



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

# ESTUDIO DE LA BIOMECÁNICA CORNEAL Y LA SUPERFICIE OCULAR EN LAS ENFERMEDADES DEL COLÁGENO

Autora

**Celia Pérez Pérez**

Directores

**Del Buey Sayas, María Ángeles**

**Pinilla Lozano, María Isabel**

Grado en Óptica y optometría

Facultad de Ciencias

Curso 2016-2017

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 CONCEPTO DE BIOMECÁNICA CORNEAL.....	2
1.2. LA CÓRNEA.....	3
1.3 ANALIZADOR DE RESPUESTA OCULAR (ORA).....	4
2. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	8
2.1 JUSTIFICACIÓN.....	8
2.2. HIPÓTESIS.....	8
2.3 OBJETIVO.....	8
3. SUJETOS, MATERIAL Y MÉTODO.....	10
3.1 SUJETOS.....	10
3.2 MATERIAL.....	10
3.3 MÉTODO.....	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
4.1 ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL GRUPO CONTROL.....	12
4.2 ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL GRUPO CASO.....	13
4.3 ESTADÍSTICA INFERENCIAL.....	14
5. CONCLUSIONES.....	17
6. BIBLIOGRAFIA.....	18

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 CONCEPTO DE BIOMECÁNICA CORNEAL

La biomecánica corneal se define como la ciencia que estudia la deformación del tejido corneal en estado de equilibrio, al ser sometido a cualquier acción exterior. De esta manera, la biomecánica corneal explora la función y la estructura de la córnea y así predecir la respuesta dinámica de la córnea en condiciones fisiológicas y patológicas<sup>1</sup>.

Su objetivo es doble:

- Diagnóstico clínico, basada en el estudio y desarrollo de dispositivos para la medida clínica de la biomecánica corneal, útiles en el diagnóstico y valoración *in vivo* de determinadas patologías oculares.
- Desarrollo de modelos de comportamiento para la aplicación clínica capaces de analizar y predecir la respuesta de la córnea ante procedimientos quirúrgicos corneales<sup>2</sup>.

Desde hace unos años se dispone del dispositivo Ocular Response Analyser (ORA), capaz de determinar “in vivo” y de forma incruenta determinadas propiedades biomecánicas corneales. Desde su aparición, los estudios muestran que algunos parámetros de la biomecánica corneal se encuentran alterados en algunas enfermedades oculares, sobre todo a aquellas en las que se ve comprometida la estructura del tejido corneal como las ectasias corneales, distrofias corneales o corneas trasplantadas. Pero el estudio de la biomecánica corneal enriquece el conocimiento de otras enfermedades que afectan al ojo de forma directa, como el glaucoma<sup>3</sup>, o de forma indirecta como enfermedades generales con repercusión ocular. En estos casos el estudio de la biomecánica corneal puede aportar nuevos datos para un mejor conocimiento de su fisiopatología.

## 1.2. LA CÓRNEA

La córnea es una estructura avascular rodeada de fluidos, lágrimas anteriormente y humor acuoso posteriormente. Representa una sexta parte de la circunferencia del ojo, tiene una forma oval y su diámetro es mayor en el meridiano horizontal (figura 1). En su periferia gradualmente se transforma en esclera, siendo la zona de transición entre ambas estructuras el limbo.

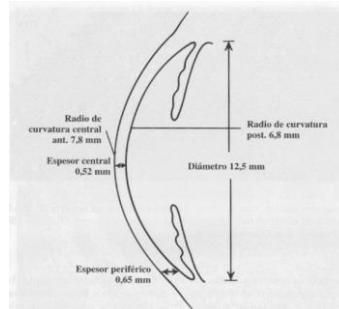


Figura 1: Dimensiones corneales.

Desde su superficie anterior a la posterior en la córnea se diferencian distintas capas (figura 2)<sup>4</sup>:

- Película lagrimal.
- Epitelio corneal (EP).
- Capa de Bowman (BWM).
- Estroma corneal (STR).
- Membrana de Descemet (DM).
- Endotelio corneal (EN).

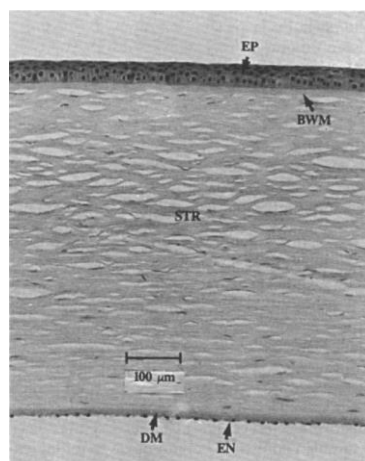


Figura 2: Capas de la córnea.

En la córnea, el epitelio y el endotelio corneal cumplen importantes funciones metabólicas y de control de hidratación y transparencia del estroma, pero es la matriz colágena, de composición y disposición tan especial, la que dota de tejido corneal de sus principales propiedades estructurales y biomecánicas.

La geometría real de la córnea se alcanza principalmente por las características propias del tejido, pero también influyen otros agentes externos a los que el ojo se ve sometido, siendo el más importante la presión intraocular (PIO).

Los factores intracorneales son los inherentes a la propia estructura del tejido corneal (grosor, densidad, hidratación, composición y entrecruzamiento del colágeno). La córnea posee las características biomecánicas necesarias para equilibrar las fuerzas ejercidas por las acciones externas a la misma, de manera que mantiene estable sus cualidades ópticas proporcionadas principalmente por su espesor, curvatura y transparencia<sup>5</sup>.

El colágeno es el principal constituyente de muchos tejidos, como la piel (74%), los tendones y los ligamentos (90%), la esclerótica (90%), la córnea (64%) y el cartílago (50%). Es el principal elemento estructural de la matriz extracelular, proporcionando la forma y dotando de fuerza y flexibilidad a los tejidos. En el caso de la córnea, también está relacionado con otros procesos, como la transmisión de luz, al dotar transparencia a este tejido. El tipo de colágeno presente en una matriz extracelular condiciona sus propiedades físicas y biomecánicas<sup>6</sup>.

En este contexto, también las enfermedades generales forman parte del ambiente biológico de la córnea y pueden modificar el comportamiento y estructura del tejido corneal. Un ejemplo de ello son las enfermedades sistémicas de colágeno con posible afectación ocular, ya que como hemos dicho el colágeno es uno de los principales componentes del ojo humano, en especial del tejido corneal<sup>7</sup>.

### 1.3 ANALIZADOR DE RESPUESTA OCULAR (ORA)

Hasta hace unos años solo podíamos imaginar la existencia de una estructura corneal alterada por los síntomas y signos clínicos o por su morfología, y la única forma para evidenciar su daño estructural y valorar sus propiedades biomecánicas era con estudios *ex vivo*, confirmados en determinadas patologías, como el queratocono.

Con todos estos antecedentes y cambios de pensamiento en la forma de valorar la córnea, era necesario diseñar nuevas tecnologías para tratar de evaluar las propiedades biomecánicas de la misma. En la actualidad existen en el mercado dispositivos capaces de “medir” parámetros biomecánicos *in vivo*, como el Ocular Response Analyzer (ORA).

El ORA (figura 3), desarrollado por Reichert, es un instrumento de no contacto que proporciona medidas determinados parámetros biomecánicos de la córnea y de la PIO como son:

- **Histéresis corneal** (CH, *corneal hysteresis*; medida en mmHg): es un indicador de la capacidad corneal de absorber y disipar energía, ya que determina la absorción de energía de las materias viscoelásticas cuando realizan el ciclo de estrés-relajación o carga y descarga. La CH se describe como una propiedad biomecánica independientemente de la morfología de la córnea y sus valores no deberían estar influidos por la curvatura corneal, el astigmatismo, la longitud axial del globo ocular o la agudeza visual. La CH representa la resistencia dinámica, es decir, la relación entre la deformación y la fuerza aplicada en función del tiempo.
- **Factor de resistencia corneal** (CFR, *corneal resistance factor*; medido en mmHg): mide la resistencia mecánica total de la córnea, incluyendo viscosidad, ya que está derivado de la histéresis y de la resistencia elástica, pues en su formulación se ha correlacionado con el espesor corneal. El CRF representa la resistencia estática de la córnea a la deformación, que es proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada.
- **IOPg** o PIO correlacionada con los valores registrados mediante tonometría de aplanación de Goldmann.
- **IOPcc** (PIO compensada con la córnea): la IOPcc es una medición de la presión intraocular que utiliza la información proporcionada por la histéresis corneal para estimar una medición de la PIO que se ve menos afectada por las propiedades corneales, como el espesor o el radio de curvatura.



Figura 3: Analizador de respuesta ocular (ORA) de Reichert.

Para la obtención de estas medidas, el aparato utiliza un proceso de aplanación bidireccional dinámico. El dispositivo consta de un impulsor rápido de aire y de un sistema de monitorización electroóptica de la deformación corneal producida durante el proceso de 20 ms de duración (figura 4).

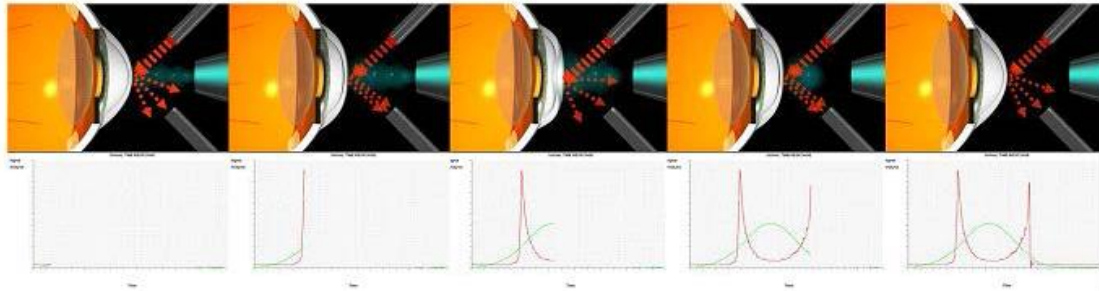


Figura 4: Representación gráfica del proceso de exploración con el ORA. De izquierda a derecha, el pulso de aire emitido va aplanando la córnea. En el momento en que la córnea se aplanan, los rayos luminosos emitidos por el aparato, son reflejados en un haz redondo similar al emitido (flechas rojas), y son recogidos por el sensor. En este momento se realiza la primera toma tensional (pico rojo en la gráfica). El aparato sigue impulsando aire a la córnea hasta provocar su concavidad, tras lo que se deja de emitir aire, y la córnea torna a su morfología convexa. Antes, pasa por un segundo momento de aplanación en que vuelve a tomarse la PIO (segundo pico en la gráfica). En la parte inferior se muestra la correspondencia de los eventos con la representación gráfica de la exploración.

Como resultado del proceso, se obtiene un gráfico compuesto por dos curvas; la primera de ellas refleja el pulso de aire emitido (curva verde), mientras que la segunda refleja los eventos de aplanación (curva roja). La curva roja muestra dos picos que corresponden a los dos eventos de aplanación que, atendiendo a ley de Imbert-Fick, reflejan la PIO. Si el comportamiento de la córnea fuese de un material elástico, ambos valores de PIO en los picos serían iguales, pero, al tratarse de un material viscoelástico, necesita un tiempo para alcanzar su configuración de equilibrio (figura 3). Esto determina que se obtengan dos valores de PIO diferentes en los dos eventos de aplanación. La diferencia entre los dos puntos de intersección de las curvas, en ambos momentos, corresponde a lo que se denomina CH, y según explica David A. Luce, es una medida de la propiedad viscosa del tejido corneal. Si la córnea fuera un material elástico, la CH sería 0.

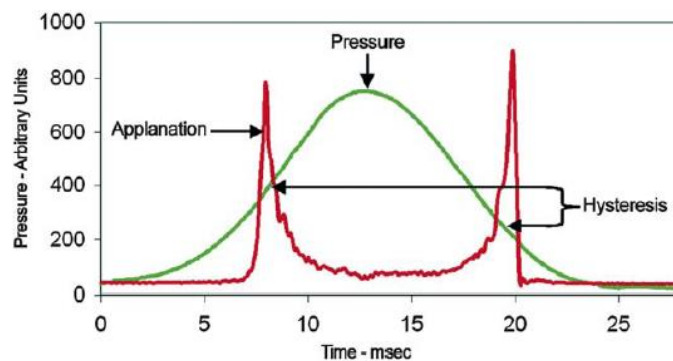


Figura 5: Representación de una señal correcta con la curva verde del pulso de aire y la curva roja que representa los eventos de aplanación y las tomas de tensión en los dos eventos de aplanación (P1 y P2).

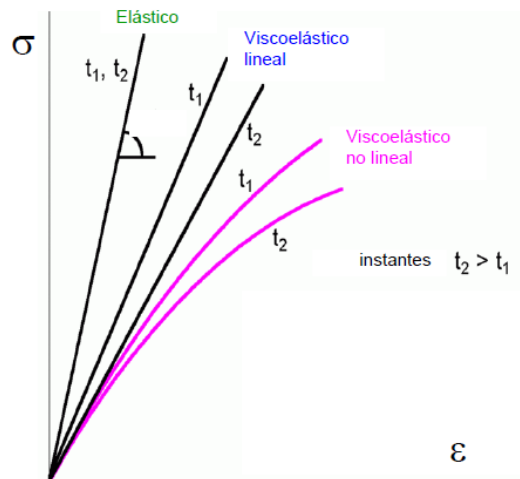


Figura 6: Gráficas de comportamiento de los distintos tejidos elásticos y viscoelásticos. Como la córnea es una material viscoelástico, necesita tiempo para alcanzar su configuración de equilibrio.

El ORA nos ofrece las curvas y los valores correspondientes a cada exploración (figura 7), y entre sus actualizaciones incluye la valoración de fiabilidad de cada toma y la selección automática de la señal con mejor calidad.

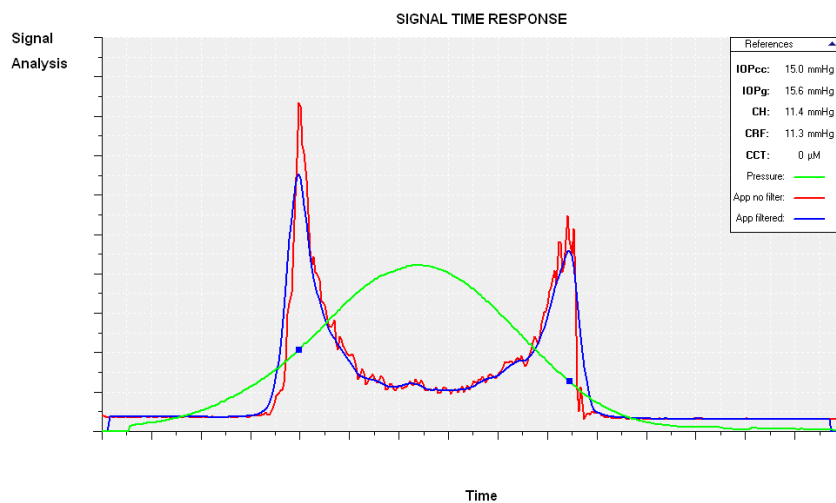


Figura 7. Imagen de una determinación con el ORA en una córnea normal, donde se aprecia la morfología de la señal y los valores obtenidos en la exploración. La línea roja representa la señal no filtrada y la línea azul la señal filtrada y libre de ruidos de fondo.

En la actualidad, sus características convierten al ORA en la primera forma de conseguir en la clínica un valor de tensión ocular de no contacto, no influido por el astigmatismo, el espesor corneal, la curvatura y las propiedades viscoelásticas corneales<sup>8,9</sup>.



## 2. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

### 2.1 JUSTIFICACIÓN

Dentro de las enfermedades denominadas “del colágeno” la artritis reumatoide (AR) es una enfermedad autoinmune crónica, caracterizada por una inflamación erosiva (sinovitis simétrica), que con frecuencia se presenta con manifestaciones extra-articulares. La superficie ocular es una de las regiones afectadas con frecuencia por esta enfermedad. Aunque la queratoconjuntivitis Sicca es la manifestación ocular más común, pueden producirse otras complicaciones más graves, como queratitis ulcerosa periférica y escleritis necrotizante. Lo que muestra que los tejidos colágenos, como la córnea son los más afectados en este tipo de enfermedades. Dado que la integridad anatómica de la mayoría de los tejidos oculares depende significativamente del tejido conectivo, se podría pensar que una colagenasa sistémica podría afectar a la biomecánica corneal. La llegada del ORA ha proporcionado la posibilidad de medir ciertos parámetros físicos/biomecánicos a nivel corneal, que podrían estar ligados a las alteraciones que presentan este tipo de patologías<sup>10</sup>.

### 2.2. HIPÓTESIS

Por todo lo referido en el epígrafe anterior, planteamos como contraste de hipótesis:

Hipótesis nula (H<sub>0</sub>): “Existe relación entre las propiedades biomecánicas de la córnea con la enfermedad del colágeno (AR)”.

Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>): “No existe relación entre las propiedades biomecánicas de la córnea con la enfermedad del colágeno (AR)”.

### 2.3 OBJETIVO

#### 2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar las propiedades biomecánicas corneales y la presión intraocular (PIO) con el Ocular Response Analyzer (ORA) en pacientes con enfermedades generales, como es el caso de enfermedades del colágeno, pero sin patología ocular evidente.

#### 2.3.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Establecer valores de normalidad para las variables analizadas con el ORA en la población sana sin patología ocular, que nos sirva de referencia para la

valoración de nuestro grupo de sujetos.

- Estudiar las características biomecánicas de las córneas en el grupo de pacientes diagnosticados de enfermedades del colágeno, más en concreto la AR, que no presenten alteraciones corneales ligadas a las mismas u otras patologías corneales que puedan producir alteración de estos parámetros.

Para investigar esta hipótesis se ha realizado un estudio transversal para evaluar parámetros biomecánicos (CRF, CH) y de PIO (IOPg e IOPcc) en pacientes con enfermedades del colágeno. Un círculo de enfermedades en las que hemos encontrado lupus eritomaso sistémico, síndrome Sjogren secundario, poliartritis inflamatoria, esclerodermia...de los que la AR resulta el grupo más numeroso y en los controles pareados por edad.

Tras la aprobación institucional y la obtención del consentimiento informado se han obtenido 68 sujetos (20 ojos pertenecientes al grupo de pacientes con AR y 48 ojos de sujetos sin enfermedades del colágeno). Todos los pacientes fueron estudiados con una evaluación oftálmica completa, y fueron excluidos aquellos con cualquier enfermedad ocular, cirugía ocular previa, antecedentes de enfermedad inflamatoria ocular, uso de cualquier medicamento que no sean lágrimas artificiales, diabetes y embarazo. Los pacientes fueron sometidos a la exploración con ORA (media de 4 mediciones).

En el muestreo del grupo de pacientes con AR se ha utilizado un diseño no probabilístico llamado muestreo consecutivo, reclutando todos los pacientes accesibles de la población que cumplieren los criterios de selección durante el periodo de reclutamiento.

Para la selección del grupo control realizamos un “muestreo a criterio” o “muestreo intencional”, de manera que fue el propio investigador quien seleccionó a aquellos individuos que consideraba más apropiados para formar la muestra. De este modo, se pudo ajustar la muestra de sujetos control a un grupo previamente reclutado de pacientes afectados de AR. Se seleccionaron sujetos sanos que cumplieran los criterios de inclusión con edades pareadas al grupo de pacientes diagnosticados de AR.

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el paquete estadístico SPSS, versión 22.0 para Windows (Statistical Package for the Social Sciences, Inc., Chicago, IL).

Para el análisis general de las variables se han empleado los métodos descriptivos básicos. Las variables cualitativas obteniendo el número de casos presentes en cada categoría y el porcentaje correspondiente y las variables cuantitativas calculando el

máximo, mínimo, media y desviación típica. Para la estadística inferencial, ante el tamaño muestral analizado, realizamos la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para la comparación de medias.

### 3. SUJETOS, MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1 SUJETOS

Se ha realizado un estudio prospectivo de las historias clínicas de los pacientes diagnosticados de enfermedades del colágeno en el Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa de Zaragoza, teniendo en cuenta la forma de presentación de la enfermedad, presencia o no de enfermedades sistémicas asociadas y su tiempo y evolución.

En el presente estudio se han analizado un total de 68 ojos de 68 sujetos (ojos izquierdos), de edades comprendidas entre 21 y 83 años.

Para ello todos los pacientes debían cumplir una serie de criterios de inclusión, es decir, los pacientes estudiados proceden de la consulta de reumatología, teniendo asociada o relacionada alguna enfermedad del colágeno.

#### 3.2 MATERIAL

Todos los pacientes del estudio fueron explorados con el analizador de respuesta ocular (ORA) de Reichert. Este dispositivo permite obtener medidas in vivo de forma incruenta y reproducible permitiéndonos determinar de este modo tanto las propiedades biomecánicas (CH, CFR), como la PIO equivalente a Goldmann (IOPg) y la PIO compensada (IOPcc) de cada individuo.

Dicho estudio se basa en propiedades biomecánicas corneales, de tal manera que el ORA será el dispositivo de referencia en este trabajo. Pero con el fin de sostener una correlación entre los valores obtenidos, realizamos además un examen de superficie ocular completo como se habitúa en la consulta de superficie del hospital.

### 3.3 MÉTODO

#### 3.3.1 EXPLORACIÓN CON EL ORA

La exploración con el ORA fue realizada del mismo modo para todos los pacientes con el siguiente protocolo de actuación:

- Control en la comodidad del paciente a la hora de la posición y distancia con respecto al dispositivo.
- Toma de 4 medidas válidas para cada ojo.
- Evaluación de las gráficas y los valores obtenidos, tanto en conjunto como individualmente así como la media entre ellos.

#### 3.3.2 EXPLORACIONES PRACTICADAS A LOS SUJETOS

Además de la prueba realizada con el ORA, a todos los sujetos se les hizo una exploración ocular mediante las siguientes pruebas complementarias, ayudando al análisis y comprensión de la alteración manifiesta que presentan los pacientes.

- Toma de agudeza visual en visión lejana con el test de Snellen a 6 m, dependiendo de si portaban corrección óptica o no.
- Medición del volumen acuoso de la secreción lagrimal mediante el test de Shrimmer, determinando así, si el ojo produce suficiente lagrime para mantenerlo húmedo.
- Test de Índice de enfermedad de la Superficie Ocular, OSDI (Ocular SurfaceDiseaseIndex): el índice OSDI es un instrumento válido y fiable para medir la intensidad del ojo seco (normal, leve, moderado y grave) y su efecto sobre la función visual. Se evalúa sobre una escala de 0 a 100, donde las puntuaciones más altas representan una mayor discapacidad. La puntuación total de todas las preguntas contestadas se relaciona con la gravedad del ojo seco según los síntomas del paciente.
- Biomicroscopía con lámpara de hendidura: tinción con verde de lisamina para la observación de células degeneradas o muertas.
- Medida de la osmolaridad de la película lagrimal: indicador indirecto de la dinámica de la lágrima tanto en su evaporación como en su secreción.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el objetivo de conocer las características biomecánicas de la córnea y la PIO en relación con la existencia de enfermedades del colágeno, se han establecido una serie de grupos con la finalidad de poder compararlos y analizar las diferentes variables. Para ello, agrupamos a los pacientes en dos grupos.

- Definimos GRUPO CASO el formado por los ojos que presentan enfermedades del colágeno, como pueden ser la artritis reumatoide, el lupus, síndrome Sjogren, etc.. Un grupo heterogéneo en el que la enfermedad más común y la que ha sido analizada ha sido la artritis reumatoide (AR).
- Para poder comparar los parámetros analizados en el grupo caso, es necesario definir patrones de normalidad en nuestra población. Para ello, se han seleccionado entre una población sana (entre los que se descarta existencia de patología ocular y sistémica), ojos de sujetos emparejado por edad respecto al grupo con artritis reumatoide, a los que llamaremos GRUPO CONTROL.

Ante el reducido tamaño del grupo a estudio (caso) decidimos aplicar test no paramétricos en la estadística inferencial para evaluar las diferencias entre las poblaciones estudiadas.

Para realizar el análisis estadístico de los grupos, en primer lugar establecemos las siguientes variables dependientes, con las que vamos a trabajar:

- IOPg (PIO correlacionada con PIO Goldmann).
- IOPcc (PIO compensada de la córnea).
- CRF (Factor de resistencia corneal).
- CH (Histéreis corneal).

Para realizar un análisis metodológicamente más correcto, analizamos un solo ojo de cada paciente.

### 4.1 ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL GRUPO CONTROL

**Estadísticos de grupo.** Determinamos las medias de los valores para cada variable a estudiar en el grupo control, formado de 48 ojos pertenecientes a 48 sujetos sanos (ojos izquierdos).

	Número	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar
Edad	48	20,64	82,63	<b>52,85</b>	17,91
PIOg	48	9,95	26,62	<b>16,14</b>	2,81
PIOcc	48	10,41	22,40	<b>15,89</b>	2,50
CRF	48	7,39	16,23	<b>11,10</b>	1,76
CH	48	8,15	14,56	<b>10,99</b>	1,55

Tabla 1. Valores para las variables analizadas con el ORA en la población sana, grupo control para un solo ojo.

#### 4.2 ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL GRUPO CASO

**Estadísticos de grupo.** Realizamos el mismo procedimiento que en el apartado anterior para el grupo control, formado de 20 ojos pertenecientes a 20 pacientes (ojos izquierdos).

	Número	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar
Edad	20	21,00	82,00	<b>85,10</b>	15,82
PIOg	20	8,80	25,01	<b>14,35</b>	3,43
PIOcc	20	9,68	24,48	<b>15,39</b>	3,87
CRF	20	7,35	15,21	<b>9,76</b>	1,99
CH	20	7,30	16,11	<b>10,03</b>	2,11

Tabla 2. Valores para las variables analizadas con el ORA en la población con AR, grupo caso para un solo ojo.

##### 4.2.1 OTRAS VARIABLES ANALIZADAS

Con respecto al grupo control realizamos unas pruebas complementarias, con el fin de complementar nuestro estudio y determinar así la influencia de la AR en los pacientes. De los datos obtenidos (ojos izquierdos) de las tres pruebas principales podemos exponer:

- El 80% de los pacientes tienen una agudeza visual (AV) con su corrección igual o superior a 0,9 Snellen. Solamente el 20% tiene una AV menor.
- La producción de lágrima con el test de Schirmer es >10 mm en 5 minutos para un 10% del grupo control; un 30% igual a 5 mm en 5 minutos y un 20% <5 mm en 5 minutos.

- Evaluando los síntomas del paciente con el test OSDI obtenemos, un 65% de los pacientes refieren una intensidad leve de ojo seco; un 10% una intensidad moderada de ojo y un 25% una intensidad grave.

### 4.3 ESTADÍSTICA INFERENCIAL

#### 4.3.1 VARIABLE EDAD

Al escoger un grupo de la población sana emparejado por edad respecto al grupo caso, es importante que ambos grupos no presenten diferencias estadísticamente significativas respecto a la edad, puesto que hay datos publicados en los que a mayor edad, menores valores de CRF y CH<sup>11</sup>, y lo que nos interesa es que ambos grupos a estudio sean lo más parecido posible.

	EDAD
U de Mann-Whitney	399,500
W de Wilcoxon	1575,500
Z	-1,084
Sig.asintótica (bilateral)	<b>0,279</b>

Al analizar la variable edad observamos que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre ambos grupos.

#### 4.3.2 VARIABLES CORNEALES (Histéresis corneal y CRF corneal)

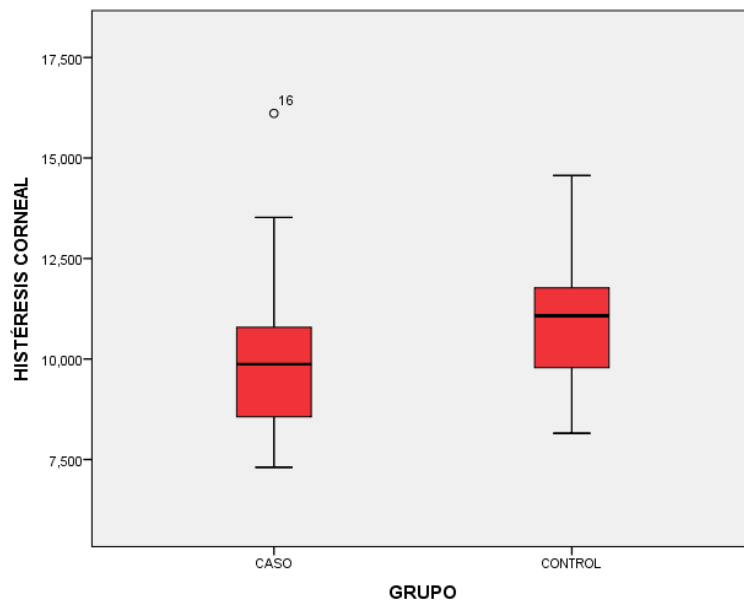
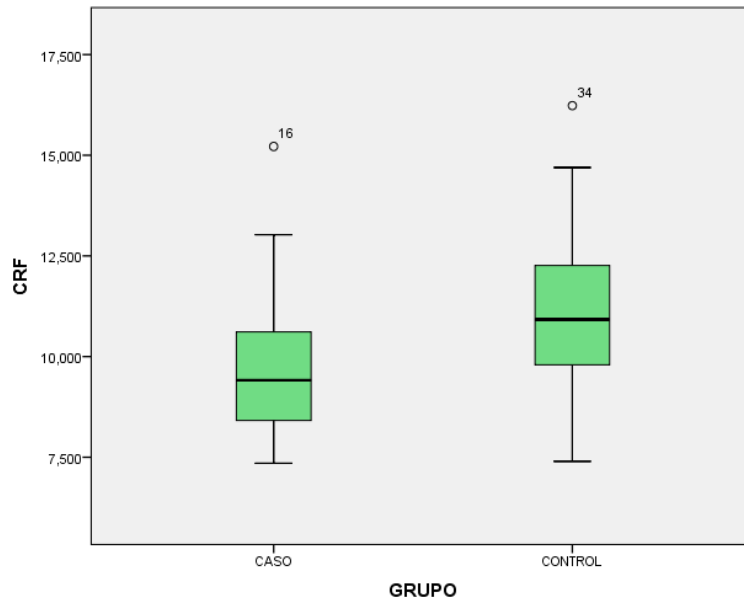
	CRF	CH
U de Mann-Whitney	256,000	305,000
W de Wilcoxon	475,000	515,000
Z	-2,894	-2,355
Sig. Asintótica (bilateral)	<b>0,004</b>	<b>0,019</b>

Existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) para las variables CRF y CH.

Los valores medios de CRF en el grupo control eran 11,10 y para el grupo caso de 9,76. Por lo tanto, podemos concluir que existen diferencias estadísticamente significativas entre pacientes sanos y pacientes afectados de AR para el CRF corneal. Con mayores

valores en la población sana.

Respecto a la media CH, en el grupo control eran 10,99 mientras que en el grupo caso de 10,03. En esta variable también encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos pero no tan grandes como en la variable CRF.



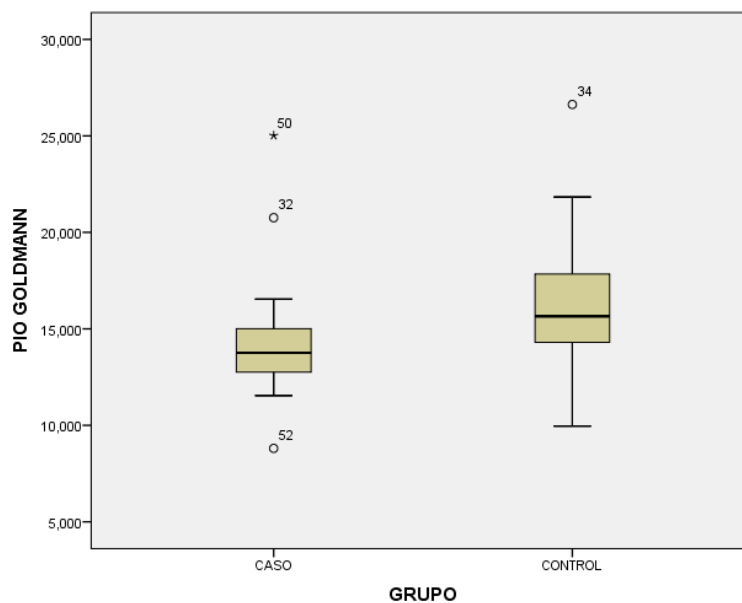


4.3.3 VARIABLES DE PRESIÓN (Presión Goldmann y presión corregida)

	IOPg	IOPcc
U de Mann-Whitney	254,000	416,000
W de Wilcoxon	464,000	626,000
Z	-3,042	-0,861
Sig. Asintótica (bilateral)	<b>0,002</b>	<b>0,389</b>

El análisis muestra diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para la variable PIO Goldmann, encontrando tensiones significativamente más altas en el grupo con artritis reumatoide. En cuanto a la variable PIO corregida no existen diferencias entre grupos.

Los valores medios de PIOg en el grupo control eran 16,14 y para el grupo caso de 14,35, corroboramos así las diferencias entre el grupo control y el grupo caso. En cuanto a las medias de la PIO corregida en grupo control y grupo caso de 15,89 y 15,39 respectivamente, no observamos diferencias estadísticamente significativas entre ellos ( $p > 0,05$ ).



Con este estudio hemos podido comparar los valores analizados (PIOg, PIOcc, CRF y CH) respecto a los pacientes con AR, con un grupo control de edad similar. La ausencia de estudios en grupos de población similar a este, nos permite realizar aportaciones

sobre los valores de las propiedades biomecánicas corneales tanto en población sana como en población con AR.

Este estudio estadístico diferencial determina que existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para las variables PIOg, CRF y CH, mientras que para la variables PIOcc no. Lo que confirma nuestra hipótesis nula.

## 5. CONCLUSIONES

Como conclusiones a nuestro estudio de la biomecánica corneal con el ORA en ojos sanos y en ojos con artritis reumatoide podemos destacar:

- Existen diferencias significativas para las variables PIOg, CRF y CH entre el grupo de ojos sanos y el grupo de ojos con artritis reumatoide. Los pacientes con artritis reumatoide presentan valores más bajos con respecto a la población sana.
- Para la variable PIOcc no hay diferencias significativas. Afirmamos por tanto, que una vez corregidas las tensiones de cada grupo según las propiedades biomecánicas de la córnea, vemos una relación entre los dos grupos.
- Al haber estudiado un grupo de la población sana, hemos establecido unos valores medios de CH y CRF que pueden servir de referencia para una población que englobe la edad ente 21 y 83 años.
- Al realizar el presente estudio hemos podido constatar una serie de parámetros biomecánicos de sospecha entre un grupo de pacientes sanos y un grupo de pacientes con artritis reumatoide, y comprobar que la variable PIOcc que nos proporciona el ORA nos presenta una PIO más real en casos donde las córneas se encuentran biomecánicamente alteradas.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Fung YC. The mechanical properties of living tissues. En: Fung YC. Biomechanics. New York: Springer-Verlag, 1981. pp. 221-30.
2. Del Buey MA, Lanchares E, Cristóbal JA, Lavillas L. Simulación numérica del esfuerzo estructural de segmentos intracorneales sobre la biomecánica ocular. En: Cezón J. Técnicas de modelado corneal. Desde la ortoqueratología al cross-linking. Madrid: Mac Line. Monografía de la SECOIR, 2009. pp. 263-71.
3. Wells AP, Garway-Heath DF, Poostchi A, Wong T, Chan KCY, Sachdev N. Corneal hysteresis but not corneal thickness correlates with optic nerve surface compliance in glaucoma patients. Invest Ophthalmol Vis Sci 2008; 49: 3262-8.
4. Villa, C y Santodomingo, J. (2010) “La córnea. Parte I. Estructura, función y anatomía microscópica” en Gaceta Óptica, órgano oficial del Colegio Nacional de Ópticos-Óptometristas de España, ISSN 0210-5284, N°. 454, págs.14-18.
5. Peris Martínez C, Del Buey MA. Biomecánica y arquitectura corneal. S.A.ELSERVIER ESPAÑA. 2014.
6. Maurice DM. The structure and transparency of the cornea. J Physiol 1957; 13: 6263.
7. Karampatakis V, Konidaris V, Michailidou M, Gerofotis A, Daniilidis M. Peripheral corneal ulceration associated with rheumatoid arthritis. Am J Case Rep 2013; 14: 318-21
8. Papaconstantinou D, Georgopoulos G, Kalantzis G, Krassas A, Georgalas I. Peripheral ulcerative keratitis after trabeculectomy in a patient with rheumatoid arthritis. Cornea 2009; 28; 111-3.
9. Cristóbal Bescos JA, Ascaso Puyuelo FJ, Del Buey MA. Estudio de la biomecánica corneal: Relación entre las propiedades biomecánicas corneales, determinadas mediante el Analizador de Respuesta Ocular ORA y la patología ocular (Thesis Doctoralis). Zaragoza: Universidad de Zaragoza. 2013. pp. 47-52.
10. Luce DA. Determining the in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. J Cataract Refract Surg 2005; 31: 156-62.
11. J Curr Ophthalmol. 2016 Jun 11; 28(3):117-22. Age-related variations in corneal biomechanical properties. Sharifipour F1, Panahi-Bazaz M1, Bidar R1, Idani A2, Cheraghian B3.