

# Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>i</b>
<b>Resum.....</b>	<b>v</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>ix</b>
<b>Abreviaturas.....</b>	<b>xiii</b>
<b>SECCIÓN I.....</b>	<b>19</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>21</b>
1.1 Ejes y planos del cuerpo .....	21
1.2 La columna vertebral .....	24
1.1.1 Las vértebras: estructura y función.....	26
1.1.2 Los discos intervertebrales.....	37
1.1.3 La médula espinal y los nervios espinales .....	40
1.1.4 Ligamentos y músculos.....	41
1.3 Clasificación de lesiones degenerativas.....	44
1.2.1 Degeneración de los discos intervertebrales.....	44
1.2.2 Alteraciones en el contorno de los discos .....	48
1.2.3 Estenosis del canal vertebral .....	52
1.2.4 Algoritmos para la cuantificación de lesiones degenerativas.....	54
1.4 Patología de los cuerpos vertebrales .....	60
1.3.1 El cáncer y la columna vertebral .....	60
1.3.2 Enfermedad metastásica ósea y sus consecuencias.....	63
1.3.3 Métodos de segmentación de los cuerpos vertebrales.....	66
1.5 Resumen de la introducción y justificación de la investigación	72
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>77</b>
<b>SECCIÓN II .....</b>	<b>79</b>
<b>3. Imagen por resonancia magnética.....</b>	<b>81</b>

3.1 Un breve encuentro con la física.....	81
3.2 La Resonancia Magnética y la patología discal .....	85
<b>4. Material y métodos.....</b>	<b>87</b>
4.1 Material .....	87
4.1.1 Pacientes .....	87
4.1.2 Imágenes de Resonancia Magnética .....	89
4.1.3 Software .....	90
4.2 Métodos .....	91
4.2.1 Clasificación cualitativa de la patología discal .....	91
4.2.2 Clasificación cuantitativa de la patología discal .....	91
4.3 Análisis estadístico.....	94
<b>5. Clasificación y cuantificación del grado de degeneración en los discos intervertebrales .....</b>	<b>97</b>
5.1 Pre-procesado de las imágenes sagitales .....	98
5.1.1 Eliminación del ruido gaussiano .....	98
5.1.2 Modificación del contraste ( <i>stretching</i> ).....	100
5.1.3 Detección de bordes .....	103
5.2 Segmentación .....	105
5.2.1 Segmentación basada en contornos activos .....	105
5.2.1.1 Contornos activos paramétricos.....	106
5.2.1.2 Contornos activos geométricos .....	111
5.2.1.3 Contornos Activos: Resumen y Comparaciones.....	119
5.2.2 Segmentación de los discos intervertebrales .....	121
5.3 Esqueletonización .....	123
5.4 Perfiles de intensidad vertical y horizontal .....	126
<b>6. Clasificación y cuantificación de alteraciones en el contorno de los discos intervertebrales.....</b>	<b>129</b>
6.1 Pre-procesado de las imágenes axiales.....	131
6.1.1 Eliminación del ruido gaussiano .....	131
6.1.2 Modificación del contraste ( <i>stretching</i> ).....	132
6.1.3 Detección de bordes .....	133
6.2 Segmentación de los discos intervertebrales .....	134
6.3 Aproximación del disco por una elipse: el método <i>tensor scale</i> . 135	
6.4 Detección y cuantificación de herniaciones.....	138
<b>7. Detección y cuantificación de estenosis en el canal</b>	

<b>vertebral.....</b>	<b>141</b>
7.1 Segmentación del canal vertebral.....	141
7.2 Contorno ideal del canal vertebral.....	143
7.3 Contorno real del canal vertebral.....	144
7.4 Detección y cuantificación de estenosis .....	145
<b>8. Resultados y discusión.....</b>	<b>147</b>
8.1 Resultados.....	147
8.1.1 Grado de degeneración de los discos intervertebrales .....	148
8.1.2 Alteraciones en el contorno de los discos y estenosis del canal vertebral.....	151
8.2 Discusión.....	153
<b>SECCIÓN III.....</b>	<b>159</b>
<b>9. Tomografía computarizada y la metástasis ósea.....</b>	<b>161</b>
<b>10. Material y métodos .....</b>	<b>165</b>
10.1 Material.....	165
10.1.1 Pacientes.....	165
10.1.2 Imágenes de tomografía computarizada.....	166
10.1.3 Software.....	166
10.2 Métodos.....	167
<b>11. Diseño y desarrollo de un software de segmentación manual de la columna vertebral: OncoSpineSeg .....</b>	<b>169</b>
11.1 Plataforma software y volúmenes de datos .....	171
11.2 Segmentación por cortes .....	173
11.3 Clasificación del hueso .....	176
11.4 Reconstrucción en tres dimensiones .....	177
<b>12. Método de detección automática del canal vertebral ..</b>	<b>179</b>
12.1 Transformaciones morfológicas básicas.....	181
12.2 Umbralización y operaciones morfológicas .....	186
12.3 Análisis de conectividad en 3D.....	188
12.4 Extracción de centroides.....	190

<b>13. Implementación de un método basado en contornos activos geométricos para la segmentación automática de las vértebras.....</b>	<b>191</b>
13.1 Detección del canal vertebral.....	192
13.2 Establecimiento de una ROI y modificación del contraste ....	193
13.3 Segmentación de los cuerpos vertebrales.....	194
13.4 Operaciones morfológicas.....	195
13.5 Evaluación de la segmentación.....	196
<b>14. Implementación de un atlas probabilístico de la columna vertebral.....</b>	<b>197</b>
14.1 El atlas probabilístico .....	198
14.2 Construcción del atlas probabilístico .....	200
14.3 Co-registro guiado anatómicamente .....	205
14.4 Segmentación basada en atlas .....	210
14.5 Evaluación de la segmentación.....	212
<b>15. Resultados y discusión.....</b>	<b>213</b>
15.1 Resultados.....	213
15.1.1 Detección del canal vertebral .....	213
15.1.2 Segmentación inicial .....	215
15.1.3 Segmentación refinada con el atlas .....	218
15.1.4 Carga computacional .....	221
15.2 Discusión.....	223
<b>SECCIÓN IV.....</b>	<b>229</b>
<b>16. Conclusiones finales .....</b>	<b>231</b>
<b>17. Bibliografía .....</b>	<b>233</b>
<b>18. Publicaciones.....</b>	<b>255</b>
18.1 Derivadas de la Tesis Doctoral .....	255
18.2 No directamente relacionadas.....	257