

Resumen

La osteoartritis es una enfermedad degenerativa del cartílago articular que se manifiesta con dolor y pérdida de movilidad. Cuando se presenta en la rodilla, resulta en una disminución significativa de la calidad de vida de los pacientes y es una de las causas más frecuentes para el reemplazo articular protésico. Por su elevada incidencia, se ha constituido como un campo de investigación sumamente activo dentro de las ciencias médicas, tanto para su prevención, diagnóstico, seguimiento y tratamiento. Los avances en las técnicas de adquisición de imágenes médicas han posibilitado la incorporación de herramientas de análisis basadas en la morfología del cartílago, pero esto requiere la segmentación previa de las imágenes, es decir "separar" al cartílago del resto de los tejidos.

El presente trabajo tiene por objetivo el diseño e implementación de los algoritmos necesarios para la segmentación automática del cartílago articular de la rodilla en imágenes de resonancia magnética.

Para el desarrollo del trabajo se contó con un set de 176 imágenes de resonancia magnética de rodilla obtenidas con un resonador de 3T mediante una secuencia DESS (*Dual Echo Steady State*). Las imágenes fueron preprocesadas mediante difusión anisotrópica para la reducción de ruido y una transformación de mejora de contraste diseñada *ad-hoc*.

Sobre las imágenes preprocesadas se extrajeron 24 características relacionadas a intensidad, ubicación espacial y descriptores de la geometría local como la matriz Hessiana y el tensor de estructura.

Las características seleccionadas fueron utilizadas para entrenar redes neuronales que realizan la clasificación de vóxeles en dos etapas: una primera de cartílago vs. fondo y una segunda en la que se discrimina entre cartílago femoral, tibial y patelar.

La clasificación final de los vóxeles obtuvo valores de sensibilidad de $95,37 \pm 2,14\%$, $93,67 \pm 1,85\%$ y $94,05 \pm 1,97\%$ para el cartílago femoral, tibial y patelar respectivamente. La especificidad obtenida fue de $99,31 \pm 0,13\%$, $99,80 \pm 0,09\%$ y $99,74 \pm 0,07\%$ para el cartílago femoral, tibial y patelar respectivamente. El coeficiente de similitud de Dice obtenido fue de $0,666 \pm 0,042$, $0,674 \pm 0,039$ y $0,550 \pm 0,055$ para el cartílago femoral, tibial y patelar respectivamente.

El método desarrollado obtuvo un buen desempeño en la segmentación automática de cartílago. Se obtuvo una adecuada correspondencia a nivel morfológico en comparación con la segmentación manual, aunque se detectan zonas con errores por exceso, dando lugar a mejoras del sistema.

Palabras clave: *Segmentación automática, cartílago articular, osteoartritis de rodilla, redes neuronales.*

Abstract

Osteoarthritis is a degenerative disease of the articular cartilage with pain and loss of mobility as its main symptoms. In the knee, it has a great impact in the patient's quality of life and is one of the main causes of total knee replacement. Given the high incidence of the disease, it has become a very active research field. Advances in medical imaging techniques have led to cartilage-morphology-based analysis tools to be available for the assessment of pathological or potentially pathological joints; but this requires precise image segmentation, which means to "separate" the cartilage from the rest of the tissues in the images.

The main objective of the present work is to design and implement the required algorithms for automatic segmentation of the articular cartilage in knee MRI's.

An image set consisting of 176 MRI scans was used. The images were obtained in a 3T machine with a DESS (Dual Echo Steady State) sequence. Anisotropic diffusion filtering was employed for noise reduction and a contrast enhancement *ad-hoc* transformation was developed.

A set of 24 features were extracted related to voxel intensity, spatial location and local geometry descriptors such as the Hessian matrix and the structure tensor.

The selected features were used to train neural networks for the classification task. A two-stage classification strategy was adopted: first, cartilage vs background; and second, a refinement stage subdividing the cartilage between the femoral, tibial and patellar compartments.

The final classification stage achieved sensitivities of $95,37 \pm 2,14\%$, $93,67 \pm 1,85\%$ y $94,05 \pm 1,97\%$ for femoral, tibial and patellar cartilage respectively. Specificity was $99,31 \pm 0,13\%$, $99,80 \pm 0,09\%$ y $99,74 \pm 0,07\%$ for femoral, tibial and patellar cartilage respectively. Finally, Dice similarity coefficients (DSC) of $0,666 \pm 0,042$, $0,674 \pm 0,039$ y $0,550 \pm 0,055$ were obtained for femoral, tibial and patellar cartilage respectively.

The developed method achieved good performance un the cartilage segmentation task. In a morphological comparison analysis between the manual and automatic segmentations, a good geometrical correspondence was observed, although some areas of over segmentation were detected, leading to possible improvements in the system.

Key words: *Automatic segmentation, articular cartilage, knee osteoarthritis, artificial neural networks.*