El cierre de la apertura se hace de forma radial, trazando una circunferencia que incluya los dos puntos obtenidos previamente. La Figura 7 presenta el proceso seguido para el cierre de una apertura lateral. El cierre de aperturas interiores se realiza de forma similar, completando el área de contorno de la figura. Al final del proceso se obtiene con mayor precisión el nodo vesical, eliminando al máximo la presencia de elementos que distorsionan la región segmentada (Figura 8).

## 4. Resultados

Se han analizado 180 imágenes de las cuales 80 fueron utilizadas para el entrenamiento del sistema, y 100 para la validación. Las imágenes fueron segmentadas utilizando el método de nivel de gris. Obtenido el nodo vesical y aplicado el control de contorno, se calcularon los valores correspondientes a las líneas vertical, horizontal y las dos diagonales del área segmentada. Estos valores fueron comparados con las medidas obtenidas directamente del ecógrafo. En la etapa de entrenamiento, se ajustaron los parámetros relacionados con la escala de profundidad y brillo de las imágenes, considerando vejigas de diferentes tamaño y forma. En la validación del sistema se obtuvo una segmentación correcta del 83%.

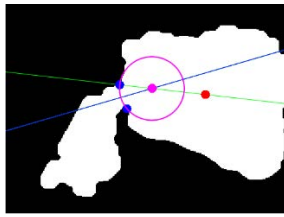


Figura 7. Procedimiento implementado para el cierre de aperturas laterales e interiores

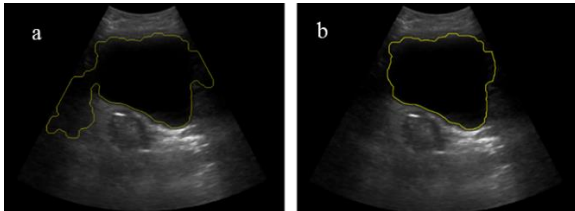


Figura 8. a) Imagen segmentada, y b) con control de morfología

En cuanto a las características vertical, horizontal y las dos diagonales, el resultado fue correcto para las cuatro medidas en un 72% de la muestra. En el caso de nodos vesicales con pequeñas aperturas laterales, una de las dos diagonales presentaba un valor superior al obtenido con el ecógrafo. Si la segunda diagonal se ajustaba correctamente, el conjunto del nodo vesical se consideraba correcto.

También se analizó el tiempo de cálculo necesario para cada proceso (Tabla 1). De acuerdo con los resultados obtenidos se considera válido el sistema diseñado para la localización y segmentación de nodos vesicales en imágenes ecográficas.

<b>Método de segmentación</b>	Nivel de gris
<b>Tiempo de ejecución</b>	3 – 4 segundos + 4 segundos por control aplicado
<b>Resultado positivo en segmentación</b>	80%

Tabla 1. Características técnicas del algoritmo

## 5. Conclusiones

Se ha propuesto un sistema para la segmentación de imágenes ecográficas de corte transversal suprapúbico, para localizar y segmentar el nodo vesical. El sistema se basa en la binarización y segmentación de la imagen. Se analizaron los métodos de contornos activos y nivel de gris, obteniéndose los mejores resultados con el método de nivel de gris. Seguidamente, aplicado el proceso de control morfológico, se obtuvo un resultado positivo en más del 80% de las imágenes analizadas.

Se ha propuesto un método que mejora los cierres de las aperturas laterales e interiores. Los resultados obtenidos al considerar vejigas de diferentes formas y tamaño hacen que el método propuesto se ajuste, mayoritariamente al tamaño real de la vejiga del paciente.

Una de las limitaciones del método propuesto es la falta o el exceso de brillo de las imágenes, la susceptibilidad del

método a la presencia de ruido *speckle*, y los márgenes difusos por ruido añadido.

El correcto ajuste obtenido de las características lineales vertical, horizontal y la diagonal mínima son la base para el posterior cálculo del volumen de orina en vejiga. El sistema propuesto puede ser una herramienta útil para ayudar a la clínica en la inclusión de pacientes en el proceso de cateterización.

Finalmente, estos resultados deberán ser evaluados con un mayor número de imágenes ecográficas de sujetos sanos y pacientes. Los resultados de la segmentación deberán ser aplicados al cálculo del volumen vesical y compararse un *gold standard* siempre que sea posible.

## Agradecimientos

Los autores agradecen especialmente a los miembros del Servicio de Anestesiología del Centro Médico Teknon, y a las personas que de alguna manera han colaborado en el desarrollo de este trabajo.

## Bibliografía

- [1] Baldini G, Bagry H, Aprikian A, Carli F, Phil M. Postoperative Urinary Retention. *Anesthesiology*, vol 110, 2009, pp 1139-1157.
- [2] Joelsson-Alm E. Bladder Distension: Aspects of a Healthcare-related Injury. Karolina Institutet, Stockholm, 2012.
- [3] Alsaidi M, Guanio J, Basheer A, Schultz L, Adbulhak M, Nerenz D, Chedid M, Seyfried D. The incidence and risk factors for postoperative urinary retention in neurosurgical patients. *Surgical Neurology International*, vol 4, 2013, pp 61.
- [4] Lamonerie L, Marret E, Deleuze A, Lembrete N, Dupont M, Bonnet F. Prevalence of postoperative bladder distension and urinary retention detected by ultrasound measurement. *British Journal of Anaesthesia*, vol 92, sup 4, 2004, pp 544-546.
- [5] Pavlin JD, Pavlin EG, Gunn HC, Taraday JK, Koerschgen ME. Voiding in Patients Managed With or Without Ultrasound Monitoring of Bladder Volume After Outpatient Surgery. *Anesth Analg*, vol 89, 1999, pp 90-97.
- [6] BladderScan BVI 3000 System, compañía Verathon. <http://verathon.com/bladderscan-bvi-3000> (Consultada: Marzo 2016).
- [7] SonoSite, S-Nerve. <https://www.sonosite.com/content/s-series-17> (Consultada: Marzo de 2016).
- [8] Hofer M. Curso Básico de Ecografía. Editorial Médica Panamericana, 2006 (ISBN: 9788498350166).
- [9] Noble JA, Boukerroui D. Ultrasound Image Segmentation: A Survey. *IEE Transactions on Medical Imaging*, vol 25, sup 8, 2006, pp 987-1010.
- [10] Chan TF, Vese LA. Active contours without edges. *IEE Trans Image Process*, vol 10, sup 2, 2001, pp 266-277.
- [11] Wu Y. A different interpretation of Chan-Vese active contour from the view of Optimal Global Thresholding. 2010. (Consultado: 1 de Abril de 2016).
- [12] Otsu N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol 9, sup 1, 1979, pp 62-66.