

Resumen

La endoscopia capsular (CE, de Capsule Endoscopy en Inglés) es una ampliamente utilizada alternativa mínimamente invasiva a la endoscopia tradicional, que permite la visualización de todo el intestino delgado, mientras esto no es posible hacerlo fácilmente con los procedimientos más invasivos. Sin embargo, esos métodos tradicionales aún suelen ser la primera opción de tratamiento para los gastroenterólogos, ya que todavía existen desafíos importantes en el campo de la CE. Entre otros, los desafíos incluyen el tiempo necesario para el diagnóstico por vídeo después del procedimiento, el hecho de que la cápsula no se puede controlar activamente, la falta de consenso sobre una buena preparación del paciente y el coste alto, todos los cuales se refuerzan entre sí. En esta tesis doctoral, nuestro objetivo es extraer más información de los procedimientos de endoscopia por cápsula para ayudar a aliviar estos problemas desde una perspectiva que parece estar subrepresentada en la investigación actual.

Primero, como el objetivo principal en esta tesis, pretendemos desarrollar un método de evaluación de la limpieza en procedimientos de CE automático y objetivo para asistir la investigación médica en métodos de preparación de los pacientes. Específicamente, una preparación adecuada del paciente puede ayudar a obtener un intestino más limpio, y por tanto, una mejor visibilidad en los vídeos resultantes. A pesar de eso, los estudios sobre el método más efectivo son contradictorios debido a la ausencia de tal método. Por lo tanto, pretendemos proporcionar un método de ese tipo, capaz de presentar resultados en una escala intuitiva, con una novedosa arquitectura relativamente ligera de una red neuronal convolucional en su núcleo. Entrenamos este modelo usando validación cruzada con 5 *folds* en un conjunto de datos extensivo de más de 50,000 parches de imágenes, obtenidos de 35 procedimientos CE diferentes, y lo comparamos con métodos de clasificación del estado del arte. A partir de los resultados de la clasificación de los parches, desarrollamos un método para automáticamente estimar las probabilidades a nivel de píxel y deducir los puntos en la escala de la evaluación de la limpieza a través de umbrales aprendidos. Después, validamos nuestro método en un entorno clínico en 30 vídeos de CE obtenidos nuevamente, comparando las puntuaciones resultantes con las asignadas de forma independiente por especialistas humanos. Obtuvimos la mayor precisión de clasificación para el método propuesto (95,23%), con tiempos de predicción promedios significativamente más bajos que para el segundo mejor método. En la validación de nuestro método, encontramos un acuerdo aceptable con dos especialistas humanos en comparación con el acuerdo interhumano, mostrando su validez como método de evaluación objetivo.

Adicionalmente, otro objetivo de este trabajo es detectar y localizar automáti-

camente el túnel, tanto en estado de contracción como en estado de relajación de los músculos intestinales, para ayudar a determinar la orientación de la cápsula en cualquier momento. Creemos que esto puede resultar útil para una multitud de propósitos, específicamente para la alineación de marcos, la localización de la cápsula y futuros algoritmos de navegación de la cápsula. Para este objetivo, entrenamos un modelo basado en R-CNN, concretamente el detector ligero YOLOv3, tanto para detectar automáticamente si un fotograma del vídeo del procedimiento de CE muestra el túnel, como para ubicar su posición dentro en el caso que esté presente. Entrenamos este modelo en un total de 1385 fotogramas, extraídos de procedimientos de CE de 10 pacientes diferentes. Para este modelo, alcanzamos una precisión del 86,55 % combinada con una recuperación del 88,79 % en nuestro conjunto de datos de test. Ampliando este objetivo, también pretendemos visualizar la motilidad intestinal de una manera análoga a una manometría intestinal tradicional, basada únicamente en la técnica mínimamente invasiva de CE. Logramos esto alineando los marcos con el túnel centrado dentro, después de lo cual usamos los parámetros del cuadro delimitador para derivar los parámetros adecuados para nuestro método de segmentación para segmentar el túnel de la pared intestinal. A continuación, calculamos el círculo de inscripción más grande del área y relacionamos el diámetro con el tamaño total de la imagen para construir un equivalente de una manometría intestinal a partir de información visual.

Desde que concluimos nuestro trabajo, nuestro método para la evaluación automática de la limpieza se ha utilizado en un estudio a gran escala aún en curso, con una multitud de clínicas médicas en todo el mundo, en el que participamos activamente. Mientras gran parte de la investigación se centra en la detección automática de patologías, como tumores, pólipos y hemorragias, esperamos que nuestro trabajo pueda hacer una contribución significativa para extraer más información de la CE también en otras áreas frecuentemente subestimadas, pero que posiblemente sean igualmente importantes para que el método pueda avanzar a la primera opción de diagnóstico, y posiblemente incluso a un método de tratamiento en el futuro.
