



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
CARRERA DE TECNOLOGÍA MÉDICA
TECNOLOGÍA MÉDICA MENCIÓN OFTALMOLOGÍA Y CONTACTOLOGÍA

Patrones topográficos y datos biométricos que diferencian un astigmatismo de un queratocono en pacientes que se realizaron topografía Pentacam en servicio de oftalmología en el Hospital Naval Almirante Nef entre los años 2014-2018.

Tesis para optar al grado académico de Licenciado en Tecnología Médica con
Mención en Oftalmología y Contactología

Paula Olivares Cuello
Gustavo Villarroel Ogalde
Tutor: Juan López Cisternas

Valparaíso, 2018.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a nuestro tutor de la investigación el profesor Tecnólogo Médico Juan López Cisternas, por su gran disposición para ayudarnos en todo momento a lo largo de este trabajo.

También agradecer a Priscila Huerta quien fue parte inicial de este proyecto y aportó en la planificación del proyecto.

De igual manera, agradecer por entregarnos un poco de su tiempo a Sergio Campos y Felipe Condon por asesorarnos en algunas dudas del análisis estadístico.

1 RESUMEN

CAPÍTULO 1

1. RESUMEN

El queratocono en su expresión natural, manifiesta la presencia de un astigmatismo corneal que puede ir progresando con el tiempo. Es por esto, que el propósito de este estudio fue comparar ciertos patrones topográficos y datos biométricos, presentes tanto en pacientes con queratocono y en pacientes con astigmatismo corneal no patológico, entregados por el equipo Oculus Pentacam, y que frecuentemente no son considerados de interés en el estudio del queratocono.

Corresponde a un estudio de carácter descriptivo, retrospectivo y transversal, donde se realizó una comparación de medias de la profundidad de la cámara anterior y del ángulo iridocorneal inferior mediante pruebas de hipótesis.

De una muestra de 222 ojos se obtuvo que la media de la profundidad de la cámara anterior en pacientes con astigmatismo fue de $2,96 \pm 0,35$ mm, mientras que en los pacientes con queratocono fue de $3,20 \pm 0,43$ mm. En cuanto al ángulo iridocorneal inferior, se obtuvo de una muestra 113 ojos, con una media de $36,79 \pm 7,01^\circ$ para los astigmatas y una media de $40,49 \pm 4,92^\circ$ para los pacientes con ectasia corneal. En ambos casos se observaron diferencias estadísticamente significativas.

Se puede concluir que los datos biométricos entregados por los topógrafos corneales, aportan información interesante para ser utilizados para el análisis diagnóstico del queratocono.

Palabras claves: *Queratocono, Astigmatismo, Topografía corneal.*

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	4
1.RESUMEN	4
CAPÍTULO 2	8
2.INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO 3	14
3.MARCO TEÓRICO	14
3.1Anatomía y fisiología ocular	14
3.2Anatomía y fisiología de córnea	17
3.3Vicios de refracción	21
3.4Ectasias corneales	25
3.5Instrumentos destinados a la medición de la superficie corneal	28
3.6Presentación de la información topográfica	31
3.6.1Índices topográficos	33
3.6.2Mapas de color	33
CAPÍTULO 4	37
4.HIPÓTESIS	37
CAPÍTULO 5	39
5.OBJETIVOS	39
5.1Objetivo general	39
5.2Objetivos específicos	39
CAPÍTULO 6	42
6.MATERIALES Y MÉTODOS	42
6.1Tipo de estudio	42
6.2Lugar de realización	42
6.3Población y muestra	42
6.4Criterios de inclusión y exclusión	43
6.4.1Criterios de inclusión	43
6.4.2Criterios de exclusión	43
6.5Instrumentación	44

6.6	Sistema de recolección de la información	47
6.7	Variables del estudio	49
6.8	Método estadístico de análisis de la información	50
CAPÍTULO 7		52
7.RESULTADOS		52
CAPÍTULO 8		58
8.DISCUSIÓN		58
CAPÍTULO 9		64
9.CONCLUSIÓN		64
CAPÍTULO 10		67
10.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		67
CAPÍTULO 11		73
11.ANEXOS		73

2 INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 2

2. INTRODUCCIÓN

El queratocono literalmente significa “córnea en forma de cono”. Se trata de una enfermedad no inflamatoria, clasificada dentro de las ectasias corneales, que cursa con adelgazamiento progresivo, protrusión anterior en forma cónica de la córnea, y un empeoramiento gradual de la visión para aquellos pacientes que la padezcan. En la actualidad no se ha encontrado una etiología única, sin embargo, se plantea que una de las primeras manifestaciones del queratocono es la presencia de un astigmatismo irregular o el aumento progresivo en corto tiempo de un astigmatismo corneal. Pese a ello, existen pacientes que poseen un astigmatismo elevado, que no son propensos a padecer de queratocono.

Hoy en día para detectar a tiempo un queratocono se hacen diferentes exámenes, predominando la topografía corneal como principal examen para lograr pesquisar y apoyar al diagnóstico lo más acertado posible a aquellos pacientes que padezcan de alguna patología corneal. Los topógrafos más precisos son aquellos que contienen un sistema de cámaras de Scheimpflug. Es así, como a través del topógrafo se pueden obtener distintos datos topográficos, biométricos y queratométricos, para que el especialista pueda dar un posible diagnóstico, y llegar finalmente a confirmar si el paciente posee alguna ectasia, queratocono, o sospechas de estos mismos, o simplemente presentar un astigmatismo alto.

Sin embargo, a pesar de que se obtienen todos estos datos, e inclusive índices y rangos establecidos para detectar alguna anomalía en la córnea, existen aquellos pacientes astigmatas que solo poseen ciertos datos, índices o rangos fuera de lo normal, o incluso

algunos que solamente tiene un astigmatismo elevado, y debido a que no cumplen los parámetros esperados para un queratocono, finalmente solo quedan diagnosticados como “sospecha de queratocono”.

Es por lo anterior, que en esta investigación se propone analizar y comparar algunos patrones topográficos y valores biométricos del segmento anterior, tales como la profundidad de cámara anterior, la amplitud del ángulo iridocorneal y el astigmatismo de cara posterior, de aquellos pacientes diagnosticados con queratocono, frente aquellos pacientes que estén diagnosticado con astigmatismo corneal, y que frecuentemente no son considerados en el estudio de las ectasias corneales, con el fin de observar algún valor diferenciador entre estos dos, y que oriente al apoyo diagnóstico.

Para este estudio se utilizó una población correspondiente a los datos de exámenes presentes en la base de datos del Topógrafo Oculus Pentacam del servicio de Oftalmología en el Hospital Naval Almirante Nef entre los años 2014-2018. La muestra fue de la misma población anteriormente citada, disponiendo para este estudio una muestra de 222 exámenes de topografía corneal, perteneciente a 123 pacientes. Estos datos fueron vinculados a un número para poder identificarlos, siendo utilizado para esto solamente los datos provenientes de las topografías, sin la participación o el historial de los pacientes, con la finalidad de resguardar datos personales de los pacientes estudiados, respetando lo indicado en la ley n°20.584 de derechos y deberes de los pacientes.

Dentro de los criterios de exclusión para este estudio se descartan aquellos datos obtenidos de pacientes que hayan sido sometidos a algún tipo de cirugía ocular previo a la realización de la topografía, datos que presenten alguna alteración por uso de lentes de contacto, además de quienes fueron diagnosticados por alguna ectasia que no sea queratocono, y por último se descartaron aquellos datos de exámenes de menores de 18 años.

En aquellas topografías con registro de queratocono, se procedió a la revisión de los índices topográficos entregados por el Oculus Pentacam, dichos índices debían estar marcados, en su mayoría, como patológico.

En aquellas topografías que presentaron registro de diagnóstico de astigmatismo, se procedió a confirmar esto mediante la revisión de los Índices topográficos entregados por Pentacam, estos no debían tener ningún tipo de señalización de anormalidad o patología.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa IBM SPSS Statistics 23, y el programa GraphPadPrism Versión 6 para Windows.

Las variables numéricas se describieron como media \pm desviación estándar (SD) y mediante intervalos de confianza al 95%, mientras que las cualitativas lo fueron mediante frecuencias.

Se usó un test de Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de las distribuciones. Posteriormente, para estudiar las diferencias entre medias muestrales, se utilizaron los test estadísticos paramétricos y no paramétricos según las condiciones de aplicación, realizándose un análisis unilateral con un nivel de significación considerado para un $p < 0,05$. Además, se utilizó la prueba Chi-cuadrada para analizar la asociación entre variables cualitativas.

En cuanto a los resultados de la investigación se obtuvo que la muestra final estuvo compuesta por 124 ojos con ametropía astigmática y 98 ojos patológicos (222 ojos en total que contenían cuatro de las cinco variables a analizar), pertenecientes a 67 y 57 sujetos respectivamente. De estos, 60 ojos con ametropía y 53 ojos patológicos contenían en su registro de examen las cinco variables de interés.

Los resultados obtenidos para la profundidad de cámara anterior, en aquellos ojos con astigmatismo, la media fue de $2,96 \pm 0,35$ mm. Y en los ojos con queratocono la media fue de $3,20 \pm 0,43$ mm, existiendo diferencias estadísticamente significativas al comparar ambos grupos.

Con respecto al astigmatismo de la cara posterior de la córnea, la media de los ojos con astigmatismo fue de $0,71 \pm 0,49$ Dp, mientras que en los ojos con queratocono la media fue de $0,8 \pm 0,82$ Dp, no encontrándose diferencias significativas al comparar ambos grupos.

En lo que respecta a la variable de la dirección del astigmatismo de la cara posterior, se obtuvo que, en los ojos con astigmatismo, 122 ojos (98,3%) poseen un astigmatismo de tipo inverso o en contra de la regla, y tan solo 2 ojos (1,7%) poseen un astigmatismo de cara posterior de tipo oblicuo, y no se obtuvo ningún astigmatismo de cara posterior de tipo directo o a favor de la regla. Y en aquellos ojos con queratocono, se obtuvo que 78 ojos (79,6%) poseen un astigmatismo de cara posterior de tipo inverso o en contra de la regla, 17 ojos (17,3%) poseen astigmatismo de cara posterior de tipo oblicuo, y finalmente 3 ojos (3,1%) con astigmatismo de cara posterior directo o a favor de la regla.

En relación al ángulo inferior, en aquellos ojos con astigmatismo se obtuvo una media de $36,79 \pm 7,01^\circ$. Mientras que en los ojos con queratocono se obtuvo una media de $40,49 \pm 4,92^\circ$, encontrando diferencias significativas al comparar ambos grupos.

Por otro lado, al obtener los resultados del análisis descriptivo de la variable del ángulo superior se obtuvo que la media de los ojos con astigmatismo fue de $31,84 \pm 8,2^\circ$, y en los ojos con queratocono la media fue de $35,38 \pm 9,85^\circ$, encontrando diferencias significativas al comparar ambos grupos.

Al establecer los intervalos de confianza entre los ojos con queratocono con respecto a los ojos con astigmatismo, se obtiene que los valores para la profundidad de la cámara anterior en ojos con astigmatismo son $[2,9 - 3,0]$ y los con queratocono son $[3,1 - 3,3]$, y para los ángulos inferiores $[34,9 - 38,6]$ en ojos con astigmatismo y $[39,1 - 41,8]$ en ojos con queratocono. Al compararse estos intervalos de confianza, y no generar un solapamiento entre ellos, se puede concluir que estos parámetros serían útiles a la hora de diferenciar ojos con astigmatismo de aquellos ojos con queratocono, y de esta forma complementar el posible apoyo diagnóstico.

De esta investigación se puede concluir que se logró encontrar al menos dos variables de las cinco estudiadas que nos puedan permitir diferenciar entre un paciente con astigmatismo de uno con queratocono. Estas variables son principalmente de tipo biométricas, como la profundidad de la cámara anterior, y el ángulo iridocorneal inferior. Debido a que se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos, y además entre los intervalos de confianza no existiría un solapamiento entre los datos.

Dentro del estudio también se encontró dos resultados que no se esperaban, el primero fue haber obtenido una diferencia significativa en el ángulo superior al comparar ambos grupos de ojos, de tal forma que considerando la teoría del queratocono no se tendría el fundamento suficiente para explicar por qué se encontró dicha diferencia, se recomienda de esta forma estudiar en un futuro de qué manera afecta el queratocono en el ángulo superior.

La segunda fue obtener una diferencia significativa entre el ángulo superior e inferior en ojos con astigmatismo. Se espera encontrar una justificación en estudios futuros sobre el tema.

Se recomienda para estudios posteriores tener en cuenta las ametropías esféricas como lo son la miopía y el astigmatismo, para que de esta forma se logren resultados más exactos en cuanto al cálculo de la profundidad de la cámara anterior y del ángulo iridocorneal.

3 MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 3

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Anatomía y fisiología ocular

El globo ocular es un órgano que se encuentra alojado en las cavidades orbitarias, posee una forma casi esférica con un diámetro aproximado de 23 mm, cuya función principal es convertir la luz en señales nerviosas que posteriormente serán procesadas en el cerebro, lo que lo hace uno de los órganos más complejos del cuerpo humano.^{1,2}

En un corte transversal del ojo se distinguen tres capas, una túnica externa, denominada esclera o esclerótica de tipo fibroso, más resistente que las otras debido a su formación de haces de colágeno de tamaño y forma variable, se localiza hacia adelante la córnea, la cual se prolonga hacia atrás con la esclera, esta última rodea y protege el globo ocular hasta la salida del nervio óptico.^{3,4} Una túnica media, de carácter vascular, que se conoce como úvea y que por delante constituye el iris, en su parte intermedia el cuerpo ciliar, y hacia atrás, en contacto con la retina, la coroides, que proporciona nutrición e irrigación.^{1,3} Finalmente, una túnica interna sensorial, conformada por la retina, que abarca toda la parte interna del globo ocular, esta se prolonga hacia adelante sobre el cuerpo ciliar en forma del epitelio no pigmentario y tiene la función de recoger, elaborar y transmitir sensaciones visuales gracias a las diez capas que la conforman.³

En el interior del globo ocular se encuentra el humor acuoso que llena la cámara anterior, también se encuentra el cristalino y una sustancia gelatinosa llamada humor

vítreo que tiene contacto directo con la retina y, además, entrega consistencia al ojo dando soporte estructural.^{1,3}

El bulbo ocular está dividido en tres cavidades de distinto tamaño.⁵ La cámara anterior, que está delimitada anteriormente por endotelio corneal y posteriormente por la cara anterior del iris y el área pupilar.^{3,5}

La cámara anterior presenta una distancia antero-posterior de 3 a 4 mm en su porción central, y tiende a estrecharse hacia la periferia, donde se encuentra el ángulo camerular o ángulo iridocorneal, estructura de gran importancia por alojar el sistema de evacuación del humor acuoso.^{3,5}

La profundidad de la cámara anterior puede variar de manera proporcional según el largo axial del ojo, por lo que, en pacientes miopes, debido a su eje axial mayor, esta tiende a ser mayor, mientras que, en el caso contrario, en un paciente hipermetrope, tiende a ser más estrecha.³ También, puede variar según los cambios de curvatura que pueda sufrir la córnea en su eje central, al haber un aumento o descenso de la elevación corneal.⁶

En un estudio donde se buscó valorar la profundidad de la cámara anterior comparando distintas técnicas de biometría, se concluyó que el valor de profundidad de la cámara anterior en pacientes que no presentan patología corneal medida mediante un topógrafo con disco de Plácido, arrojó un promedio de 3.0 mm con una desviación estándar de ± 0.35 mm.⁷ Por otra parte, en un estudio observacional, cuyo objetivo era caracterizar la cámara anterior, se obtuvo que la mediana de la profundidad de la cámara anterior en 1140 exámenes, mediante un topógrafo con cámara rotatoria de Scheimpflug y disco de Plácido es de $3.01 \text{ mm} \pm 0.28$.⁸

En otro estudio, donde se buscó la repetibilidad del examen y el nivel de acuerdo de la medida de la profundidad de la cámara anterior mediante tres equipos con funcionamiento distinto, se concluyó que el promedio de la cámara anterior en pacientes sanos mediante un topógrafo con cámara rotatoria de Scheimpflug y disco de Plácido es de 3.438 mm \pm 0.383, mientras que en un topógrafo con disco de Plácido es de 3.399 mm \pm 0.373, donde el primero presentó la mejor repetibilidad.⁹

La cámara posterior del ojo se comunica con la cámara anterior a través de la pupila. Es de forma anular y está delimitada anteriormente por la cara posterior del iris y el área pupilar, y posteriormente por la zónula y la cara anterior del cristalino.^{3,5,10}

Finalmente, la cámara vítrea, está delimitada anteriormente por la cara posterior del cristalino y la zónula ciliar. Hacia posterior se aprecia íntimamente adherida a la retina.⁵ Dentro de esta se encuentra el cuerpo vítreo, gel transparente y avascular, rico en agua, fibras de colágeno y ácido hialurónico, conformando dos tercios del volumen y peso del ojo.^{1,3,4,5}

El ángulo iridocorneal de la cámara anterior está formado por la cara posterior de la córnea cuando se une a la esclerótica, y el iris cuando se desprende del cuerpo ciliar, teniendo como función el drenaje del humor acuoso.^{1,10}

Dado que el ángulo camerular es parte de la cámara anterior, cualquier variación en la profundidad de esta última, afectará al ángulo en su abertura, a mayor profundidad mayor abertura.³ Se ha descrito según el sistema de clasificación de Shaffer, el cual asigna un grado numérico al ángulo formado por el endotelio corneal y la cara anterior del iris, donde el grado 4 corresponde a ángulos entre los 35-45° y el grado 3 a ángulos entre 20-35°, el grado 2 y 1 corresponden a 10-20° y <10° respectivamente. Esta clasificación considera ángulos estrechos al grado 1 y 2, diferenciándose en que en el grado 1 el cierre de ángulo es de riesgo alto, lo que puede llevar a un daño de la

estructura ocular al no poder drenar el humor acuoso, mientras que en el grado 2 este cierre es poco probable.^{11,12}

3.2 Anatomía y fisiología de córnea

La córnea es la estructura ocular de mayor poder refractivo del ojo humano y uno de los tejidos principales sobre el que se apoyan las lentes de contacto, es por ello que su estudio ha causado interés para el profesional de la visión. Tiene la característica de ser avascular y estar rodeada de fluidos, por la película lagrimal hacia anterior y humor acuoso hacia posterior, además, de representar una sexta parte de la circunferencia del ojo teniendo una forma oval. En su periferia gradualmente se transforma en esclera, siendo el limbo la zona de transición entre ambas estructuras. Dentro de sus propiedades físicas encontramos que tiene un diámetro de 11,7 mm horizontal y 10,6 mm vertical, su espesor central es de aproximadamente 535 micras, posee un radio de curvatura hacia anterior de 7,8 mm y por posterior de 6,2 mm a 6,8 mm. Al ser la estructura que representa las dos terceras partes de la refracción total del ojo, sus valores alcanzan 48 dioptrías por su cara anterior, y -5.88 dioptrías por su cara posterior, dando un total de 43 dioptrías. Posee un índice de refracción de 1.376, que está contenido por 78% de agua, un 15% de colágeno y finalmente por un 5% de otras proteínas.⁴

En literatura se describe que la córnea se diferencia en 5 capas, sin embargo, distintos estudios postulan una sexta capa, denominada capa de Dua.¹³ El orden desde su superficie anterior a la posterior es: epitelio corneal, membrana de Bowman, estroma corneal, capa de Dua, membrana de Descemet y endotelio corneal. Además de reconocerse que existe una fina membrana basal por debajo del epitelio corneal.¹⁴

La córnea posee dos funciones fundamentales, la primera consiste en permitir la transmisión de la luz y, mediante la refracción, ayudar a su focalización en el fondo de

ojo, y la segunda es la de proteger las estructuras intraoculares.⁴ Es por esto que cada una de las capas posee funciones específicas y se dividen en las siguientes:

El epitelio corneal que se subdivide en una serie de funciones, una de ellas, qué sería de tipo óptica, tiene como objetivo mantener la transparencia y un gran poder refractivo. Al ser la capa que se encuentra hacia posterior tiene la función de protección física frente algún trauma externo, además de actuar como barrera a los fluidos y a los microorganismos. Finalmente, tiene un rol de estabilizador de la lágrima, esto es posible a través de sus microvellosidades, que son prolongaciones membranosas digitiformes propias de ciertas células, entre ellas las del epitelio.^{5,14}

El epitelio corneal está compuesto por 3 a 5 capas que se distribuyen en tres estratos: superficial o escamoso, media o alada y profundo o basal. Las células más superficiales son escamosas planas superpuestas, similares a las células epiteliales más superficiales de la piel, pero, a diferencia de estas, no están queratinizadas. Las capas medias constan de células aladas, que reciben este nombre porque poseen prolongaciones que sugieren ese aspecto. Por último, la capa más interna o de células basales, está formada por células columnares muy juntas que poseen el metabolismo más activo, son capaces de originar o reproducir nuevas células.^{5,14}

La superficie de las células forma extensiones que encajan en indentaciones correspondientes de células adyacentes y están conectadas por cuerpos de inserción (desmosomas). Las células basales están conectadas con la membrana basal por hemidesmosomas. Las células epiteliales contienen filamentos de queratina que las atraviesan y transportan fluidos. La redistribución de estos fluidos entre las células epiteliales centrales y las medias periféricas parece ser la causa de los cambios en el grosor epitelial.^{5,14}

Al tratarse el epitelio corneal de un epitelio de descamación, tienen que existir los medios para que las células se renueven de forma continuada, esto se explica por medio

del concepto de célula primordial (célula madre o Stem cell), la cual está localizada en el epitelio basal del limbo corneal.¹⁵ La célula primordial se divide en dos células, una de ellas no pierde su condición de primordial y es la otra la que, por medio de mitosis que amplifican la división, mantiene línea hacia la diferenciación terminal.¹⁶ Según la teoría del movimiento de Thoft y Friend, la célula que se va a diferenciar continuará dividiéndose y sufriendo una migración centrípeta desde el epitelio basal del limbo y, posteriormente, hacia la superficie, para terminar descamándose en la lágrima.^{5,17} La velocidad de la migración centrípeta se ha calculado en 123 μm por semana y el ciclo de vida de las células epiteliales ha sido estimado en alrededor de 7 días.¹⁸

La membrana de Bowman es una capa de tejido transparente de aproximadamente 17 micras. Se trata de una capa acelular que al microscopio electrónico parece estar constituida por fibrillas uniformes de colágeno tipo I. Está adherida a la membrana basal del epitelio corneal por medio de fibras de colágeno tipo VII, además de otras estructuras o proteínas que contribuyen a la compleja adherencia al epitelio, incluyendo fibronectina. Una característica importante es que esta capa no puede regenerarse frente algún daño que se le presente.¹⁴

El estroma corneal constituye el 90% del espesor corneal y tiene un grosor aproximado de 500 micras, formado por fibras de colágeno tipo I y II, queratocitos y matriz.¹⁴

El colágeno estromal está altamente organizado formando lámelas en forma de red, estas fibras de colágeno en cada lámela corren paralelas unas a otras y van de limbo a limbo, son de muy similar calibre, y están uniformemente espaciadas. Esta red lamelar presenta diferencias regionales, entrecruzándose más densamente en el tercio anterior que en los dos tercios posteriores, donde se disponen paralelas a la superficie corneal. Las lámelas sólo están adheridas laxamente entre sí. La matriz extracelular está fundamentalmente compuesta de colágeno y proteoglicanos (glicoproteínas) que mantienen uniones entre

las fibras de colágeno estromales. El mantenimiento de la disposición y el espaciado regular del colágeno es básico para la claridad óptica.¹⁴

El colágeno y los proteoglicanos son fabricados por fibroblastos (también conocidos como queratocitos). Su forma es plana, de modo que ellos también se ubican paralelos a la superficie y sus extensiones se entrelazan entre sí mediante uniones tipo gap. Existen alrededor de 2,4 millones de queratocitos y su densidad se estima que es un 30% superior en el estroma anterior que en el posterior. Se conoce que participan en la estabilidad de las lámelas y juegan un papel primordial en la cicatrización después de la cirugía refractiva cornea.¹⁹

La membrana de Descemet tiene entre 2 y 20 micras de grosor. Es una lámina aislada formada por un fino enrejado de fibrillas de colágeno, diferentes al del colágeno que está en el estroma corneal. Consta de una zona estriada anterior, que se desarrolla en la fase embrionaria, y otra no estriada posterior que se establece a lo largo de la vida, es así como al nacer esta membrana tiene aproximada 3 micras de grosor y va aumentando 1 micra por década. Su función fundamental es dar soporte u adhesión a las células del endotelio.^{4,5}

El endotelio corneal se trata de una capa única de células escamosas de unas 5 micras de espesor, que tiene como función regular el fluido que entra a la córnea desde la cámara anterior. Está compuesta por células predominantemente hexagonales con un área aproximada de 18 micras, es importante precisar que después del nacimiento estas células no se reproducen, es por esto que a medida que pasan los años hay una pérdida de la densidad endotelial, es así que cuando una célula endotelial muere, las vecinas rellenan el espacio modificando su tamaño (polimegatismo) y forma (pleomorfismo). Se cree que el número mínimo de células endoteliales necesarias para mantener la transparencia corneal es de 700 a 1000 células / mm.^{2,20}

3.3 Vicios de refracción

Se denomina vicio de refracción a la consecuencia no patológica de una relación inarmónica entre los elementos ópticos (córnea y cristalino) y el largo axial del ojo (diámetro anteroposterior), o una falta de acomodación.⁵

Un ojo emétrepe es aquel que en su estado refractivo los rayos paralelos de luz provenientes de un objeto distante caen en el foco de la retina, logrando de esta manera, que la imagen se vea nítida. Por otro lado, cuando estamos frente a un ojo con ametropía, los rayos que proceden del infinito no focalizan en la retina, por lo tanto, la imagen que es percibida no se ve nítida.⁵

Las ametropías se pueden clasificar tanto en esféricas como en cilíndricas, siendo una ametropía de tipo esféricas cuando todos los rayos se cruzan en el mismo punto del eje visual, pero hacen foco ya sea por delante de la retina o por detrás de esta. Las ametropías de tipo cilíndricas hacen referencia a cuando no todos los rayos hacen foco en el mismo punto del eje visual.^{5,21}

Dentro de las ametropías esféricas podemos encontrar la miopía y la hipermetropía, las causas que provocan este tipo de ametropía pueden ser variadas, entre las más comunes se encuentran la longitud axial del globo ocular, ésta se produce cuando la longitud del ojo es mayor o menor de lo normal, por lo tanto, los rayos focalizan antes o después de la retina. También se puede dar por la curvatura de la córnea, siendo ésta, mayor o menor, lo que conlleva a un poder refractivo mayor o menor que hará que los rayos procedentes del infinito convergen antes o después de la retina. Otra causa puede ser la

oblicuidad, donde el plano, normalmente del cristalino, no es perpendicular al eje visual. En el caso de la ausencia de cristalino, que es lo que definimos como afaquia, los rayos convergen más lejos de la retina, generando también una ametropía de tipo esférica.^{5,22}

La miopía se caracteriza por presentar una potencia refractiva excesiva de manera que, en ausencia de acomodación, los rayos paralelos provenientes del infinito, una vez que han atravesado el sistema óptico, convergen en un punto por delante de la retina (foco imagen), siendo esta la imagen nítida, mientras que en la retina se formará una imagen borrosa (foco objeto).²¹

En la hipermetropía el ojo presenta una potencia refractiva deficiente de manera que, en ausencia de acomodación los rayos paralelos procedentes del infinito una vez que han atravesado el sistema óptico ocular, convergen en un punto por detrás de la retina, formando en esta última una imagen clara o nítida, y virtual, mientras que en la retina se formará una imagen borrosa.^{21,22}

Por último, el astigmatismo, que es una ametropía cilíndrica, que desde el punto de vista refractivo se trata de un defecto en la curvatura de los medios refringentes que impide la convergencia de los rayos luminosos en un solo foco, de tal forma que la imagen de un punto objeto no se corresponde con un punto imagen, si no con varios, definiéndose dos focales principales, perpendiculares entre sí, y separadas por una distancia dependiente de la diferencia de potencia entre los dos meridianos principales. Esta diferencia se produce por la forma elíptica de la córnea, a mayor diferencia entre meridianos, mayor será el astigmatismo.^{21,22}

Existen distintos tipos de astigmatismo, y es posible clasificarlo en cuanto a la perpendicularidad y regularidad de los meridianos principales, según la curvatura y orientación de sus meridianos, y por último por su magnitud o grado del astigmatismo.⁵

De esta manera según la perpendicularidad y regularidad de los meridianos principales encontramos dos subdivisiones, el astigmatismo regular que es cuando los meridianos principales son perpendiculares entre sí, y su refracción es constante a lo largo de cada meridiano. Este tipo de astigmatismo es el más común, y mediante corrección óptica se puede compensar, ya sea con el uso de lentes cilíndricas (gafas), o lentes de contacto (blandos o rígidas tóricas), las cuales tienen diferente potencia en sus dos meridianos principales y que es una de las características importante para compensar este vicio de refracción.^{5,21}

Por otro lado, el astigmatismo irregular, que es cuando los meridianos principales no se encuentran perpendiculares entre sí, la refracción puede variar en los distintos puntos de cada meridiano. Este tipo de astigmatismo ha sido de interés de investigación porque su frecuencia estaría originado, entre otros factores, por lesiones, quemaduras, pero principalmente con la aparición del queratocono. Es por esto que se tiende a complicar el diagnóstico a la hora de evaluar un paciente con este tipo de astigmatismo, ya que se podría estar frente a un posible diagnóstico de queratocono.⁵ Su corrección presenta dificultades al no poderse fabricar lentes oftálmicas cuyos meridianos principales no sean perpendiculares, en caso que tenga un origen corneal este tipo de astigmatismo se pasa a corrección con lentes de contactos especiales, u otras intervenciones más específicas.^{5,21}

Según la curvatura y orientación de sus meridianos: El astigmatismo directo o con la regla, se caracteriza por que uno de sus principales meridianos está a $90^\circ \pm 30^\circ$, siendo este, el meridiano vertical, más curvo que el horizontal, a diferencia, el astigmatismo inverso o contra la regla, donde uno de sus meridianos principales se encuentra entre 0° - 30° y 150° - 180° , con el meridiano horizontal el de mayor curvatura. Por último, está el astigmatismo oblicuo, que se caracteriza por que sus dos principales meridianos se encuentran entre $135^\circ \pm 30^\circ$ y $45^\circ \pm 30^\circ$.²¹

Y, por último, la magnitud o grado del astigmatismo, se puede clasificar como astigmatismo insignificante a aquel que mide de 0,25 Dioptrías hasta 0,75. El astigmatismo bajo es el que se encuentra entre 1,00 Dioptrías hasta 1,50 Dioptrías. El astigmatismo moderado va de 1,75 Dioptrías hasta 2,50 Dioptrías. Y por último el astigmatismo alto que es todo aquel mayor de 2,50 Dioptrías.²¹

Este tipo de vicio de refracción, dentro de sus características y clasificaciones, hace especial énfasis a lo que es el astigmatismo de la cara anterior de la córnea, el cual se denomina astigmatismo anterior, y es en el cual el especialista se basa, principalmente, para dar la refracción final que compensará dicho astigmatismo. Pero en los últimos años se han hecho estudios de cómo puede afectar en el comportamiento dióptrico de la refracción los distintos componentes internos que influyen, en mayor o menor grado, en el astigmatismo final o total.²³ Es así, que el astigmatismo interno es la suma de la segunda cara de la córnea, cristalino, zónulas, humor acuoso, cuerpo vítreo y retina también, además del procesamiento cerebral realizado en la corteza visual para obtener, de un estímulo luminoso que llega a retina, una imagen.²⁴

A pesar de esto, se ha concluido que astigmatismo interno no se puede medir directamente, y éste solo se obtiene mediante la diferencia entre el astigmatismo total y el astigmatismo corneal anterior. Sin embargo, algunos instrumentos ópticos, como los topógrafos corneales, permiten medir la cara posterior de la córnea. Por tanto, dentro del astigmatismo interno, se podría distinguir el astigmatismo presente en cara posterior de la córnea o astigmatismo corneal posterior, un estudio donde se buscó valorar el promedio dióptrico del astigmatismo de la cara posterior de la córnea con un topógrafo con doble cámara de Scheimpflug, concluyó que el valor dióptrico del astigmatismo de la cara posterior de la córnea es de 0,30 Dioptrías.²⁵ y otro estudio donde se buscó investigar la distribución del astigmatismo corneal posterior en ojos con astigmatismo corneal anterior a favor de la regla y en contra de la regla, se concluyó que la dirección del astigmatismo de la cara posterior de la córnea tienden a ser en contra de la regla (86%), a pesar que se tenga un astigmatismo anterior sea a favor o en contra de la

regla.²⁶ En ambos estudios se concluyó que los valores dióptricos y de la dirección del astigmatismo cara posterior puede influir en cierto grado el comportamiento dióptrico final del astigmatismo total.^{25,26}

3.4 Ectasias corneales

Las alteraciones corneales ectásicas primarias no inflamatorias son todas las afecciones que presentan un adelgazamiento progresivo y una protrusión que lleva a un aumento exagerado de su curvatura, ocurriendo, generalmente, de manera asimétrica, presentándose con defectos astigmáticos irregulares y mala visión.²⁷ A diferencia de un trastorno de adelgazamiento, el queratoglobo, la degeneración marginal pelúcida y el queratocono, deben clasificarse en enfermedades ectásicas, ya que existe una propensión ectásica subyacente, teniendo como aspecto distintivo entre ellos la ubicación y el patrón de adelgazamiento.²⁸

La degeneración marginal pelúcida o ectasia corneal periférica es una alteración con adelgazamiento corneal periférico sin opacidad, progresivo e infrecuente que suele afectar a la córnea inferior de manera bilateral, aunque a menudo asimétrica. Ocasionalmente coexiste con un queratocono y un queratoglobo, ya que el adelgazamiento se extiende desde el centro de la córnea hasta el limbo inferior.^{4,27,29}

La mejor manera de diferenciar la degeneración marginal pelúcida de las otras ectasias es mediante el uso de una combinación de abordajes, que incluye un mapa completo del espesor de la córnea, examen con lámpara de hendidura, mapa de curvatura anterior y mapa de elevación tomográfica anterior.²⁸ Se presenta entre la cuarta y la quinta década

de vida, con reducción de la agudeza visual por astigmatismo creciente, casi siempre bien definido en contra de la regla.⁴

La ectasia corneal generalizada o difusa, se refiere ante todo al queratoglobo, cuadro que se caracteriza por un adelgazamiento corneal generalizado, de limbo a limbo donde la córnea desarrolla una ectasia más globular que cónica, a diferencia del queratocono donde el adelgazamiento es más focal, localizado en el vértice de la protrusión, en un principio.^{4,30}

Existen dos variedades del queratoglobo, la congénita o juvenil y la adquirida del adulto, esta última puede ser un estado final del queratocono avanzado, por lo que puede estar relacionado genéticamente con el queratocono. La variedad congénita de queratoglobo se asocia al menos con dos síndromes de herencia autosómica recesiva: Ehles-Danlos tipo VI y síndrome de córnea frágil.^{4,27}

El queratocono, ectasia corneal axial (central o paracentral), es un trastorno frecuente que se caracteriza por un aumento progresivo de la curvatura corneal adoptando la forma de un cono debido a la protrusión, de manera típica más notorio en una zona algo inferior al centro de la córnea, que se acompaña de adelgazamiento estromal.^{4,27,28,30} Es una condición bilateral y asimétrica, definido como un trastorno no inflamatorio debido a la falta de neovascularización e infiltración celular, que generalmente ocurre durante la adolescencia progresando hasta la cuarta década de la vida. Causa una disminución de la agudeza visual debido al astigmatismo irregular y la frecuente aparición de opacidades corneales, provocado por la distorsión de la arquitectura corneal.^{4,27,31}

La etiología del queratocono aún no se entiende por completo, si bien la asociación entre la atopía y esta ectasia ha sido identificada por más de 50 años, aún no queda claro si la atopía misma o el frotamiento de los ojos por las enfermedades alérgicas oculares es el factor relacionado con el queratocono. Sin embargo, estudios recientes mostraron que

solo el frotamiento de los ojos sigue siendo un importante predictor, por lo que la atopia puede contribuir, pero probablemente a través del frotamiento de los ojos asociado a la irritación, siendo entonces el factor ambiental la posible causa etiológica.^{27,32,31}

Actualmente se cuestiona el estado no inflamatorio de la enfermedad, ya que se han detectado alteraciones enzimáticas y en la densidad de los receptores de interleucina-1.³²

Aunque los factores etiológicos fundamentales de estas distrofias son genéticos, los mecanismos patogénicos de esta afección aún no están del todo claros ya que parecen ser multifactoriales y no explican la gran mayoría de los casos.^{27,31,32} Probablemente la fisiopatología del queratocono incluya trastornos ambientales, biomecánicos, genéticos y bioquímicos.²⁸

La afección generalmente comienza en la niñez tardía o en la adolescencia temprana, presentándose los primeros síntomas, se desarrolla en las primeras décadas de la vida y progresa hasta la tercera o cuarta década, deteniéndose generalmente. El 73% de los casos suelen diagnosticarse antes de los 24 años de edad, siendo la media de diagnóstico menor a 30 años.^{3,33}

Tiene un patrón de evolución progresivo, y suele ser más severo en pacientes más jóvenes al momento de confirmar el diagnóstico. Inicialmente, a menudo es unilateral, con una prevalencia que oscila entre 14.3% a 41% cuando se detecta por queratometría sola. Con la topografía computarizada, la prevalencia de la unilateralidad se reduce en gran medida del 0,5% al 4%, por lo que actualmente se está llegando al consenso de que el queratocono unilateral no existe, ya que la mayoría de los pacientes eventualmente desarrollan queratocono bilateral, presentándose un ojo más afectado que el otro. Concluyendo, que es una enfermedad bilateral en el 97% de los casos, pero se tiene presente que una presentación clínica unilateral puede ocurrir en un individuo predispuesto debido a factores ambientales asimétricos, como el frotamiento de los ojos.^{28,34,35}

La incidencia de la enfermedad oscila entre 1.4 y 2.2 por 100.00 habitantes en la población general, afectando a ambos sexos, pero no está del todo claro si existe alguna diferencia significativa entre hombres y mujeres.^{36,37}

3.5 Instrumentos destinados a la medición de la superficie corneal

En la actualidad existen un número importante de instrumentos destinados a medir la superficie corneal para estudiar las diversas características de la córnea, por lo que cada uno tiene un objetivo específico. Los más relevantes para este estudio los cuales pasaremos a explicar serán la queratometría, la cual mide el radio de curvatura de la córnea, la paquimetría, instrumento destinado a la medición del espesor (grosor) de la córnea, y la topografía corneal que tiene un estudio más profundo sobre la medición de la córnea.^{21,38}

La queratometría es el examen de optometría que proporciona información sobre los radios de los meridianos principales de la córnea y su potencia. El instrumento utilizado para realizar estas mediciones es conocido como queratómetro u oftalmómetro, un instrumento cuantitativo basado en la reflexión. Algunos de los queratómetros más ocupados para la evaluación de la superficie corneal son el Javal-Schiotz, el Helmholtz, y el Zeiss, instrumentos que permiten la determinación extremadamente rápida del astigmatismo corneal anterior y de la potencia corneal de la cara anterior. Actualmente debido a los avances tecnológicos se han fabricado nuevos queratometros que sacan medidas de forma automática, siendo aparatos computarizados diseñados para dar lecturas corneales seguras y objetivas, además, de un análisis real y detallado del contorno corneal.^{21,39}

La paquimetría es la medida del espesor del tejido corneal o grosor de la córnea, y existe diversas formas de medirla, una de ellas es la paquimetría por ultrasonido, cuya rapidez y capacidad de ser poco invasiva, proporciona una ventaja a la hora de tomar la medida, a pesar que exista un contacto mínimo con la córnea, por lo que se realiza bajo anestesia tópica. Para la adquisición de la medida se utiliza una sonda ecográfica que se coloca sobre la superficie corneal. Es importante que la colocación sea perpendicular sobre córnea, y ejercer siempre la misma presión por parte del examinador para garantizar resultados correctos de una manera repetitiva. La sonda emite ecos cuya reflexión se recibe y digitaliza, generando la medida paquimétrica. Como desventaja cabe decir la poca precisión en situaciones de hidratación corneal (edema corneal), con tendencia a infraestimar.⁴⁰

A medida que ha avanzado la tecnología han surgido técnicas más modernas para obtener las medidas del espesor corneal, como por ejemplo la paquimetría óptica, la cual se obtiene a través de equipos que, gracias a su forma dinámica de toma de medidas, y la posibilidad de medir prácticamente cualquier zona de la córnea han sido la gran ventaja a la hora de obtener los valores del espesor corneal. Para obtener las medidas, el equipo realiza una señal luminosa que atraviesa la córnea y con el retardo de la misma se logra obtener el cálculo del grosor corneal. Se han comunicado márgenes de error superiores con este sistema que con la paquimetría por ultrasonido.^{41,42}

Y por último nos encontramos con la técnica más novedosa actualmente que es la paquimetría a través de la tomografía de coherencia óptica (OCT), la cual por su alta resolución es la única técnica que permite analizar el espesor corneal capa por capa, independiente si existe o no opacidades o edemas corneales. La adquisición de las medidas se hace a través de un scanner de la superficie de la córnea y del espesor en todos sus puntos. Además de ser una herramienta útil a la hora de obtener las mediciones

de espesor corneal, también ha sido de gran ayuda diagnóstica para enfermedades como el glaucoma, el queratocono, y actualmente colabora en la cirugía refractiva.⁴⁰

Uno de los instrumentos más utilizados en la actualidad es el topógrafo corneal, la cual consiste en una técnica diagnóstica que se emplea para conocer las características de la córnea, realizando un estudio del relieve de su superficie para analizar si existen irregularidades y conocer los diferentes grados de curvatura. Aunque existe una gran variedad de equipos que se basan en diferentes principios, el resultado de todas estas pruebas se traduce en diversos “mapas de colores” que representarán la córnea, una representación de la superficie corneal que marca su espesor, curvatura, elevación, potencia y relieve. Entre sus usos se puede mencionar el diagnóstico y seguimiento de enfermedades corneales, como el queratocono, la degeneración marginal pelúcida, o tratamientos como el trasplante de córnea, adaptación de lentes de contacto, además del estudio pre y post cirugías refractivas.^{39,40}

Dependiendo del funcionamiento del topógrafo podemos dividirlos en dos grandes grupos; El primer grupo funciona con el principio de reflexión, basado en la reflexión especular, utilizando la córnea como un espejo que refleja los discos de plácido, proyectando sobre la cara anterior de la córnea un patrón de anillos concéntricos. Una cámara de video captura el reflejo corneal de la película lagrimal y un ordenador con un programa que analiza los datos mediante distintos algoritmos informáticos valora la distancia entre anillo y anillo. Cuanto más corta sea la distancia entre los anillos, mayor será la potencia corneal y viceversa. Los equipos con este funcionamiento nos otorgan valores topográficos, queratométricos, de pupilometría, de refracción y aberrometría. Sin embargo, con este método no se puede medir la elevación corneal ni reconstruir de forma completa la superficie corneal, ni tampoco obtener datos estructurales del segmento anterior.^{43,44}

El segundo grupo basado en el principio de elevación, utiliza la córnea como una pantalla donde se proyecta una imagen que permite calcular directamente la forma de esta, transformándola en puntos de altura de la cual se puede calcular la superficie corneal y medidas del segmento anterior. Los topógrafos que tienen este tipo de funcionamiento poseen un sistema de cámara Scheimpflug, con la cual se obtienen varios cortes de la córnea y del segmento anterior, obteniéndose imágenes que permiten reconstruir con gran exactitud el volumen del segmento anterior, la córnea por su cara anterior y posterior, además de calcular su grosor punto por punto, datos que son relevantes para la detección temprana de ectasias corneales, estudios pre y post cirugía refractiva, y pesquisar anomalías del polo anterior^{45,46}

Los avances tecnológicos de la topografía corneal, han ido evolucionando a través del tiempo, ya que en un principio sólo era un análisis superficial de la córnea usando para esto los discos de Plácido que tomaba una fotografía de la córnea para después compararla contra imágenes estandarizadas, una vez identificando las diferencias entre ambas fotografías, y con un cálculo manual usando algoritmos numéricos se podía calcular la curvatura y la periferia de la córnea. En la actualidad, los topógrafos, ya sea por sistema de reflexión o de elevación permiten calcular de forma automática, el tamaño y localización de la pupila, índices de estimación del astigmatismo regular e irregular, riesgo de queratocono, queratometrías, e incluso pueden integrar datos de aberrometría e información del polo anterior, aunque esto último es información adicional que puede ayudar en la evaluación de la córnea.^{47,48}

3.6 Presentación de la información topográfica

Los topógrafos presentan la información obtenida mediante mapas topográficos que saldrán en la página principal una vez realizado el examen. Entre los principales mapas es posible mencionar: mapa de curvatura sagital anterior y posterior, mapa de elevación anterior y posterior, y mapa de grosor corneal.⁴⁹

El mapa sagital (axial), entregado por todos los topógrafos, es el mapa inicial que proporciona datos basados en la fórmula del queratómetro, el cual mide la curvatura en cierto punto de la superficie corneal en una dirección axial relativa al centro. Es útil para determinar las características generales de la córnea y para clasificar el mapa corneal. Es el tipo más estable que permite diferenciar entre córneas esféricas, astigmáticas e irregulares.⁴⁹

Algunos topógrafos, además, evalúan la superficie corneal posterior, que se presenta como dígitos negativos, esto debido a que actúa como una superficie cóncava. Los rayos de luz provienen de un medio de mayor índice refractivo (estroma corneal) a un medio de menor índice refractivo (humor acuoso), provocando que los rayos divergen más que converjan, como es el caso de la cara anterior de la córnea.^{38,46}

El mapa de elevación es un tipo de mapa en donde se realizan las medidas en datos reales de elevación de la córnea, tanto de la cara anterior como posterior, basados en un modelo interno de referencia, mejor esfera de referencia determinado por el software del equipo. Los datos que entrega este tipo de mapa dan una información más precisa de la forma real de la superficie corneal porque son independientes de la orientación y posición del eje óptico, además proporcionan un mapa real de la topografía corneal pues solamente generan un posible mapa de curvatura a partir de esos datos. Finalmente, la computadora considera todos los puntos por arriba de la superficie de referencia como elevaciones, siendo presentadas como valores positivos, y considera a todos los puntos por debajo de la superficie de referencia como depresiones, siendo presentado como

valores negativos. Los puntos de coincidencia entre la superficie de referencia y la superficie medida se presentan como cero.^{38,50}

En el mapa de grosor corneal, el equipo mide el grosor de la córnea en todos los puntos dependiendo de los mapas de elevación, esto debido a que la diferencia entre las elevaciones de la superficie anterior y posterior de la córnea indica el grosor corneal. Los puntos principales del mapa son la localización del punto más delgado, el valor del ápice corneal y el del centro de la pupila.^{38,50}

3.6.1 Índices topográficos

Los índices topográficos son algoritmos incorporados en la mayoría de los topógrafos corneales, estos permiten detectar o realizar un diagnóstico precoz de la presencia de las ectasias corneales.⁵¹

Estos índices se obtienen empleando los datos de curvatura, de elevación y los provenientes del análisis de Zernike, con el fin de comparar los valores adquiridos durante la toma del examen con los valores medios y la desviación estándar de una población normal. Y nos entregan datos de desviación del radio corneal, asimetría respecto al meridiano horizontal, grado de descentramiento en el plano vertical, curvatura sagital mínima y coeficiente de aberración, entre otros.⁴⁹

3.6.2 Mapas de color

En 1988 Klyce introdujo el concepto de mapas de códigos de color como un método más útil y entendible para el examinador, consiste en que cada color está designado para definir un rango de medidas como la altura, curvatura y poder de la córnea que serán traducidas en dioptrías.⁵²

Las gamas de colores principalmente utilizadas asignan a los colores fríos (violetas y azules) potencias bajas, traduciéndose en curvaturas planas o dioptrías bajas. Los colores verdes y amarillos están son indicativos de córneas "normales", potencias medias. En cambio, los colores cálidos (naranja y rojo) están designados a potencias altas, por curvaturas elevadas o dioptrías altas.⁵

Según lo anterior, y dado que la córnea no es asimétrica en toda su superficie, los distintos colores encontrados en los mapas adquieren ciertos patrones característicos, que permiten clasificar las córneas, estas pueden ser esféricas, ovalada, corbatín simétrico, corbatín asimétrico e irregular.^{8,52}

- Esférica o redonda: muestra una córnea que presenta una distribución uniforme de su radio de curvatura a lo largo de toda su superficie. Se relaciona con un defecto esférico.
- Ovalada: representa una córnea que presenta cambios mínimos de su curvatura en su superficie, asociándose con defectos astigmáticos mínimos.
- Corbatín simétrico o reloj de arena, muestra la existencia de astigmatismo moderado a alto de tipo regular.
- Corbatín asimétrico, representa un astigmatismo moderado a alto de tipo irregular.
- Irregular, sin patrón definido, sugiere cambios bruscos en la superficie corneal y se relaciona con patologías (ectasias).^{8,52}

Rabinowitz ha descrito los aspectos específicos del queratocono en topografía corneal, entre ellos se destaca la asimetría entre el poder corneal central del ojo afectado mayor de una dioptría, lo que se manifiesta en un patrón asimétrico en estadios tempranos o irregular en estadios más avanzados.⁵³

Dado que los topógrafos permiten evaluar de forma cualitativa y cuantitativa los cambios de curvatura de la superficie corneal mediante el análisis de los datos obtenidos de los mapas de curvatura, elevación y paquimétrico, se ha convertido en la forma más utilizada para determinar la aparición de ectasias corneales.⁵⁴

Actualmente, además del análisis de la superficie corneal, aquellos topógrafos que poseen cámaras de Scheimpflug realizan un análisis del segmento anterior del globo ocular entregando valores correspondientes a las distintas estructuras que lo conforman, como el volumen de cámara anterior, ángulos iridocorneales en los distintos radios de la córnea y distancia de cámara anterior, entre otros. Estos últimos datos de carácter biométrico, al no ser parte de las funciones principales del equipo, no han sido incluidos dentro de los análisis de normalidad que realizan los topógrafos.^{55,56}

4 HIPÓTESIS

CAPÍTULO 4

4. HIPÓTESIS

Al comparar los patrones topográficos y datos biométricos obtenidos de la profundidad de cámara anterior, amplitud del ángulo iridocorneal y astigmatismo de cara posterior, se observan diferencias significativas entre los valores de exámenes con registro de diagnóstico con astigmatismo corneal y los exámenes con registro de diagnóstico de queratocono.

5 OBJETIVOS

CAPÍTULO 5

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Establecer los valores de patrones topográficos y datos biométricos que diferencian a un paciente con astigmatismo corneal de los pacientes con queratocono, mediante topografía Pentacam en servicio de oftalmología en el Hospital Naval Almirante Nef entre los años 2014 – 2018.

5.2 Objetivos específicos

Constatar los patrones topográficos y datos biométricos de la profundidad de la cámara anterior, los ángulos iridocorneales superior e inferior, el poder y la dirección del astigmatismo de la cara posterior de la córnea, en exámenes con registro de diagnóstico de astigmatismo corneal obtenidos del Oculus Pentacam HR.

Constatar los patrones topográficos y datos biométricos de la profundidad de la cámara anterior, los ángulos iridocorneales superior e inferior, el poder y la dirección del astigmatismo de la cara posterior de la córnea en exámenes con registro de diagnóstico de queratocono obtenidos del Oculus Pentacam HR.

Comparar los patrones topográficos y datos biométricos de la profundidad de la cámara anterior, los ángulos iridocorneales superior e inferior, el poder y la dirección del astigmatismo de la cara posterior de la córnea obtenidos por el equipo Pentacam de exámenes con registro de diagnóstico de astigmatismo corneal y queratocono.

6 MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO 6

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Tipo de estudio

Estudio de carácter descriptivo, retrospectivo y transversal.

6.2 Lugar de realización

Se realizó el estudio en el Hospital Naval Almirante Nef.

6.3 Población y muestra

Para el estudio se utilizó una población objetivo correspondiente a datos de exámenes presentes en la base de datos del equipo Pentacam en el servicio de Oftalmología en el Hospital Naval Almirante Nef entre los años 2014-2018. La muestra fue de la misma población anteriormente citada y teniendo en cuenta los criterios de selección posteriormente nombrados, la investigación dispuso de una muestra de 222 exámenes de topografía corneal, perteneciente a 123 pacientes.

Para conseguir las muestras, el Tecnólogo Médico Sr. Juan A. López del servicio de oftalmología del Hospital Naval Almirante Nef, obtuvo y tabuló los datos entregados por el equipo. Estos datos estarán vinculados a un número para poder identificarlos, siendo utilizado para este estudio solamente datos provenientes de las topografías, sin la participación o el historial de los pacientes, con la finalidad de resguardar datos personales de los pacientes estudiados, respetando lo indicado en la ley n°20.584 de derechos y deberes de los pacientes.

6.4 Criterios de inclusión y exclusión

6.4.1 Criterios de inclusión

Exámenes con registro de diagnóstico de Queratocono.

Exámenes con registro de diagnóstico de astigmatismo corneal anterior sobre 1 dioptría.

6.4.2 Criterios de exclusión

Se descartan datos con algún tipo de cirugía ocular previo a la realización de la topografía.

Alteración de examen por uso de lentes de contacto.

Se descartan datos con diagnóstico de ectasia que no sea Queratocono.

Se descartan los datos de exámenes de menores de 18 años.

6.5 Instrumentación

Para la obtención de datos se utilizó el equipo Oculus Pentacam HR, equipo disponible en el Hospital Naval Almirante Nef.

El Pentacam (OCULUS) es un topógrafo basado en el principio de elevación, y utiliza la tecnología de la cámara de Scheimflug, lo que le permite obtener mediciones del poder corneal total, la curvatura anterior y posterior de la córnea, el grosor corneal, la profundidad de la cámara anterior y la densidad tanto del cristalino como la córnea entre otras mediciones.

La tecnología de la cámara Scheimpflug tiene una capacidad rotacional que produce imágenes en tres dimensiones del polo anterior del ojo, para ello toma (sin contacto con el ojo) hasta 50 imágenes en 2 segundos, desde la superficie anterior de la córnea hasta la superficie posterior del cristalino. De esta manera cualquier movimiento del ojo es detectado por una segunda cámara y corregido durante el proceso. Posteriormente, calcula un modelo tridimensional del segmento anterior del ojo a partir de los 25.000 puntos de elevación real, con una matriz de puntos de malla fina en el centro. Las imágenes de Scheimpflug que se han capturado finalmente se digitalizan en la unidad central y son transferidas a la computadora personal. Al finalizar la captura, el PC

calcula un modelo virtual en 3 dimensiones del segmento anterior del ojo a partir del cual se genera toda la información adicional.

Se presenta la topografía y paquimetría de la totalidad de la superficie anterior y posterior de la córnea de limbo a limbo. El análisis de la cámara anterior del ojo incluye el cálculo del ángulo, volumen y profundidad de la cámara anterior; así como una función de medida manual de cualquier punto de la cámara anterior. También se genera la densitometría de córnea y cristalino.

En la página principal del equipo una vez realizado el examen se presenta el mapa sagital (axial), los parámetros considerados dentro de esta investigación son los siguientes:

Tabla 6.1. Valores de clasificación para datos topográficos.

Parámetro	Anormal	Patológico
K1: Poder de la curvatura horizontal (cara anterior y cara posterior)	[45 - 47] Dp Dp	>47 Dp >-5,8 Dp
	[-5,2 y -5,8]	
K2: Poder de la curvatura vertical (cara anterior y cara posterior)	[46 - 48] Dp Dp	>48 Dp >-6,2 Dp
	[-5,6 y -6,2]	
Km: Promedio del poder de la curvatura de la córnea (cara anterior y cara posterior)	[47-49] Dp Dp	>49 Dp >-7,0 Dp
	[-6,4 y -7,0]	

Astigmatismo: Cantidad de astigmatismo corneal (cara anterior y cara posterior)	[3,0 y 4,5] Dp	>4,5 Dp >-1,0 Dp
	[-0,7 y -1,0] Dp	
Q-val: Valor de la asfericidad corneal en los 6mm centrales	[0 a -0.40] mm	> -0.40 mm

Los datos que se presentan en la página principal del equipo que son considerados misceláneos, pero que aportan información relevante para este estudio son las siguientes:

- Volumen de la Córnea
- Volumen de la Cámara anterior
- Profundidad de cámara anterior (Int)
- Ángulo iridocorneal

Además de toda esta información que nos entregan los mapas de análisis topográficos, la tecnología de la cámara de Scheimpflug nos entrega las denominadas “Imágenes de Scheimpflug”. Un sistema de rotación que realiza una exploración corneal de cero a 180°, y cada una de las fotografías es una imagen de la córnea junto con sus estructuras del polo anterior se puede revisar en un ángulo específico, los ángulos considerados para este estudio fueron el superior e inferior. Además, estas imágenes permiten calcular la densitometría del cristalino, así poder cuantificar la opacidad de éste, en escala de 0, a 100, siendo 0 opacidad inexistente y 100 completamente opaco.

Oculus Pentacam incluye dentro de su software un grupo de Índices topográficos propios para la detección precoz de ectasias corneales. Estos índices tienen un valor de

normalidad. Al detectar en un examen valores sobre la normalidad, marca el valor del índice en una casilla de color amarillo, mientras que, si el valor es patológico lo marca con una casilla de color rojo.

Tabla 6.2. Valores de clasificación de los Índices topográficos entregados por Pentacam.

Índice	Anormal	Patológico
ISV	≥ 47	≥ 41
IVA	≥ 0.28	≥ 0.32
KI	≥ 1.07	≥ 1.07
CKI	≥ 1.03	≥ 1.03
Rmin	< 6.71	< 6.71
IHA	≥ 19	≥ 21
IHD	≥ 0.014	≥ 0.016
ABR	≥ 1	≥ 1

6.6 Sistema de recolección de la información

Se solicitó la aprobación del comité de ética del Hospital Naval Almirante Nef para tener acceso a las topografías de la base de datos del Oculus Pentacam HR.

Una vez revisadas las topografías de la base de datos del Oculus Pentacam, se procedió a seleccionar aquellos exámenes que cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión. En aquellas topografías que presentaron registro de diagnóstico de queratocono, se procedió a confirmar esto mediante la revisión de los Índices topográficos entregados por Pentacam los cuales debían estar marcados, en su mayoría, como patológico. Además, se analizó las características del mapa topográfico, donde se tuvo en cuenta el patrón topográfico formado en el mapa axial, el cual debía representar un patrón de corbatín asimétrico o irregular y las características generales de la córnea, como la curvatura de la córnea y el valor Q (asfericidad), las que el topógrafo debía señalar como anormal. Todos estos presentados en la página principal del examen.

En aquellas topografías que presentaron registro de diagnóstico de astigmatismo, se procedió a confirmar esto mediante la revisión de los Índices topográficos entregados por Pentacam, estos no debían tener ningún tipo de señalización de anormalidad o patología. Además, se tuvo en cuenta el patrón topográfico formado en el mapa axial, el cual debía representar un patrón de corbatín simétrico y las características generales de la córnea sin anormalidades.

De aquellas topografías que presentaron registro de diagnóstico de queratocono o registro de astigmatismo corneal, se procedió, mediante un documento Excel, a tabular todos aquellos parámetros que cumplen con los objetivos, y posteriormente someterlo al estudio estadístico descriptivo y con intervalos de confianza.

Se registró el valor de la profundidad de la cámara anterior en milímetros, obtenido desde la página principal de Pentacam.

Se registró aquellos datos relacionados con el astigmatismo de la cara posterior de la córnea, en los que se incluyó, el grado del astigmatismo y la potencia en dioptrías, datos obtenidos desde la página principal del topógrafo Pentacam.

Se registró el valor del ángulo iridocorneal de aquellos exámenes del segmento anterior que contenían como imagen de Scheimpflug principal una toma realizada en el eje vertical. Esto, debido a que solo se obtuvo acceso a datos previamente tabulados, por lo que no se pudo acceder a las demás tomas del segmento anterior que realiza Pentacam en los distintos radios. Estos datos corresponden a un número menor siendo tabulados de manera aparte para su posterior análisis.

Cada dato obtenido de las variables a estudiar está asociado con el ojo del cual se realizó el registro.

6.7 Variables del estudio

Tabla 7.3. Definición de las variables en estudio.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Profundidad de Cámara anterior	Estructura del ojo que está limitada por delante por la córnea y por detrás por el iris y el cristalino	Medida de la distancia entre el endotelio corneal y la cara anterior de cristalino, pasando por el eje visual, otorgado por el equipo Pentacam al momento de realizar la toma de examen.
Medida del ángulo irido corneal	Ángulo que forman la córnea, el iris y la esclera en la periferia de la cámara anterior.	Medida del ángulo formado entre la córnea y el iris, entregado por el software del equipo Pentacam, y clasificado mediante el sistema de

Astigmatismo de cara posterior	Forma irregular en la cara posterior de la córnea.	gradación de Shaffer. Patrón topográfico posterior en forma de corbatín. Valor en grados y dioptrías otorgados por Pentacam al realizar el análisis de la cara posterior de la córnea.
--------------------------------	--	--

6.8 Método estadístico de análisis de la información

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa IBM SPSS Statistics 23 (SPSS Inc Chicago IL), y el programa GraphPadPrism Versión 6 para Windows.

Las variables numéricas se describieron como media + DS y mediante intervalos de confianza al 95%, mientras que las cualitativas lo fueron mediante frecuencias.

El test de Kolmogorov-Smirnov se utilizó para determinar la normalidad de las distribuciones. Posteriormente, para estudiar las diferencias entre medias muestrales, se utilizaron los test estadísticos paramétricos y no paramétricos según las condiciones de aplicación (T de Student, U de Mann-Whitney). Se realizó un análisis unilateral con un nivel de significación considerado para un $p < 0,05$. Además, se utilizó la prueba Chi-cuadrada para analizar la asociación entre variables cualitativas.

7 RESULTADOS

CAPÍTULO 7

7. RESULTADOS

La muestra final estuvo compuesta por 124 ojos con ametropía astigmática y 98 ojos patológicos (222 ojos en total que contenían cuatro de las cinco variables a analizar), pertenecientes a 67 y 57 sujetos respectivamente. De estos, 60 ojos con ametropía y 53 ojos patológicos contenían en su registro de examen las cinco variables de interés.

Se observó que en la muestra de astigmatismo hay 61 ojos derechos y 63 ojos izquierdos, mientras que en la muestra de queratocono la cantidad de ojos es por igual (49), donde se obtuvo que no hay dependencia entre las variables ($p = 0,905$). Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Distribución por grupo muestral y ojo del examen.

Variables	Astigmatismo	Queratocono
OD	61	49
OI	63	49

La edad de los pacientes estaba comprendida entre los 18 y 59 años, con una media de 34,45 años $\pm 13,12$ SD entre los astigmatas, y 32,82 años $\pm 10,93$ SD entre los patológicos. Tabla 7.2. La edad y el sexo no fueron considerados en el análisis principal.

Tabla 7.2. Valores de media y desviación estándar de la edad según grupo muestral.

	Edad		
	N	Media	Desviación estándar
Astigmatismo	67	34,45	13,123
Queratocono	57	32,82	10,932

El primer análisis se calculó con un tamaño muestral de 222 ojos, del cual 124 (56,25%) ojos tenían astigmatismo y 98 (43,75%) ojos tenían queratocono.

Para las variables profundidad de cámara anterior y astigmatismo de la cara posterior de la córnea en su componente de dioptrías, se obtuvo que en la primera variable ambas muestras se comportan de manera normal, mientras que en la segunda las muestras se distribuyen anormalmente.

La media de la profundidad de la cámara anterior en pacientes con astigmatismo fue de 2,96 mm \pm 0,35 SD, mientras que la de los pacientes con queratocono fue de 3,20 mm \pm 0,43 SD, encontrándose diferencias estadísticamente significativas al comparar ambos grupos. En el caso del astigmatismo de la cara posterior de la córnea en su componente de dioptrías en pacientes con astigmatismo fue de 0,71 Dp \pm 0,49 SD, mientras que la de los pacientes con queratocono fue de 0,8 Dp \pm 0,82 SD, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas al comparar ambos grupos. Tabla 7.3.

Tabla 7.3. Estadísticos de resumen para las variables profundidad de cámara anterior y astigmatismo corneal de la cara posterior de la córnea en su componente de dioptrías según grupo muestral.

Variables	Estadísticos	Astigmatismo	Queratocono
Profundidad de cámara anterior	Media*	2,9575	3,2004
	Desviación estándar	0,34888	0,34603
	Mínimo	1,94	2,47
	Máximo	3,74	4,13
Astigmatismo de la cara posterior en dioptrías	Media	,7081	,8020
	Desviación estándar	,49347	,82424
	Mínimo	,20	,10
	Máximo	4,50	7,20
*p = 0,00			

Para la variable astigmatismo de la cara posterior de la córnea en su componente de grados, clasificado según dirección, se obtuvo que en ambas muestras la mayor frecuencia es el astigmatismo inverso, existiendo una dependencia entre las variables estadísticamente significativa ($p = 0,00$). *Tabla 7.4.*

Tabla 7.4. Distribución de frecuencias según la dirección del astigmatismo de la cara posterior de la córnea y grupo muestral.

	Dirección astigmatismo cara posterior			
	Directo	Inverso	Oblicuo	Total
Astigmatismo	0	122	2	124
Queratocono	3	78	17	98
Total	3	200	19	222

De igual manera, se realizó el análisis para las variables ángulo superior y ángulo inferior. Se calculó con un tamaño muestral de 113 ojos, del cual 60 (53,1%) ojos tenían astigmatismo y 53 (49,9%) ojos poseían queratocono. Donde se obtuvo que en ambas variables las muestras se comportan de manera normal.

La media del ángulo superior en pacientes con astigmatismo fue de $31,84^\circ \pm 8,2$ SD, mientras que la media de pacientes con queratocono fue de $35,38^\circ \pm 9,85$ SD. En el ángulo inferior, la muestra de astigmatismo arrojó una media de $36,79^\circ \pm 7,01$ SD, mientras que la media en la muestra de queratocono fue de $40,49^\circ \pm 4,92$ SD. En ambos casos, al comparar la media de ambos grupos muestrales según la variable, se encontraron diferencias estadísticamente significativas. En relación a estos mismos datos, la diferencia de medias entre el ángulo superior e inferior en la muestra de astigmatismo, al igual que en la de queratocono, se hallaron diferencias estadísticamente significativas. *Tabla 7.5.*

Tabla 7.5. Estadísticos de resumen para las variables ángulo superior y ángulo inferior según grupo muestral.

Variable	Estadísticos	Astigmatismo	Queratocono
Ángulo superior	Media	31,8367	35,3811
	Desviación estándar	8,19452	9,84937
	Mínimo	15,00	20,60
	Máximo	48,90	71,40
Ángulo inferior	Media*	36,7917	40,4906
	Desviación estándar	7,00579	4,92190
	Mínimo	21,60	33,10
	Máximo	51,10	54,00

*p = 0,00

Posteriormente se establecieron intervalos de confianza para cada variable numérica, separándolas entre ojos con astigmatismo y ojos con queratocono. Tabla 7.6.

Tabla 7.6. Intervalos de confianza para cada variable según grupo muestral.

	Grupo	Inferior	Superior
Profundidad cámara anterior	Astigmatismo	2,8955	3,0195
	Queratocono	3,1310	3,2698
Astigmatismo cara posterior en dioptrías	Astigmatismo	0,6203	0,7958
	Queratocono	0,6368	0,9673
Ángulo superior	Astigmatismo	29,7198	33,9535
	Queratocono	32,6663	38,0960
Ángulo inferior	Astigmatismo	34,9819	38,6015
	Queratocono	39,1339	41,8472

En relación a las muestras se observó que en los hombres había 39 casos de astigmatismo y 41 casos de queratocono, mientras que en las mujeres había 28 casos de astigmatismo y 16 casos de queratocono, no habiendo dependencia entre las variables ($p = 0,112$). Tabla 7.7.

Tabla 7.7. Tabla de frecuencias según sexo y grupo muestral.

Sexo	Astigmatismo	Queratocono	Total
Femenino	28	16	44
Masculino	39	41	80

Total	67	57	124
-------	----	----	-----

8 DISCUSIÓN

CAPÍTULO 8

8. DISCUSIÓN

El queratocono, es un trastorno que se caracteriza por un aumento progresivo de la curvatura corneal adoptando la forma de un cono debido a la protrusión, de manera típica en la zona central e inferior de la córnea, que se acompaña de adelgazamiento estromal, lo que causa una disminución de la agudeza visual debido a la formación de un astigmatismo irregular.^{4,27} Bajo esta premisa se podría esperar que la conformación que adopta la córnea con esta patología tienda a aumentar la profundidad de la cámara anterior y el ángulo iridocorneal inferior al tener una relación directa con esta, podría además, corroborar una variación en los componentes de la cara posterior de la córnea, como lo son el astigmatismo tanto en poder como dirección de la estructura citada anteriormente. Por otro lado, el astigmatismo es un vicio de refracción que afecta principalmente la curvatura anterior de la córnea, pero a diferencia del queratocono no está considerado una patología ocular,^{5,21} por lo que se espera que no genere algún cambio en la profundidad de la cámara anterior, ni que se observen valores fuera de la normal en los componentes de la cara posterior de la córnea.

En virtud de aquello, el objetivo principal de este estudio, fue observar si existían en ciertos patrones topográficos y datos biométricos presentes tanto en queratoconos como en astigmatismos y que frecuentemente son poco considerados en el análisis clínico. Todo ello considerando que las primeras manifestaciones de un queratocono es la presencia y progresión de un astigmatismo irregular.

El rango de tiempo utilizado para recoger las muestras se basó principalmente en la poca solicitud de exámenes que refiere la topografía corneal en el Hospital Naval Almirante

Nef, en consecuencia, para tener una muestra representativa se decidió incluir un periodo de tiempo de cuatro años.

Se registraron la edad y sexo de las muestras como información complementaria del estudio, sin embargo, los resultados obtenidos no responden a los objetivos planteados anteriormente.

La principal dificultad que se presentó en este estudio fue de no disponer de todos los datos de la muestra total de 224 ojos, en las variables ángulo superior y ángulo inferior. Esto debido a que no estaban registrados previamente en el examen de las Imágenes de Scheimpflug del topógrafo Oculus Pentacam, de la cual se obtiene dicha información. Por tal motivo en el grupo de astigmatismo que incluía una muestra total de 122 ojos, solo fue posible registrar datos en 60 de ellos. Respecto al grupo de queratoconos que incluía una muestra de 98 ojos, solo fue posible registrar 53 de ellos.

En los resultados obtenidos a través del análisis estadístico de la profundidad de cámara anterior, en aquellos ojos con astigmatismo se obtuvo una media de 2,96 mm \pm 0,35 SD. En cuanto a lo que respecta a los ojos con queratocono se obtuvo una media de 3,20 mm \pm 0,43 SD, existiendo diferencias estadísticamente significativas al comparar ambos grupos. Los valores de la media obtenidos de los ojos con astigmatismo concuerdan con el estudio de Gómez et al.⁸ en el cual se obtuvieron una media de profundidad de cámara anterior de 3,02 mm \pm 0,28 SD respectivamente, encontrando valores similares a los presentados en este estudio. En la media de los ojos con queratocono existe coincidencia con el estudio de Masoud Safarzadeha et al.⁵⁷ donde obtuvieron una media de 3,20 mm \pm 0,30 SD respectivamente, encontrando valores muy similares a los presentados en este estudio. De esta manera es posible considerar, que la protrusión que provoca el queratocono en la córnea terminaría generando un aumento progresivo de la profundidad de la cámara anterior, producto de que existe un alejamiento del endotelio corneal respecto a la base del iris.

Con respecto al astigmatismo de la cara posterior de la córnea, la media de los ojos con astigmatismo fue de $0,71 \text{ Dp} \pm 0,49 \text{ SD}$, mientras que en los ojos con queratocono la media fue de $0,8 \text{ Dp} \pm 0,82 \text{ SD}$, no encontrándose diferencias significativas al comparar ambos grupos. En aquellos ojos con queratocono existe coincidencia con el estudio de Fereshteh Aslani et al.⁵⁸ donde se obtuvo una media de $0.86 \text{ Dp} \pm 0.45 \text{ SD}$ respectivamente, encontrando valores muy similares a los presentados en este estudio.

En lo que respecta a la variable de la dirección del astigmatismo de la cara posterior, se procedió a realizar un análisis estadístico de chi cuadrado, observándose la existencia de una dependencia entre las variables, en el cual se obtuvo como resultado que en los ojos con astigmatismo, 122 ojos (98,3%) poseen un astigmatismo de tipo inverso o en contra de la regla, y tan solo 2 ojos (1,7%) poseen un astigmatismo de cara posterior de tipo oblicuo, y no se obtuvo ningún astigmatismo de cara posterior de tipo directo o a favor de la regla. Se puede señalar de esta forma al igual que en el estudio de Miyake T et al.²⁶ De esta manera se puede establecer que, la tendencia de la mayoría de los astigmatismos de cara posterior es de tipo inverso o en contra de la regla. Y en aquellos ojos con queratocono, se obtuvo que 78 ojos (79,6%) poseen un astigmatismo de cara posterior de tipo inverso o en contra de la regla, 17 ojos (17,3%) poseen astigmatismo de cara posterior de tipo oblicuo, y finalmente 3 ojos (3,1%) con astigmatismo de cara posterior directo o a favor de la regla. Se puede entender de esta forma que a pesar que el queratocono afecta la cara posterior, no tendría mayor incidencia en cuanto a la dirección del astigmatismo de la cara posterior. La misma característica se observa en los ojos con astigmatismo, donde la gran mayoría son de tipo inverso o en contra de la regla.

En relación al ángulo inferior, en aquellos ojos con astigmatismo se obtuvo una media de $36,79^\circ \pm 7,01$. Mientras que en los ojos con queratocono se obtuvo una media de $40,49^\circ \pm 4,92$, encontrando diferencias significativas al comparar ambos grupos. De esta forma es posible considerar, que producto de la protrusión que provoca el queratocono

afecta la zona inferior de la córnea, genere que la diferencia entre la porción de la córnea y el iris que forman el ángulo iridocorneal, sea más amplia de los valores normales.¹¹

Por otro lado al obtener los resultados del análisis descriptivo de la variable del ángulo superior se obtuvo que la media de los ojos con astigmatismo fue de $31,84^\circ \pm 8,2$, y en los ojos con queratocono la media fue de $35,38^\circ \pm 9,85$, encontrando diferencias significativas al comparar ambos grupos.

Al establecer los intervalos de confianza entre los ojos con queratocono con respecto a los ojos con astigmatismo, se obtuvo que los valores para la profundidad de la cámara anterior en ojos con astigmatismo fueron de $[2,9 - 3,0]$ y en los con queratocono de $[3,1 - 3,3]$, y para los ángulos inferiores $[34,9 - 38,6]$ en ojos con astigmatismo y $[39,1 - 41,8]$ en ojos con queratocono. Al no generarse un sobre posicionamiento entre ellos se podrían considerar estos parámetros al momento de diferenciar ojos con astigmatismo de aquellos ojos con queratocono, y de esta forma complementar el posible apoyo diagnóstico.

Sobre la variable del ángulo superior, no estaba dentro de lo esperado en este estudio que se encontrara una diferencia significativa al comparar ambos grupos. Según lo teorizado anteriormente sobre la patología del queratocono, al existir una protrusión hacia el sector inferior de la córnea no se debería generar algún cambio importante en la dimensión del ángulo superior, de tal forma que al compararlo con un ojo sin patología (ojo con astigmatismo), no debiese encontrarse una diferencia significativa. Sin embargo, existe un sobre posicionamiento al realizar los intervalos de confianza, por lo que no se podría determinar la verdadera utilidad de esta variable.

De manera complementaria, en esta investigación se pudo observar una interesante diferencia significativa al comparar el ángulo superior ($35,38^\circ \pm 9,85$) e inferior ($40,49^\circ \pm 4,92$) de aquellos ojos con astigmatismo. Al realizar el mismo análisis en los ojos con

queratocono, se obtuvo que también existe una diferencia significativa, por lo que podría considerarse para estudios posteriores, el análisis de los ángulos iridocorneales en los distintos radios corneales.

En cuanto a la prevalencia según sexo, no se obtuvo una dependencia de las variables, por lo que lo que se reafirma lo encontrado con la literatura.

Lógicamente aquellos componentes que influyen en el largo axial son importantes al momento de tener un cálculo correcto de los ángulos iridocorneales y la profundidad de la cámara anterior, se recomienda de esta forma, que para estudios futuros se considere ametropías de tipo esféricas, como la miopía y la hipermetropía, para así poder tener un mayor grado de exactitud en los valores al comparar estas variables en un estudio de muestras de ojos con astigmatismo y ojos con queratocono.

9 CONCLUSIÓN

CAPÍTULO 9

9. CONCLUSIÓN

De esta investigación se puede concluir que se logró encontrar al menos dos variables de las cinco estudiadas que podrían permitir diferenciar entre un paciente con astigmatismo de uno con queratocono. Estas variables son principalmente de tipo biométricas, como la profundidad de la cámara anterior, y el ángulo iridocorneal inferior. Debido a que se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos, y además entre los intervalos de confianza no existiría un solapamiento entre los datos.

Con esta información se plantea el desarrollo de futuros estudios con la finalidad de estudiar con mayor tiempo y población el comportamiento de dichos patrones biométricos. Sería ideal la ejecución de un estudio que permita evaluar estos datos considerando las fases del queratocono, desde la sospecha hasta la presencia de patología avanzada, de tal modo de poder establecer rangos de valores que apoyen con mayor seguridad al diagnóstico referido anteriormente.

Dentro del estudio también se encontró dos resultados que no se esperaban, el primero fue haber obtenido una diferencia significativa en el ángulo superior al comparar ambos grupos de ojos, de tal forma que considerando la teoría del queratocono no se tendría el fundamento suficiente para explicar por qué se encontró dicha diferencia, se recomienda de esta forma estudiar en un futuro de qué manera afecta el queratocono en el ángulo superior. La segunda fue obtener una diferencia significativa entre el ángulo superior e inferior en ojos con astigmatismo. Se espera encontrar una justificación en estudios futuros sobre el tema.

Se recomienda para estudios posteriores tener en cuenta las ametropías esféricas como lo son la miopía y el astigmatismo, para que de esta forma se logren resultados más exactos en cuanto al cálculo de la profundidad de la cámara anterior y del ángulo iridocorneal.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO 10

10.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cadavid G, Carvajal T, Granada H, Mercedes E, Ortega J, Uribe F, et al. Oftalmología general. 2da ed. Colombia: Universidad de Antioquia; 1991.
2. Izquierdo P. Estudio sobre aberraciones oculares y queratoconos [tesis]. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña; 2011.
3. Graue E. Oftalmología en la práctica de la medicina general. 3era ed. México: MC Graw Hill; 2009.
4. Kanski J, Bowling B. Oftalmología Clínica. 7ma ed. Barcelona: Elsevier; 2012.
5. Sepúlveda G, Ibáñez S. Manual de Oftalmología. 1era ed. Chile: Mediterráneo; 2017.
6. Rodilla M. Estudio del segmento anterior de ojos con queratocono mediante el Oculus Pentacam HR [tesis]. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña; 2013.
7. Villanueva G, Perdiz L, Juárez P, Castañeda F. Profundidad de la cámara anterior mediante Ultrasonido A, Orbscan II, OCT visante y UBM. Profundidad de la cámara anterior mediante Ultrasonido. Rev Mex Oftalmol. 2009;83(4):221-225.
8. Gómez A, Gómez M, Peñaloza M. Caracterización de la cámara anterior con la Pentacam HR en los pacientes atendidos en la clínica de Optometría de la Universidad Santo Tomás [tesis]. Bucaramanga: Universidad Santo Tomás; 2016.
9. Salamanca O, Núñez X, Blanco C. Profundidad de la cámara anterior: un análisis de repetibilidad y nivel de acuerdo entre el IOLMaster, Orbscan II y Pentacam [resumen].
10. Alemañy J, Villar R. Oftalmología. 4ta ed. Cuba: Ciencias Médicas; 2003.
11. Carratalá S. Gonioscopia: examen diagnóstico para glaucoma. Gaceta de Optometría y Óptica Oftálmica. 2011;462:18-24.

12. Verdú M. Comparación de la técnica de Van Herick y el Oculus Pentacam para la medida del ángulo de la cámara anterior [tesis doctoral]. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña; 2010.
13. Dua H, Faraj L, Said D, Gray T, Lowe J. Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet's layer (Dua's layer). *Ophthalmology*. 2013;120(9):1778-1785.
14. Duran J. Anatomofisiología de la córnea. 1era ed. España: Tecnimedia Editorial; 1998.
15. Kruse F. Stem cells and corneal epithelial regeneration. *Eye (Lond)*. 1994;8(2):170-183.
16. Cotsarelis G, Dong G, Sun T, Lavker R. Existence of slow-cycling limbal epithelial basal cells that can be preferentially stimulated to proliferate: implications on epithelial stem cells. *Cell*. 1989;57(2):201-209.
17. Bergmanson J. Clinical ocular anatomy and physiology. 8va ed. Texas: Texas Eye Research and Technology Center; 2000.
18. Hanna C, O'Brien J. Cell production and migration in the epithelial layer of the cornea. *Arch Ophthalmol*. 1960;64:536-539.
19. Petroll W, Boettcher K, Barry P, Weaver M, McCulley J, Vaidya S. Quantitative assessment of anterior posterior keratocyte density in the normal rabbit cornea. *Cornea*. 1995;14:3-9.
20. Martínez J, Vico E, Iradier M. Estudio del endotelio corneal en pacientes sin patología ocular. *Microcirugía ocular*. 2004;12(4):181-186.
21. Martín R, Vecilla G. Manual de optometría. 1era ed. Buenos Aires: Edición Panamericana; 2011.
22. Wilson F. Oftalmología básica para estudiantes de medicina y residentes de atención primaria. 5ta ed. España: Elsevier; 2009.
23. Artal P, Guirao A, Berrio E, Williams DR. Compensation of corneal aberrations by the internal optics in the human eye. *J Vis*. 2001;1(1):1-8.

24. Manny R, Deng L, Gwiazda J, Hyman L, Weissberg E, Scheiman M, et al. Internal Astigmatism in Myopes and Non-myopes: ¿Compensation or Constant?. *Optom Vis Sci.* 2016;93(9):1079–1092.
25. Shirayama M, Jenkins R, Wang L. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38(12):2080-2087.
26. Miyake T, Shimizu K, Kamiya K. Distribution of Posterior Corneal Astigmatism According to Axis Orientation of Anterior Corneal Astigmatism. *PLoS One.* 2015;10(1):3-12.
27. Galvis V, Tello A, Aparicio J, Blanco O. Ectasias corneales. *MedUNAB.* 2007;10(2):110-116.
28. Gomes J, Tan D, Rapuano C, Belin M, Ambrósio R, Guell J, et al. Global Consensus on Keratoconus and Ectatic Diseases. *Cornea.* 2015;34(4):359-369.
29. Splaton D, Hitchings R, Hunter P. *Oftalmología Clínica.* 3era ed. Barcelona: Elsevier; 2006.
30. Guerra G, Ibáñez K, Cárdenas J. Prevalencia de las ectasias corneales en la clínica oftalmológica SOLEX [tesis]. Bolivia: Universidad Santo Tomás; 2016.
31. Rojas J. *Oftalmología General.* Iowa: MedRounds; 2005.
32. Galvis V, Sherwin T, Tello A, Merayo J, Barrera R, Acera A. Keratoconus: an inflammatory disorder?. *Eye.* 2015;29:843-859.
33. Alió JL, Shabayek MH, Artola A. Intracorneal ring segments for keratoconus correction: long-term follow-up. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(6):978-985.
34. Davis LJ, Schechtman KB, Wilson BS, Rosentiel CE, Riley CH, Libassi DP, et al. Longitudinal changes in visual acuity in keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47(2):489-500.
35. Gordon-Shaag A, Millodot M, Shneor E, Liu Y. The genetic and environmental factors for keratoconus. *Biomed Res Int.* 2015;2015:1-19.
36. Marcos C. Estudio comparativo de características biométricas entre ojos con queratocono y ojos sin ectasia corneal [tesis]. España: Universidad de Valladolid; 2013.

37. Shetty R, Kaweri L, Pahuja N, Nagaraja H, Jayadev C, Nuijts R, et al. Current review and a simplified "five-point management algorithm" for keratoconus. *Indian J Ophthalmol.* 2015;63(1):46-53.
38. Sinjab M. Paso a paso: Topografía por Pentacam (bases y series de casos). Ed en Español. República de Panamá: Jaypee - Highlights Medical Publishers Inc; 2012.
39. Sánchez C. Manual de la corrección visual láser. 1era ed. México D.F: Panorama editorial; 2004.
40. Jerez M. Estudio de la relación del grosor corneal central y no central con los parámetros estereométricos de la papila determinados mediante HRT [tesis]. España: Universidad complutense de Madrid; 2017.
41. Sanctis U, Missolungi A, Mutani B, Richiardi L, Grignolo F. Reproducibility and repeatability of central corneal thickness measurement in keratoconus using the rotating Scheimpflug camera and ultrasound pachymetry. *Am J Ophthalmol.* 2007;144(5):712-718.
42. Sánchez H, Bringas R, Iglesias D. Correlación entre presión intraocular, paquimetría y queratometría en una población normal. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 2007;82(5):267-272.
43. Garrido J, Vivó F. Topografía corneal mediante discos de plácido: estrategias de optimización de la estimación topográfica. *Gaceta Optometría y óptica oftálmica.* 2011;1(457):24-30.
44. Holzer M, Goebels S, Auffarth G. Precision of NIDEK OPD-Scan Measurements. *J Refract Surg.* 2006;22(11):1021-1023.
45. Mijail O, Martínez T, Hernández A. Topógrafos de elevación en el diagnóstico del queratocono. *Rev Cubana Oftalmol.* 2011;24(2):364-373.
46. Miranda I, Fernández K, Ruiz Y, Hernández J, Rio M. Comparación de los valores del espesor corneal central según los equipos Lenstar, Galilei y Pentacam. *Rev Cubana Oftalmol.* 2012;25(1):65-71.
47. Bradley A. The changing face of refractive surgery. *Indiana Journal of Optometry.* 2000; 3(1): 5-20.

48. Rapuano C, Boxer B, Davis E, Donnenfeld E, Hamill M, Randleman J, et al. Cirugía refractiva. 1era ed. España: ElSevier; 2013.
49. Matínez P. González S. Comparación de los valores queratométricos de la superficie anterior de la córnea arrojados por el topógrafo corneal TMS4 y el Pentacam Oculus [tesis]. Bogotá: Universidad de la Salle; 2008.
50. Agarwal S. Agarwal A. Topografía corneal: paso a paso 2da ed. República de Panamá: Jhartze Publishing: ciencias médicas; 2007.
51. Bernal N, Arias A, Ortega L, Cuevas J. Topografía corneal mediante discos de Plácido en la detección del queratocono en edades pediátricas. Rev Mex Oftalmol. 2012;86(4):204-12.
52. Garzón N, Poyales F. Orbscan: mapas topográficos. Gaceta óptica. 2007;420:24-28.
53. Díaz T, Torres R, Hernández C, Marcoleta R. Resultados topográficos en pacientes portadores de lentes de contacto. Rev Cubana Oftalmol. 2009;22(1):1-11.
54. Díaz M, López S, Benítez M, González A, Cuevas J, Noriega J. Diagnóstico del queratocono subclínico por topografía de elevación. Rev Cuban Oftalmol. 2014;27(1):1-11.
55. Miguel A. Evaluación de un método de diagnóstico para la detección del queratocono mediante refractometría [tesis doctoral]. España: Universidad de Valladolid; 2011.
56. Tomás-Juan J, Cornejo L. Pruebas diagnósticas y tratamiento quirúrgico del queratocono. Gaceta Óptica. 2014; 498:16-25.
57. Safarzadeh M, Nasiri N. Anterior segment characteristics in normal and keratoconus eyes evaluated with a combined Scheimpflug/Placido corneal imaging device. J Curr Ophthalmol. 2016;28(3):106–111.
58. Aslani F, Khorrami M, Aghazadeh M, Hashemian H, Askarizadeh F, Khosravi B. Characteristics of Posterior Corneal Astigmatism in Different Stages of Keratoconus. J Ophthalmic Vis Res. 2018;13(1): 3–9.

11 ANEXOS

CAPÍTULO 11

11.ANEXOS

I.1



ACTA DE EVALUACIÓN

Nombre del Estudio: "PATRONES Y DATOS TOPOGRAFICOS QUE DIFERENCIAN UN ASTIGMATISMO DE UN QUERATOCONO EN PACIENTES QUE SE REALIZARON TOPOGRAFIA PENTACAM EN SERVICIO DE OFTALMOLOGIA EN EL HOSPITAL NAVAL ALMIRANTE NEF ENTRE LOS AÑOS 2014 - 2018".

Investigador Principal: Paula Olivares Cuello
Gustavo Villarroel Ogalde
Alumnos de la carrera Tecnología Médica mención
Oftalmología y Contactología
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

En Viña del Mar, con fecha 5 de Junio del 2018. El Comité Ético Científico del Hospital Naval "Almirante Nef", con asistencia de sus miembros permanentes, que han declarado no tener conflicto de Interés con este estudio:

Presidente	Dr. Carlos Echeverría Bunster.	Internista
Secretaria	Srta. María Fda. González Carvajal	Secretaria
Integrante permanente	Dr. Gustavo Charme Vilches	Cardiólogo
Integrante permanente	Dr. Miguel Gutiérrez Torres	Reumatólogo
Integrante permanente	Dr. Jorge Vega Stieb	Internista
Integrante permanente	Dra. Carla Salvo Porras	Hematóloga
Integrante permanente	Sr. Daniel Birke León	Laboratista dental
Integrante permanente	Srta. Mirta Montecinos Day	Enf. Universitaria

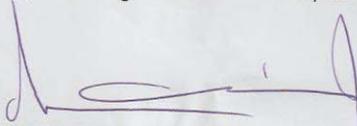
Han revisado los documentos del estudio en referencia y además, de conocer los antecedentes presentados por el revisor, Dr. Jorge Vega Stieb, declaran que:

1. El diseño se ajusta a las normas de Investigación en Seres Humanos.
2. La razón costo/ beneficio fue estimada aceptable.
3. El formulario de consentimiento informado cumple con los requisitos exigidos.
4. Se garantiza contar con el financiamiento para la investigación
5. Los antecedentes curriculares del Investigador Principal y/o Responsable garantizan la ejecución del Ensayo Clínico dentro de los marcos éticamente aceptables.

En consecuencia, el Comité Ético Científico de Hospital Naval "Almirante Nef", ha considerado que el estudio clínico no presenta reparos éticos; y se aprueba a por unanimidad de sus miembros, se procede a la firma y timbre del Presidente de este Comité.

Dicho estudio se llevará a cabo en el servicio de Oftalmología, bajo la responsabilidad del Sr. Juan López Cisternas, Tecnólogo Médico del Hospital Naval "Almte. Nef".




CARLOS ECHEVERRIA BUNSTER
PRESIDENTE
COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO
HOSPITAL NAVAL ALMIRANTE NEF.

DISTRIBUCIÓN

1. Investigador Principal
2. Recursos Humanos (Encargada Prácticas)
3. Archivo

I.2

Exámenes con registro de astigmatismo de cara anterior >1Dp									
Nº	Ojo	Edad	Sexo	K1	K2	Astigmatismo	Amplitud CA	< iridocorneal S	I
1	OD	21	M	-6,0	-6,6	6,2° 0,6D	3,42		
	OI			-5,9	-6,7	170,6° 0,8D	3,46		
2	OD	35	M	-5,7	-6,2	13,1° 0,5D	2,75		
	OI			-5,6	-6,2	173,9° 0,7D	2,72		
3	OD	36	F	-5,8	-6,7	5,3° 0,9D	2,52	41,4	31,7
	OI			-5,8	-6,4	178,3° 0,6D	2,49	25,3	36,2
4	OD	21	M	-6,4	-7,0	177,5° 0,6D	3,08	46,7	47,1
	OI			-6,4	-7,0	2,9° 0,6D	3,06		
5	OD	32	M	-5,4	-6,5	179,0° 1,1D	2,87		
	OI			-5,6	-6,2	178,5° 0,6D	2,79		
6	OD	27	M	-5,6	-6,4	10,3° 0,8D	2,65		
	OI			-5,5	-6,5	162,7° 0,9D	2,60		
7	OD	28	F	-6,1	-6,8	176,2° 0,7D	3,06		
	OI			-6,1	-6,7	175,1° 0,6D	3,10		
8	OD	53	M	-5,6	-6,1	11,1° 0,5D	2,87		
	OI			-5,7	-6,2	167,2° 0,6D	3,05		
9	OD	15	F	-6,1	-6,8	11,8° 0,6D	2,99		
	OI			-6,1	-6,8	164,7° 0,7D	2,99		
10	OD	15	M	-5,6	-6,4	10,9° 0,8D	3,18		
	OI			-5,7	-6,3	3,4° 0,6D	3,15		
11	OD	42	F	-5,7	-6,7	3,4° 1,0D	2,52		
	OI			-5,7	-6,6	2,5° 0,8D	2,43		
12	OD	30	M	-5,7	-7,2	14,1° 1,5D	2,89		
	OI			-6,1	-6,8	169,7° 0,7D	2,89		
13	OD	24	M	-5,8	-6,4	6,8° 0,6D	3,56		
	OI			-5,8	-6,4	179,6° 0,6D	3,50		
14	OD	23	M	-5,8	-6,4	161,8° 0,6D	2,65	42,8	36,2
	OI			-5,8	-6,5	161,6° 0,7D	2,71	48,9	38,6
15	OD	37	M	-6,1	-6,7	5,1° 0,7D	3,00		
	OI			-6,1	-6,5	170,6° 0,5D	2,98		
16	OD	48	M	-5,8	-6,3	2,7° 0,5D	3,05		
	OI			-5,7	-6,1	0,0° 0,4D	3,06		
17	OD	47	F						
	OI			-6,0	-6,8	7,5° 0,9D	1,94	15,0	21,6

18	OD	51	M	-6,0	-6,5	14,7° 0,4D	3,47	24,5	32,0
	OI			-6,0	-6,4	166,7° 0,4D	3,50	28,6	33,3
19	OD	26	M	-6,2	-6,4	179,5° 0,2D	3,20	38,1	41,8
	OI			-6,2	-6,5	172,4° 0,3 D	3,34	39,7	44,5
20	OD	37	F	-5,9	-6,5	3,8° 0,6D	3,23	31,8	41,0
	OI			-5,8	-6,7	5,6° 0,9D	3,28	33,5	38,9
21	OD	58	F	-6,2	-6,7	174,9° 0,5D	3,32		
	OI			-6,1	-6,8	179,2° 0,8D	3,18		
22	OD	57	F	-6,0	-6,8	26,8° 0,8D	2,75		
	OI								
23	OD	25	M	-6,1	-7,2	3,7° 1,0D	3,17	29,4	37,6
	OI			-6,1	-6,9	176,2° 0,8D	3,15	27,8	34,2
24	OD	37	M	-5,6	-6,4	178,8° 0,8D	2,74	17,3	25,9
	OI			-5,6	-6,4	173,6° 0,8D	2,72	20,4	31,8
25	OD	17	F	-5,9	-6,9	5,9° 1,0D	3,06		
	OI			-5,8	-7,0	168,3° 1,2D	3,05		
26	OD	35	M						
	OI			-5,9	-6,5	169,3° 0,6D	3,61	42,9	43,2
27	OD	26	M						
	OI			-5,8	-6,0	36,4° 0,2D	3,47	44,0	45,0
28	OD	24	M						
	OI			-6,2	-6,5	176,1° 0,3D	2,97	31,5	34,8
29	OD	41	F	-6,1	-6,6	177,8° 0,5D	2,77		
	OI			-6,1	-6,6	1,5° 0,5D	2,79		
30	OD	59	F	-6,0	-6,6	20,5° 0,6D	2,87		
	OI			-6,0	-6,4	143,3° 0,4D	2,76		
40	OD	42	F	-6,0	-6,6	8,4° 0,6D	3,20	48,6	33,8
	OI			-5,9	-6,7	171,6° 0,8D	3,21	46,9	32,1
41	OD	43	F	-6,1	-6,6	176,8° 0,6D	3,04		
	OI			-6,0	-6,8	7,2° 0,9D	3,00		
42	OD	58	F						
	OI			-6,1	-6,6	154,5° 0,5D	2,90		
43	OD	22	M	-5,7	-6,4	179,4° 0,7D	2,86		
	OI								
44	OD	32	M	-5,9	-6,3	0,4° 0,4D	3,04		
	OI			-5,9	-6,2	179,1° 0,4D	3,00		
45	OD	21	M	-6,0	-6,7	17,8° 0,7D	3,74		
	OI								
46	OD	17	M	-6,3	-6,8	10,1° 0,4D	3,01		

	OI			-6,2	-7,0	176,5° 0,8D	3,02		
47	OD	13	M	-6,1	-6,9	13,6° 0,8D	3,21	44,5	43,8
	OI			-6,0	-6,9	173,9° 0,9D	3,24	33,6	44,5
48	OD	25	M	-6,1	-6,7	11,1° 0,6D	3,39	40,3	44,1
	OI			-6,2	-6,8	176,7° 0,5D	3,35	43,2	51,1
49	OD	8	M	-5,8	-6,7	9,6° 0,9D	2,83		
	OI			-5,7	-6,6	173,1° 0,8D	2,77		
50	OD	6	F	-5,9	-6,6	4,1° 0,8D	3,13	39,7	42,5
	OI			-5,9	-6,7	171,5° 0,7D	3,15	38,5	44,5
51	OD	59	F	-5,6	-6,2	7,3° 0,6D	2,65	36,9	31,0
	OI			-5,6	-6,1	167,2° 0,5D	2,59	32,9	32,2
52	OD	17	F	-6,0	-6,6	8,4° 0,6D	2,95		
	OI			-6,0	-6,6	170,4° 0,5D	2,96		
53	OD	42	M	-5,7	-6,1	28,2° 0,4D	3,28	37,4	47,9
	OI			-5,6	-6,2	161,0° 0,6D	3,15	34,7	42,9
54	OD	22	F	-5,6	-6,4	24,8° 0,7D	2,85		
	OI			-5,8	-6,1	154,6° 0,3D	2,85		
55	OD	17	M						
	OI			-5,5	-6,3	174,0° 0,8D	2,63	26,8	29,8
56	OD	59	M	-5,7	-6,1	2,2° 0,4D	2,63	21,3	30,8
	OI			-5,7	-6,0	170,8° 0,4D	2,64	21,4	35,7
57	OD	55	F	-5,9	-6,8	0,5° 0,9D	2,84	22,6	30,1
	OI			-6,2	-6,8	172° 0,6D	2,96	30,4	32,2
58	OD	35	F	-5,9	-6,4	11,6° 0,4D	2,79	26,1	25,8
	OI			-5,9	-6,5	167,2° 0,6D	2,83	37,9	31,2
59	OD	50	F	-5,9	-6,8	16,0° 0,9D	2,80	28,9	30,2
	OI			-5,8	-6,7	155,4° 0,9D	2,71	23,4	35,2
60	OD	22	F	-6,2	-6,9	4,2° 0,7D	3,23		
	OI			-6,2	-6,9	165,9° 0,7D	3,25		
61	OD	38	M	-5,8	-6,5	6,4° 0,7D	3,15		
	OI								
62	OD	18	M	-5,9	-6,7	9,0° 4,5D	3,33	33,7	28,7
	OI			-5,9	-6,7	175,3° 3,8D	3,36	27,5	26,1
63	OD	14	F	-5,5	-5,9	11,2° 0,8D	3,22	28,3	41,3
	OI			-5,6	-6,4	168,2° 0,7D	3,27	26,2	42,2
64	OD	25	M	-6,0	-6,5	177,1° 0,5D	3,44	28,9	46,3
	OI			-6,0	-6,5	171,6° 0,5D	3,41	30,7	47,9
65	OD	21	F	-5,9	-6,8	3,0° 0,9D	2,37		
	OI			-5,9	-6,8	165,0° 0,9D	2,36		

66	OD	22	M	-6,1	-6,9	10,2° 0,8D	3,42		
	OI			-6,3	-6,8	171,3° 0,5D	3,32		
67	OD	46	F	-5,8	-6,2	4,5° 0,4D	2,07		
	OI			-5,7	-6,4	179,4° 0,7D	2,11		
68	OD	51	M	-6,3	-6,6	173,1° 0,3D	2,91		
	OI			-6,2	-6,5	8,7° 0,3D	2,99		
69	OD	19	M	-6,1	-7,2	10,3° 1,1D	3,05	40,7	43,5
	OI			-6,0	-7,0	173,6° 1,0D	3,01	35,7	44,7
70	OD	51	M	-5,8	-6,6	10,2° 0,8D	2,61	23,7	28,1
	OI			-5,8	-6,6	162,4° 0,8D	2,71	23,0	30,2
71	OD	22	F	-6,2	-6,7	10,3° 0,5D	2,91	32,1	38,5
	OI			-6,1	-6,9	163,6° 0,8D	2,95	38,9	38,7
72	OD	21	F	-6,0	-6,4	6,6° 0,4D	3,14		
	OI			-6,0	-6,4	173,3° 0,4D	3,18		
73	OD	34	F						
	OI			-5,6	-6,3	3,5° 0,6D	2,81	31,7	32,0
74	OD	18	M	-5,8	-6,2	13,3° 0,4D	2,92		
	OI			-5,7	-6,6	164,9° 0,8D	2,88		
75	OD	47	F	-5,6	-6,6	10,6° 1,0D	2,43		
	OI			-5,7	-6,7	169,4° 0,9D	2,45		
76	OD	57	M	-6,5	-6,9	4,2° 0,4D	2,38		
	OI			-6,5	-6,9	169,2° 0,5D	2,41		
77	OD	40	F	-6,1	-6,9	6,7° 0,7D	2,41	26,2	33,2
	OI			-6,2	-6,7	4,5° 0,5D	2,47	25,1	31,0
78	OD	22	M	-6,0	-6,5	5,4° 0,5D	3,24		
	OI			-6,0	-6,3	174,5° 0,5D	3,27		
79	OD	35	M	-5,8	-6,4	5,7° 0,7D	3,12		
	OI			-5,7	-6,5	176,6° 0,8D	3,21		
80	OD	27	M	-5,7	-6,4	8,1° 0,7D	3,35	26,5	49,5
	OI			-5,7	-6,6	175,7° 0,9D	3,27	32,3	40,2
81	OD	22	F	-5,7	-6,6	9,0° 0,9D	2,55	29,1	27,6
	OI			-5,7	-6,6	163,7° 0,9D	2,56	28,6	40,6
82	OD	54	F	-6,2	-6,6	168,7° 0,4D	2,05		
	OI			-6,2	-6,7	5,7° 0,4D	2,08		
83	OD	18	M	-5,8	-6,7	1,2° 0,9D	2,91	25,7	48,2
	OI			-5,8	-6,7	172,0° 0,9D	2,88	33,8	33,0
84	OD	23	F	-5,9	-6,6	177,8° 0,7D	3,20		
	OI			-5,9	-6,6	171,1° 0,7D	3,19		
85	OD	23	M	-5,9	-6,7	6,7° 0,8D	2,68		

	OI			-5,9	-6,8	169,6° 0,9D	2,76		
86	OD	19	M	-5,6	-6,5	15,6° 0,9D	2,79	20,4	37,5
	OI			-5,7	-6,5	160,9° 0,8D	2,83	19,1	29,3
87	OD	34	F	-6,0	-6,5	6,9° 0,5D	3,48	38,4	44,6
	OI			-5,9	-6,4	4,8° 0,5D	3,48	37,9	42,6
88	OD	23	M	-6,2	-6,8	12,5° 0,6D	3,27	27,7	40,9
				-6,2	-6,7	170,8° 0,5D	3,32	30,3	42,9

I.3

Exámenes con registro de queratocono									
n°	Ojo	Edad	Sexo	K1	K2	Astigmatismo	Amplitud CA	>iridocorneal S	I
1	OD	25	M	-6,1	-7,2	3,7° 1D	3,17	29,4	37,6
	OI			-6,1	-6,9	175,9° 0,8D	3,15	27,8	34,2
2	OD	14	F	-5,9	-6,2	8,4° 0,7D	2,86		
	OI			-5,9	-6,7	174° 0,9D	2,86		
9	OD	30	M	-6,6	-6,9	8,5° 0,3D	3,36	32,5	34,6
	OI			-6,7	-7,5	169,1° 0,8D	3,40	32,8	36,3
4	OD	28	M	-8,4	-9,2	172,3° 0,8D	3,49	22,2	39,1
	OI			-7,2	-8,0	175,6° 0,8D	3,33	28,7	46,3
5	OD	56	M	-6,6	-7,0	15,3° 0,3D	3,11	41,7	42,0
	OI								
6	OD	23	M	-7,1	-7,3	176,5° 0,2D	3,78	41,1	45,2
	OI			-7,0	-7,1	31,6° 0,2D	3,78	35,4	43,9
7	OD	29	M	-7,2	-8,0	14,9° 0,8D	3,18	71,4	38,9
	OI			-5,7	-6,5	155,3° 0,8D	3,03	35,9	40,0
8	OD	40	M	-6,2	-6,7	33,6° 0,5D	3,28		
	OI			-7,1	-8,0	154,2° 0,9D	3,40		
9	OD	31	M	-10,0	-11,0	15,1° 1,4D	3,71	30,7	35,8
	OI			-8,3	-9,3	170,1° 1,1D	3,54	34,6	39,9
10	OD	37	M	-5,9	-6,7	42,9° 0,8D	2,81		
	OI			-5,8	-6,4	151,5° 0,6D	2,89		
11	OD	24	F	-6,5	-7,6	26,9° 1,1D	3,14	56,4	33,1
	OI			-8,0	-8,5	6,0° 0,5D	3,30	30,9	35,5
12	OD	20	F	-7,5	-8,4	13,2° 0,9D	3,39	52,6	47,3
	OI			-6,4	-7,1	143,0° 0,7D	3,45	29,7	34,8
13	OD	33	M	-6,0	-6,7	27,0° 0,7D	2,92	34,3	37,9
	OI			-5,9	-6,5	152,4° 0,6D	2,90	32,4	41,0

14	OD	20	M						
	OI			-5,9	-6,9	165,5° 0,9D	3,50		
15	OD	44	M	-7,4	-7,6	3,8° 0,1D	3,54	37,8	43,3
	OI								
16	OD	49	M	-6,7	-7,0	174,5° 0,3D	3,02		
	OI			-7,1	-8,6	75,3° 1,5D	3,05		
17	OD	30	F	-6,7	-7,9	21,1° 1,1D	3,53	31,2	36,8
	OI			-6,5	-7,5	164,6° 1,1D	3,49	27,3	37,3
18	OD	42	M	-7,2	-7,7	16,4° 4,1D	2,91		
	OI			-7,5	-8,0	6,7° 0,5D	2,75		
19	OD	48	F	-7,2	-7,7	40,1° 0,5D	3,01	24,2	45,6
	OI								
20	OD	41	M						
	OI			-6,8	-7,7	163,1° 1,0D	3,58	31,9	46,0
21	OD	18	M	-7,1	-7,7	5,9° 0,5D	2,69	29,5	35,4
	OI			-6,9	-7,6	172,5° 0,7D	2,90	33,3	38,4
22	OD	37	F	-7,5	-7,6	171,8° 0,1D	3,38	25,5	38,8
	OI			-5,9	-6,9	161,2° 0,9D	3,20	29,1	42,2
23	OD	29	M	-7,1	-7,4	0,7° 0,3D	3,28	21,4	46,7
	OI			-5,7	-6,3	154,4° 0,6D	3,17	30,2	47,0
24	OD	56	M	-7,0	-7,8	161,6° 0,8D	3,43		
	OI			-6,7	-7,0	19,1° 0,3D	3,35		
25	OD	53	M						
	OI			-11,0	-11,0	179,0° 0,1D	3,44	26,9	35,1
26	OD	42	M	-6,4	-7,6	41,8° 1,2D	3,14		
	OI			-6,1	-6,5	141,0° 0,4D	3,00		
27	OD	39	M	-6,8	-7,8	8,5° 1,0D	3,16		
	OI			-7,5	-8,1	13,5° 0,6D	3,22		
28	OD	30	M						
	OI			-6,8	-7,5	156,6° 0,7D	3,36	29,7	43,9
29	OD	26	M	-5,7	-6,7	24,4° 1,0D	3,32		
	OI			-5,4	-6,6	153,4° 1,2D	3,38		
30	OD	18	F	-6,6	-7,7	10,1° 1,1D	2,95	33,4	36,1
	OI			-6,8	-7,8	162,4° 1,0D	2,91		
31	OD	27	M	-6,1	-6,5	35,3° 0,3D	3,39		
	OI			-6,1	-6,6	145,8° 0,5D	3,27	20,6	36,5
32	OD	46	M	-7,4	-8,6	10,7° 1,2D	2,75	38,9	41,0
	OI			-6,1	-6,7	147,7° 0,7D	2,64	37,0	40,4
33	OD	46	F	-6,4	-7,1	27,0° 0,7D	2,61		

	OI			-6,2	-7,1	150,5° 1,0D	2,71		
34	OD	47	M	-7,4	-8,6	10,7° 1,2D	2,75	38,9	41,0
	OI								
35	OD	20	F	-7,5	-8,4	13,2° 0,9D	3,39	52,6	47,3
	OI			-6,4	-7,1	143,0° 0,7D	3,45	29,7	34,8
36	OD	32	F	-6,4	-7,7	20,5° 1,3D	2,88		
	OI								
37	OD	48	M	-7,7	-7,9	30,4° 0,2D	2,75		
	OI			-6,3	-7,3	168,9° 1,0D	2,69		
38	OD	32	M						
	OI			-7,5	-7,8	170,3° 0,4D	2,75		
39	OD	21	F	-6,7	-8,5	7,0° 7,2D	3,27		
	OI			-6,1	-7,3	157,0° 1,2D	3,20		
40	OD	37	M	-6,4	-6,8	10,7° 0,4D	2,70		
	OI								
41	OD	20	M						
	OI			-8,6	-8,8	48,6° 0,2D	3,36		
42	OD	34	M	-7,4	-7,6	3,8° 0,1D	3,54	37,8	43,3
	OI								
43	OD	37	M	-7,2	-8,5	13,8° 1,3D	2,84		
	OI			-6,3	-7,0	173,6° 0,7	2,75		
44	OD	34	F	-6,2	-6,5	107,4° 0,4D	3,10		
	OI			-6,5	-6,9	169,4° 0,5D	3,30		
45	OD	25	M	-8,2	-9,7	6,1° 1,5D	3,23		
	OI			-6,5	-7,8	173,1° 1,3D	2,93		
46	OD	46	F	-5,8	-6,1	58,5° 0,3D	2,63		
	OI			-6,7	-7,3	147,2° 0,6D	2,88		
47	OD	23	M	-5,9	-6,7	26,1° 0,8D	3,44	46,4	48,7
	OI								
48	OD	24	M	-6,2	-6,5	14,1° 0,2D	3,12	39,7	38,1
	OI			-6,6	-7,0	146,4° 0,4D	3,13	32,5	38,1
49	OD	27	M	-6,9	-7,4	8,1° 0,4D	3,97		
	OI			-6,1	-6,5	163,2° 0,4D	3,80		
50	OD	53	F	-5,6	-6,7	1,7° 1,1D	2,47	24,3	34,9
	OI			-5,5	-6,8	165,0° 1,2D	2,49	30,8	34,4
51	OD	26	M	-6,0	-6,1	15,6° 0,1D	3,23	41,4	38,1
	OI			-11,0	-11,0	76,6° 0,1D	4,13		
52	OD	23	F						
	OI			-6,5	-7,6	159,4° 1,1D	3,76	49,2	54,0

53	OD	24	M	-6,2	-7,5	16,9° 1,3D	3,08		
	OI			-6,1	-6,5	166,1° 0,4D	3,03		
54	OD	23	M						
	OI			-5,9	-6,2	10,6° 0,3D	2,60		
55	OD	14	M						
	OI			-6,3	-7,7	162,1° 1,4D	3,37		
56	OD	44	F	-7,2	-8,1	12,4° 0,9D	3,28		
	OI			-7,9	-8,6	160,7° 0,7D	3,43		
57	OD	22	M	-6,4	-7,4	10,6° 1,0D	3,78	39,4	50,3
	OI			-5,8	-7,1	170,5° 1,2D	3,79	46,1	44,9
58	OD	13	F						
	OI			-7,2	-8,0	94,5° 0,7D	3,55	49,4	43,1
59	OD	27	M	-7,6	-7,9	173,7° 0,3D	3,81	51,7	45,0
	OI			-7,0	-7,7	145,2° 0,7D	3,71	48,4	38,7
60	OD	34	F	-6,8	-7,7	3,5° 0,9D	3,15	24,9	39,7
	OI			-6,6	-7,9	169,8° 1,3D	3,29	33,6	42,5
61	OD	18	M	-6,4	-6,8	40,8° 0,4D	3,17		
	OI			-7,8	-8,3	163,6° 0,6D	3,38		
62	OD	21	M	-6,2	-6,4	172,8° 0,3D	3,16	29,9	33,7
	OI			-7,2	-7,5	163,6° 0,4D	3,54	35,1	42,2