



TESIS DOCTORAL

**CARACTERIZACIÓN Y MODELIZACIÓN DEL EFECTO
DE LOS SEGMENTOS DE ANILLO INTRAESTROMALES
IMPLANTADOS EN CÓRNEAS ECTÁSICAS**

DAVID PABLO PIÑERO ILORENS

Julio, 2010



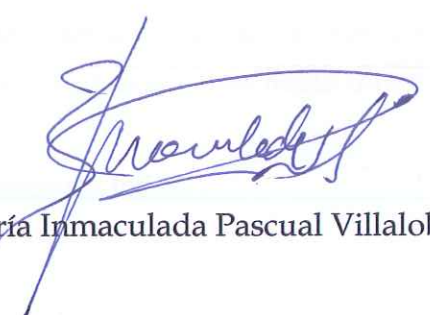
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Departament de Física, Enginyeria de Sistemes i Teoria del Senyal
Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal

Dña. MARÍA INMACULADA PASCUAL VILLALOBOS, Catedrática de
Universidad del área de Óptica de la Universidad de Alicante, y
D. JORGE ALIÓ SANZ, Catedrático de Universidad del área de
Oftalmología de la Universidad Miguel Hernández:

CERTIFICAN: Que la presente memoria titulada "*Caracterización y modelización del efecto de los segmentos de anillo intraestromales implantados en córneas ectásicas*" ha sido realizada bajo su dirección por Don DAVID PABLO PIÑERO LLORENS en el Departamento de Física, Ingeniería de sistemas y Teoría de la Señal de la Universidad de Alicante, y constituye su Tesis Doctoral para optar al Grado de Doctor.

Y para que conste, y en cumplimiento de la legislación vigente, firman el presente certificado en Alicante a quince de mayo de dos mil diez.



Fdo.: María Inmaculada Pascual Villalobos



Fdo.: Jorge Alió Sanz

A mi mujer María y a mi hija Núria

Quiero mostrar mi gratitud en primer lugar a los directores de la presente tesis, Jorge Alió e Inmaculada Pascual, por el apoyo y dedicación durante la realización de esta investigación. Sin ellos este trabajo no hubiera sido posible. Os agradezco enormemente la confianza depositada en mí para la realización de esta investigación que tanto he disfrutado.

Quiero agradecer al Instituto Oftalmológico de Alicante Vissum la posibilidad que me ha ofrecido de poder disponer de las instalaciones y los datos clínicos para poder llevar a cabo esta tesis. En particular, agradezco a Laurent Bataille por sus ánimos, confianza y, sobre todo, por tu amistad. También ha sido crucial la aportación realizada por el resto de centros clínicos que han participado en el estudio. Estoy agradecido enormemente a los doctores Miguel Maldonado, Antonio Uceda, Héctor Morbelli, Diego Cuevas, Efehan Coskunseven, Miguel Teus, Rafael Barraquer y Anil Kubaloglu por permitirme incluir sus datos en el análisis retrospectivo realizado en esta tesis. Tampoco quiero olvidar otras personas que también han sido muy importantes para el desarrollo de esta tesis, Bassam El Kady, Esin Sogütlü, Ramón Jiménez y Ralph Michael. A todos, muchísimas gracias.

También doy las gracias a mi familia por el constante apoyo y aliento aportado, ha sido indispensable para seguir adelante. Soy muy afortunado de tener unos hermanos que siempre están ahí. Gracias a ti madre por confiar tanto en mis posibilidades y hacerme ver que siempre puedo ser capaz de avanzar. A ti, María, por ser la mejor motivación y apoyo para seguir investigando, eres increíble y ya sabes que eres la luz de mi alma. También doy las gracias a mi hija Núria por darle sentido a la vida, por darle sentido a todo.

Doy también las gracias a mis compañeros del Departamento de Óptica, Farmacología y Anatomía, así como a mis compañeros de I+D de Vissum por los apoyos (Bianca te debo una). No quiero olvidarme de todos aquellos amigos que han aportado su granito de arena de un modo u otro a este proyecto tan importante para mí.

Muchas gracias a todos...

Lo que con mucho trabajo se adquiere, más se ama.

Aristóteles.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINAS
CAPÍTULO 0.- ARTÍCULOS QUE CONFORMAN LA PRESENTE TESIS	1
CAPÍTULO 1.- JUSTIFICACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.1.- Conceptos generales sobre patología corneal ectásica	8
1.2.- Los segmentos de anillo intracorneales (ICRS) como opción de tratamiento para la patología corneal ectásica. Estado actual del tema	14
1.3.- La aberrometría corneal anterior como herramienta para valorar el efecto de los ICRS	23
1.4.- Áreas pendientes de desarrollo e investigación en el área de los ICRS	32
CAPÍTULO 2.- HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	35
2.1.- Hipótesis	38
2.2.- Objetivos	39
CAPÍTULO 3.- MATERIAL Y MÉTODOS	43
3.1.- Bases y fundamentos del análisis retrospectivo realizado	46
3.2.- Muestras de pacientes analizadas	48
3.3.- Protocolo de examen y seguimiento de los pacientes	51
3.4.- Procedimiento quirúrgico	56
3.5.- Análisis estadístico de los resultados y formato de presentación de los mismos	59
CAPÍTULO 4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
4.1.- Resultados de los trabajos en relación con el primer objetivo	64

general	
4.1.1.- Resultados refractivos y aberrométricos corneales tras el implante de ICRS en queratocono: procedimiento mecánico versus procedimiento guiado por láser de femtosegundo	64
4.1.2.- Resultados refractivos y aberrométricos corneales tras el implante de ICRS en DMP	68
4.1.3.- Implante de ICRS en corneas con ectasia tras cirugía refractiva LASIK	70
4.1.4.- Comparativa de resultados refractivos y aberrométricos corneales con dos tipologías diferentes de ICRS en córneas con ectasia incipiente o moderada	72
4.2.- Resultados de los trabajos en relación con el segundo objetivo general	75
4.2.1.- Biomecánica corneal, refracción y aberrometría corneal en queratocono: estudio integrado	75
4.2.2.- Modificación y ajuste del astigmatismo en ojos con queratocono implantados con ICRS	80
4.2.3.- Modelización del efecto de los ICRS en queratocono empleando datos refractivos, queratométricos y aberrométricos corneales	84
4.2.4.- Reimplante de ICRS en ojos con queratocono tras el fracaso de implantes previos	87
CAPÍTULO 5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS PERSPECTIVAS	91
CAPÍTULO 6.- REFERENCIAS	97
APÉNDICE	105
Trabajo 1: Intracorneal ring segments in ectatic corneal disease-a review (Clin Experiment Ophthalmol). Páginas artículo original: 154-167	107
Trabajo 2: Refractive and aberrometric outcomes of intracorneal ring segments for keratoconus: mechanical versus femtosecond-assisted procedures (Ophthalmology). Páginas artículo original: 1675-1687	121
Trabajo 3: Refractive and corneal aberrometric changes after intracorneal ring implantation in corneas with pellucid marginal degeneration (Ophthalmology). Páginas artículo original: 1656-1664	134
Trabajo 4: Intracorneal ring segment implantation in corneas with post-laser in situ keratomileusis keratectasia (Ophthalmology). Páginas	

artículo original: 1665-1674	143
Trabajo 5: Corneal aberrometric and refractive performance of 2 intrastromal corneal ring segment models in early and moderate ectatic disease (J Cataract Refract Surg). Páginas artículo original: 102-109	153
Trabajo 6: Corneal biomechanics, refraction, and corneal aberrometry in keratoconus: an integrated study (Invest Ophthalmol Vis Sci). Páginas artículo original: 1948-1955	161
Trabajo 7: Modification and refinement of astigmatism in keratoconic eyes implanted with intracorneal ring segments (J Cataract Refract Surg)	169
Trabajo 8: Modelling the intracorneal ring segment effect in keratoconus using refractive, keratometric and corneal aberrometric data (Invest Ophthalmol Vis Sci)	196
Trabajo 9: Intracorneal ring segment reimplantation in keratoconus eyes with previous unsuccessful implants (J Cataract Refract Surg)	218