

Trabajo Fin de Grado

Estudio comparativo de medidas de espesor
corneal

Comparative study of corneal thickness
measurements

Autor

Sofía Lucía García Benítez

Directores

Beatriz Cameo Gracia
Diana Soriano Pina

Facultad de ciencias
Grado Óptica y Optometría
2019/2020

ÍNDICE

1.	RESUMEN	3
2.	INTRODUCCIÓN	4
2.1	Córnea	4
2.1.1	Funciones y propiedades	4
2.1.2	Estructura y capas	5
2.1.3	Nutrición y metabolismo	6
2.2	Técnicas de exploración corneal	7
2.2.1	Biomicroscopio ocular	7
2.2.2	Queratometría	7
2.2.3	Tomografía de coherencia óptica	8
2.2.4	Paquimetría ultrasónica	8
2.2.5	Biopsia	8
2.2.6	Microscopia especular	8
2.3.	Espesor corneal central y su relación con patologías oculares	9
2.3.1	Espesor corneal y glaucoma	9
2.3.2	Espesor corneal y ectasias	9
2.3.3	Espesor corneal y cirugía refractiva	10
3.	HIPÓTESIS PRINCIPAL	11
4.	OBJETIVOS	11
4.1	Objetivo general	11
4.2	Objetivos específicos	11
5.	METODOLOGÍA	11
5.1	Sujetos del estudio	11
5.1.1	Criterios de inclusión y de exclusión	12
5.2	Protocolo exploratorio	13
5.2.1.1	TRK-2P (Topcon)	14
5.2.1.2	Microscopio especular SP-1P Topcon	14
5.2.1.3	Tomógrafo de coherencia óptica 3D OCT-1 Maestro	15
5.2.1.4	Biómetro IOL Master 700®	16
5.2.1.5	Topógrafo corneal Pentacam®	18
5.2.1.6	Paquímetro ultrasónico Ocuscan RxP de Alcon	19
5.3	Análisis estadístico	20
6.	RESULTADOS	20
7.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	23
8.	BIBLIOGRAFÍA	25

I. LISTADO DE ABREVIATURAS

- ADENOSIN TRIFOSFATO (ATP)
- AGUDEZA VISUAL (AV)
- CAMPO VISUAL (CV)
- DEGENERACIÓN MACULAR ASOCIADA A LA EDAD (DMAE)
- DESVIACIÓN ESTÁNDAR (SD)
- DIOPTRÍAS (D)
- KILOHERCIOS (KHz)
- LENTE INTRAOCULAR (LIO)
- LENTES DE CONTACTO RIGIDAS GAS PERMEABLES (LC RGP)
- MEGARHERCIOS (MHz)
- MICRAS (μm)
- MILÍMETROS DE MERCURIO (MmHg)
- PRESIÓN INTRAOCULAR (PIO)
- QUERATOPLASTIA PENETRANTE (QTP)
- TOMOGRAFÍA DE COHERENCIA ÓPTICA (OCT)

1. RESUMEN

La paquimetría es una técnica clínica oftalmológica mediante la cual podemos precisar el espesor corneal. Esta técnica tan relevante en la práctica clínica, es imprescindible en los pacientes glaucomatosos, cirugías refractivas, y ectasias corneales.

La presión intraocular (PIO) puede estar artefactada por la paquimetría, es por ello que se puede corregir y estimar un valor real de la PIO en función de la paquimetría corneal.

En la cirugía refractiva supone un valor que indicará si la cirugía es viable o no en función de las necesidades de espesor corneal para cada tipo de actuación quirúrgica, y será necesario realizarla en la fase pre, inter y post operatoria.

Asimismo también es imprescindible para el diagnóstico y tratamiento de ectasias corneales tales como el queratocono.

La finalidad de este estudio es conocer la relación entre 6 aparatos comúnmente empleados en la práctica clínica como son el paquímetro de no contacto TRK-2P (Topcon), el microscopio especular SP-1P (Topcon), el tomógrafo de coherencia óptica 3D OCT-1 Maestro (Topcon), el biómetro IOL Master 700® (Zeiss), el topógrafo corneal Pentacam® (Oculus), y el paquímetro ultrasónico OCUSCAN RxP (Alcon). Para ello se tomaron medidas paquimétricas a los sujetos de dicho estudio con cada uno de los instrumentos mencionados y se compararon los resultados mediante métodos estadísticos.

METODOLOGÍA:

En este estudio de tipo transversal y comparativo, se examinaron 28 ojos de sujetos sanos. Se midió el espesor corneal con diferentes instrumentos ópticos: paquímetro de no contacto TRK-2P (Topcon), Microscopio especular SP-1P (Topcon), tomógrafo de coherencia óptica 3D OCT-1 Maestro (Topcon), biómetro IOL Master 700® (Zeiss), topógrafo corneal Pentacam® con tecnología Scheimplug (Oculus) y paquímetro ultrasónico OCUSCAN RxP (Alcon). Para verificar la normalidad de los datos se utilizó el test de Kolmogorov–Smirnov y al obtenerse un resultado positivo, se procedió a realizar test paramétricos, T-Student y la prueba de muestras relacionadas para determinar el grado de correlación entre las mediciones realizadas con unos instrumentos y otros.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES:

Los resultados obtenidos muestran una alta correlación entre todos los instrumentos empleados en el estudio, tanto por parejas de instrumentos como para medias individuales, por lo que se puede afirmar que los instrumentos empleados en el estudio tienen una reproducibilidad e intercambiabilidad muy alta. Lo que lleva a concluir que en la práctica clínica todos ellos son una opción efectiva para medir el espesor corneal.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Córnea

2.1.1 Funciones y propiedades

Anatómicamente la córnea es un tejido de carácter avascular y transparente, cuya nutrición proviene de los plexos vasculares del limbo esclerocorneal, humor acuoso y película lagrimal.

Su forma es similar a la de una elipse prolata. Se encuentra en contacto con la película lagrimal en su parte anterior o más externa y con el humor acuoso en su cara interna. ^(1,2)

Gracias a la transparencia corneal los rayos que entran en el sistema visual se refractan y la luz se enfoca en la retina. Otra de las funciones de la córnea es la de actuar como barrera de defensa ante agentes exteriores, así como la de proteger las estructuras intraoculares. ⁽³⁾

Es un tejido altamente sensible puesto que es la estructura que cuenta con mayor inervación en todo el cuerpo humano, posee unas 10,000 terminaciones por mm^2 procedentes del nervio trigémino de la rama oftálmica.

El espesor corneal varía desde el centro con aproximadamente 550 micras (μm), hasta la periferia donde adquiere valores de unas 800 μm . Al acercarnos a la periferia se transforma progresivamente, cambiando su morfología hasta convertirse en esclera, dicha zona de transición entre ambas estructuras se conoce con el nombre de limbo esclero-corneal, donde se localizan las estructuras fundamentales para el mantenimiento de la presión ocular.

La cornea permite la formación de imagen gracias a un diámetro uniforme, una exacta disposición de microfibrillas de colágeno del estroma, la regular conformación del epitelio y la ausencia de irregularidades a causa de la función de la lágrima. ⁽¹⁻³⁾

Tiene un diámetro medio horizontal de 12,6 mm y un diámetro medio vertical de 11,7 mm. Los radios de curvatura estándar son de 7,8 mm el radio anterior y entre 6,2-6,8 mm el radio posterior, aunque al igual que el resto de parámetros corneales varían en función del individuo. Otro parámetro corneal es su índice de refracción de un valor de 1,376. ⁽³⁾

El poder refractivo de la cara anterior de la córnea es de 48,83 D y el de la cara posterior de -5,88 D, por lo que el poder refractivo total corneal es de unas 43,05 D, de manera que representa los 2/3 del poder refractivo total ocular puesto que la otra estructura que aporta poder dióptrico es el cristalino que cuenta con unas 18-20D. ^(3,4)

2.1.2 Estructura y capas

Histológicamente la córnea se compone de seis capas, como se muestran en la Fig. 1: epitelio, membrana de Bowmann, estroma, capa de Dua, membrana de Descemet y endotelio.

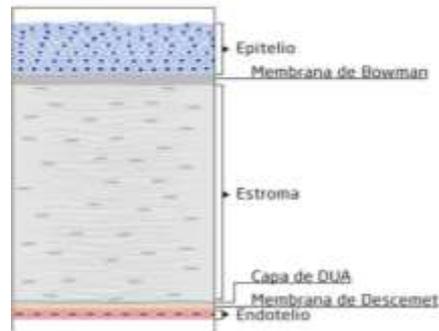


Figura 1. Corte histológico de la córnea

- **Epitelio corneal**

Es la capa corneal más externa, tiene entre 40 y 60 μm de espesor y es un tejido poliestratificado, escamoso, ausente de queratina, compuesto por diferentes capas celulares: células basales unidas a la membrana basal a través de hemidesmosomas, células aladas, células escamosas o también llamadas superficiales. Estas células adquieren una estructura más plana y menos cubica conforme llegan a la superficie corneal. Las funciones del epitelio son las siguientes: óptica, protección frente a agresiones externas, barrera ante fluidos y microorganismos y estabilizador de la lágrima, gracias a las microvellosidades que posee el tejido. ⁽¹⁻³⁾

- **Membrana de Bowmann**

Se encuentra bajo las células basales epiteliales. Constituye una capa de aproximadamente 12 μm de espesor, sin embargo a pesar de tener menor espesor que el epitelio, su rigidez es mayor. Esta capa no se encuentra conformada por ningún tipo de células, por lo que no tiene apenas actividad metabólica. Únicamente está compuesta por fibras de proteína colágeno cuya función es aportar forma y consistencia a la córnea. No tiene capacidad regenerativa. ⁽¹⁻³⁾

- **Estroma**

Constituye la mayor parte de la estructura corneal, un 90% de la misma. Está formado por 200-250 fibras de colágeno, fundamentalmente de tipo I dispuestas en láminas por toda la extensión de la córnea, siendo los espacios entre ellas rellenos de queratocitos y proteoglicanos: condrotín sulfato y queratan sulfato. Estas células se encargan del correcto mantenimiento del estroma así como de la síntesis de nuevas fibras de colágeno. ⁽¹⁻³⁾

- **Capa de Dua**

Fina estructura acelular localizada entre el estroma y la membrana de Descemet, descubierta en el año 2013 por Harminder Dua. Esta capa tiene unas 15 μm de espesor y está compuesta por fibras de colágeno del tipo I dispuestas en forma transversal, longitudinal y oblicua, formando entre 5-8 láminas de colágeno. ⁽⁵⁾

- **Membrana de Descemet**

Capa fina de colágeno de entre 5 y 10 μm de espesor, formada por fibras de colágeno dispuestas en dos capas cuya función es aportar resistencia y elasticidad. ⁽¹⁾

- **Endotelio**

Capa más profunda de la córnea, se encuentra en contacto con el humor acuoso, está compuesto por una única capa fina de células hexagonales de unas 10 -15 μm orientadas de forma irregular. Estas células desarrollan una alta actividad metabólica, regulando la hidratación y nutrición corneal. Las células endoteliales no poseen capacidad de regeneración, a diferencia del epitelio y el estroma, y su número disminuye con la edad, variando desde las 3,000-5,000 células en el nacimiento hasta las 2,600 en la segunda década de vida. Reduciéndose un promedio de 0,5% por año. La pérdida de estas células se suple con el aumento de las que aún están presentes. ^(1,2,3,6)

2.1.3 Nutrición y metabolismo

La córnea es una estructura avascular que obtiene su nutrición de la lágrima y del humor acuoso. La provisión de los nutrientes varía en función de la concentración en la que se encuentren en la córnea, así como en el humor acuoso y la lágrima. El oxígeno puede obtenerse por la atmósfera (lágrima) o por el humor acuoso, siendo obtenido en mayor cantidad de la lágrima. Así pues durante los periodos de sueño, donde el ojo se encuentra cerrado y por tanto la córnea no está en contacto directo con la atmósfera, esta sufre un proceso de edematización que disminuye progresivamente tras finalizar el sueño. Este engrosamiento es normal, y puede afectar por tanto a las medidas de la PIO. ^(1,2)

La córnea es una estructura donde se dan tres procesos metabólicos: glucólisis, ciclo de Krebs y Shunt de las pentosas. La energía que sintetiza la córnea en forma de ATP, es principalmente producida en el proceso metabólico del ciclo de Krebs; glucólisis aeróbica. La glucosa es el principal sustrato metabólico de la córnea. ^(1,2)

2.2 Técnicas de exploración corneal

Existen diversas maneras de valorar el estado corneal de un sujeto, dependiendo si se desea evaluar la cantidad de células, su aspecto, su morfología o su espesor.

A continuación, se expone brevemente cada uno de los instrumentos utilizados y posteriormente, en el apartado de instrumentos empleados en el estudio se procederá a explicarlos en profundidad: lámpara de hendidura, queratometría, tomografía de coherencia óptica (OCT), paquimetría ultrasónica, biopsia, microscopia especular y topografía.

También existen otros aparatos como el IOL Master 700[®], que cuenta con la tecnología swept source que permite analizar la córnea y obtener la queratometría anterior y posterior. El HRT también facilita la exploración de la córnea ya que proporciona una visualización de los nervios corneales.

2.2.1 Biomicroscopio ocular

El biomicroscopio ocular, también recibe el nombre de lámpara de hendidura. Es un instrumento muy empleado en la exploración del segmento anterior y anejos oculares, usado en consulta oftalmológica rutinaria para el seguimiento de patologías oculares, detección de cataratas o en el área de óptica-optometría para la adaptación de lentes de contacto. Empleada junto con lentes auxiliares permite visualizar el fondo de ojo, realizar tomas de PIO, así como el ángulo camerular mediante la técnica de gonioscopía.

Existen varias formas de iluminación, que son independientes de la posición del sistema de observación y pueden complementarse con filtros: iluminación directa, iluminación indirecta, iluminación difusa, y la técnica de Van Herick de estimación de profundidad corneal. Para el estudio de la superficie corneal las técnicas de iluminación empleadas suelen ser, iluminación difusa e iluminación directa.^(7,8)

2.2.2 Queratometría

Proporciona la medida de radio de curvatura anterior corneal mediante la proyección de unas miras en la misma, de manera que se genera una imagen de carácter virtual cuya medida es dependiente del radio anterior. Podemos encontrar diferentes tipos de queratómetros en el mercado, los manuales dentro de los cuales se encuentran el queratómetro de Javal y el queratómetro de Helmholtz, y los automáticos.

Los queratómetros suelen emplear un índice de 1,3375, diferente al corneal. A través de las mediciones de los meridianos vertical y horizontal se puede calcular la potencia corneal total. Asimismo, podemos obtener el astigmatismo corneal y analizar la tipología (directo, inverso u oblicuo). Este valor nos servirá para calcular la potencia de la lente intraocular (LIO) a implantar en cirugía de cataratas o los valores de astigmatismo a corregir en cirugía refractiva.⁽⁹⁾

2.2.3 Tomografía de coherencia óptica

La OCT es un instrumento de diagnóstico por imagen con el cual se obtienen representaciones tomográficas precisas de polo anterior. Las cuales resultan de utilidad en procesos de cirugía refractiva corneal, pacientes con LIO fáquicas, ectasias corneales. Así como para el seguimiento de patologías oculares tales como el pterigium.

También proporciona imágenes de retina, nervio óptico y mácula, con las así diagnosticar y realizar un seguimiento de patologías como glaucoma o la degeneración macular asociada a la edad (DMAE). Esto se consigue mediante la obtención de un registro de imágenes relacionadas entre sí de una de las estructuras del ojo. ⁽¹⁰⁾

2.2.4 Paquimetría ultrasónica

La paquimetría es una prueba que cuantifica el valor del espesor corneal en uno o varios puntos de la misma. El valor más empleado en la práctica clínica es el espesor central. Sin embargo, el valor referente a la periferia es el más relevante en patologías como ectasias corneales (queratoconos) o edemas inducidos por LC. Es una técnica imprescindible en el conjunto de medidas preoperatorias refractivas, ectasias corneales o para cuantificar de manera exacta el valor de la PIO. ^(11,12)

La paquimetrías ultrasónica emplea ultrasonidos de 20 megahercios (MHz) \pm 2MHz, y es un método invasivo que requiere contacto directo con la córnea del paciente.

Para realizar esta prueba, previamente se ha de instilar una gota de anestésico tópico en cada ojo, para posteriormente proceder al correcto posicionamiento de la sonda perpendicular a la córnea y en contacto con ella.

2.2.5 Biopsia

Consiste en el análisis de un tejido o conjunto celular del cuerpo. En medicina es relevante en el diagnóstico de posibles células cancerosas.

En el área de oftalmología resulta de utilidad la biopsia epitelial para el diagnóstico de neoplasias, penfigoide ocular, linfoma ocular, biopsias corneales en casos de carcinomas o distrofias corneales, queratitis, entre otros. ^(13,14)

2.2.6 Microscopía especular

Esta técnica evalúa de manera no invasiva las células endoteliales, realizando un conteo de un número determinado de estas. Permite evaluar su tamaño, forma y disposición y es de especial importancia en cirugía de cataratas y cirugía refractiva.

Asimismo, la microscopía especular permite reconocer y diagnosticar distrofias corneales tales como la córnea Gutatta, o valorar adaptaciones de LC. ^(15,16)

2.3. Espesor corneal central y su relación con patologías oculares

El espesor corneal central “normal” es de aproximadamente 535 micras, aunque hemos de saber que no es igual en ambos ojos y que varía de unos sujetos a otros, siendo el intervalo de valores considerados normales de 540 μm en el ápex hasta 700 μm en la periferia corneal.⁽¹⁷⁾

El estudio de dicho valor es crítico en pacientes con determinadas patologías oculares, tales como glaucoma, ectasias corneales y previo a la realización de algunas técnicas quirúrgicas.

Además, aunque se trate de pacientes sanos sin patologías oculares asociadas, el valor de espesor corneal no es único, si no que como ya se ha comentado existe un rango de normalidad que está ligado a diversos factores variables, como son la raza (la raza blanca de media tiene un espesor corneal mayor que la raza negra o la asiática), la refracción del paciente, el ciclo circadiano (ya que el espesor corneal, varía a lo largo del día dependiendo de la posición de los párpados, de la hidratación corneal, etc). Siendo su mayor espesor al abrir los ojos y el menor a las 8-10 horas de producirse esta acción.

2.3.1 Espesor corneal y glaucoma

A la hora de analizar el resultado de la PIO, es necesario contrastar el valor obtenido con la paquimetría del sujeto, puesto que corneas más finas dan lugar a valores más elevados de PIO, es decir infravaloran el valor real, y en corneas de espesores mayores ocurre lo contrario, se obtienen valores más altos de los reales.

Es por ello que un único valor de PIO, sea o no superior a los 20 mmHg, no debe emplearse como valor para diagnosticar patologías oculares.

Dicho valor ha de ajustarse según la paquimetría del paciente y tomar como valor real la PIO ajustada. Una PIO mayor de 20-21 mmHg puede no ir ligada a un glaucoma, siempre y cuando no exista daño en el nervio óptico ni en el campo visual o por el contrario, existen glaucomas denominados normotensivos que progresan con valores de PIO bajas, por debajo de los 20 mmHg^(3,18,19,20)

Varios estudios han demostrado que espesores centrales corneales finos son favorecedores de glaucoma. Los estudios relacionan el bajo espesor corneal con un valor de PIO inferior al real del paciente, así como anomalías en el estroma y la lámina cribosa que se relaciona con las probabilidades de padecer glaucoma. Debido a ello el conocimiento de la paquimetría es una parte importante en la evaluación de los pacientes con sospecha de esta patología.⁽²⁰⁻²³⁾

2.3.2 Espesor corneal y ectasias

Las ectasias corneales son alteraciones corneales no inflamatorias que cursan con un aumento de curvatura corneal, así como una disminución del espesor de la misma que conlleva la formación progresiva de una protusión. Dentro de este grupo de alteraciones se encuentran el queratocono, el queratogloblo y la degeneración marginal pelúcida.⁽²⁴⁾

El queratocono es una alteración corneal de tipo hereditaria recesiva o dominante, que se caracteriza por el adelgazamiento del ápex corneal que causa miopía y astigmatismo irregular. Algunos autores la consideran actualmente como una alteración inflamatoria. ⁽²⁵⁻²⁷⁾

Es una protusión apical de tipo crónico que suele ser bilateral, asimétrica y progresiva aunque tiende a una cierta estabilización a partir de mediana edad. Dependiendo del grado en el que se encuentre, puede estar acompañado por estrías de Vogt, anillo de Fleischer y/o cursar con disminución de la AV (agudeza visual) incluso con la mejor corrección óptica.

Para este tipo de ectasias, en función de su gravedad y por tanto de la evolución en la disminución del espesor corneal, se pueden plantear varias opciones de tratamiento, como la adaptación de lente de contacto rígida gas permeable (LC RGP), siendo esta la más empleada, la intervención quirúrgica con queratoplastia penetrante (QTP) o bien un trasplante corneal total en los casos más graves de ectasia. ⁽²⁴⁻³¹⁾

2.3.3 Espesor corneal y cirugía refractiva

En la actualidad, existen diversas técnicas quirúrgicas para corregir defectos refractivos, entre ellas se encuentran la queratotomía radial, queratotomía refractiva fotorreactiva, lasik, relex smile, lentes intraestromales, queratectomía arcuata y crosslinking.

Cuando se realiza una cirugía refractiva uno de los mayores riesgos es el desarrollo de una ectasia posterior a la operación.

Los factores a tener en cuenta son un reducido lecho estromal, un fino espesor corneal central, una topografía anormal, la presencia de miopía elevada, edad joven y el porcentaje de tejido modificado durante la operación. De estos factores se consideran condicionantes el lecho estromal residual (de aproximadamente 300 μm), y la topografía corneal.

Sin embargo, un reciente estudio concluyó que el factor más condicionante para provocar la descompensación corneal era el grosor de tejido modificado durante la cirugía, incluso en pacientes con topografías pre quirúrgicas aptas. ^(32,33)

3. HIPÓTESIS PRINCIPAL

Los espesores corneales centrales obtenidos mediante los 6 instrumentos empleados en el estudio son equivalentes o la diferencia entre ellos no es significativa.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar la precisión, predictibilidad y fiabilidad de cada uno de los equipos utilizados en la clínica diaria para el estudio del espesor corneal.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar los instrumentos que revelen las mediciones más precisas del espesor corneal central
- Evaluar si existen diferencias significativas entre los instrumentos de medida de espesor corneal

5. METODOLOGÍA

Se trata de un estudio de carácter transversal y comparativo.

5.1 Sujetos del estudio

Los sujetos que forman parte del estudio fueron seleccionados entre los sanitarios jóvenes del Servicio de Oftalmología del Hospital Nuestra señora de Gracia, de Zaragoza, así como amigos y conocidos de los mismos, siempre y cuando cumpliesen los criterios de inclusión y exclusión que se citan a continuación.

Todos los sujetos forman parte de un único grupo, control, formado por 14 sujetos sanos, de edad comprendida entre 21 y 34 años, de los cuales obtuvimos una muestra total de 28 ojos examinados.

A todos ellos se les pidió que firmasen un consentimiento informado en el que se explicaba en qué consisten las pruebas y cuál es el objetivo principal de la investigación. Así como la ausencia de riesgos en la realización de las mismas (**Anexo I**).

El protocolo de estudio se diseñó teniendo en cuenta los principios de la Declaración de Helsinki.

5.1.1 Criterios de inclusión y de exclusión

INCLUSIÓN

- Sujetos mayores de edad de ambos sexos, con edades comprendidas entre 18 y 35 años.
- Ausencia de patologías oftalmológicas o sistémicas con repercusión ocular.
- AV monocular > 0,8 decimal, con la mejor corrección.
- La firma del consentimiento informado antes de cualquier procedimiento del estudio.
- Posibilidad de completar el curso del estudio y cumplir adecuadamente con las instrucciones que se le dieran.

EXCLUSIÓN:

- Sujetos a los que se les hubiese realizado alguna cirugía ocular.
- Errores refractivos extremos tales como hipermetropía o miopía de más de 5,00 D; o astigmatismos de más de 3,00 D.
- Sujetos cuya medicación estuviese basada en tratamientos sistémicos y que estos provocasen afectación a la superficie ocular.
- Cualquier enfermedad ocular activa (como pueden ser glaucoma, uveítis, infecciones oculares o sequedad ocular severa).
- Presencia de catarata clínicamente significativa, usando la clasificación LOCS III; que se muestra en la Figura 2. Los criterios de exclusión para la catarata fueron: Nuclear color/opalescencia mayor que NC2 y NO2, respectivamente, catarata cortical mayor que C2 y catarata subcapsular posterior mayor o igual que P1. En nuestro caso no era demasiado relevante, ya que, al tratarse de pacientes jóvenes y sanos, lo habitual es que cuenten con cristalino transparente.



Figura 2. Clasificación cataratas LOCS III

- Presencia de cualquier enfermedad de salud general sin un correcto control, como por ejemplo, diabetes Mellitus, hipertensión arterial, dislipemia, etc.
- Pacientes diagnosticados con Alzheimer, Parkinson, lesiones cerebrales u otras condiciones del tipo neurológico.
- Cualquier enfermedad o estado del paciente que pueda interferir con los resultados del estudio o dificultar notablemente la realización del protocolo exploratorio.

Cuya existencia suele ir ligada a una falta de colaboración para realizar las pruebas como trastorno bipolar, depresión, esquizofrenia, etc.

- Afectación de la visión binocular como pueden ser estrabismos o ambliopías.

5.2 Protocolo exploratorio

Todas las medidas presentes en el estudio se tomaron en una única visita en un tiempo de duración aproximado de 15 minutos anotando los resultados en el momento de realización de la prueba en la ficha de estudio de cada paciente. Por cada paciente se rellenaba una ficha con los datos de ambos ojos. (**Anexo II**)

Hay que tener en cuenta que, aunque el tiempo de realización de pruebas quizá pueda parecer un poco escaso, todos los sujetos del estudio son jóvenes, sanos y con buena colaboración, lo cual ayuda a que el protocolo sea rápido.

1° Previo a comenzar con la toma de medidas se explicó a los pacientes el tipo de estudio en el que participaban, así como las pruebas que se les realizarían. Se les entregó el consentimiento informado y lo firmaron. Llevándose una copia del mismo.

2° Se realizó una anamnesis completa, preguntando por posibles alergias, antecedentes familiares y oculares, así como medicaciones. Se hizo especial hincapié en las patologías corneales, además de otras patologías que fueran causa de exclusión del estudio como las detalladas en los criterios de exclusión.

3° Se evaluó el error refractivo de los sujetos mediante el uso del autorrefractómetro del TRK-2P (Topcon) y posteriormente, se les realizó una refracción subjetiva completa. Se descartaron los pacientes con errores refractivos altos, como hipermetropía o miopía de más de 5,00 D o astigmatismos de más de 3,00 D.

4° Se tomó la AV en condiciones fotópicas con la mejor corrección del paciente, de manera monocular. Para ello se utilizó el test de Snellen situado a una distancia de 6 m del paciente. Todas las medidas fueron tomadas en escala decimal, quedando excluidos del estudio los sujetos cuya AV fuese inferior a 0,8.

5° Una vez realizadas estas pruebas se realizó la medida del espesor corneal central de ambos ojos de los sujetos con los 6 instrumentos del estudio. Se comenzó con los instrumentos de medida de no contacto como son el TRK-2P, el Microscopio especular, el tomógrafo de coherencia óptica 3D OCT-1 Maestro, el biómetro IOL Master 700, y el topógrafo Pentacam. Para finalizar se llevó a cabo la medida del espesor corneal mediante el paquímetro de contacto ultrasónico Ocuscan RxP.

5.2.1.1 TRK-2P (Topcon)

Este instrumento (Fig.3) de no contacto es refractómetro, paquímetro, neumotonómetro y queratómetro. Permite ajustar el valor de la neumotonometría con la paquimetría, de manera que ajusta automáticamente el valor de la PIO en función del espesor corneal. El instrumento está compuesto por un prisma rotatorio que asegura que hasta en pupilas de 2 mm de diámetro las medidas sean más exactas. Para la medición del grosor corneal central, un haz de luz es proyectado en la córnea y el espesor es calculado utilizando la cantidad de luz reflejada que es percibida por un sensor midiendo desde el epitelio hasta el endotelio corneal.

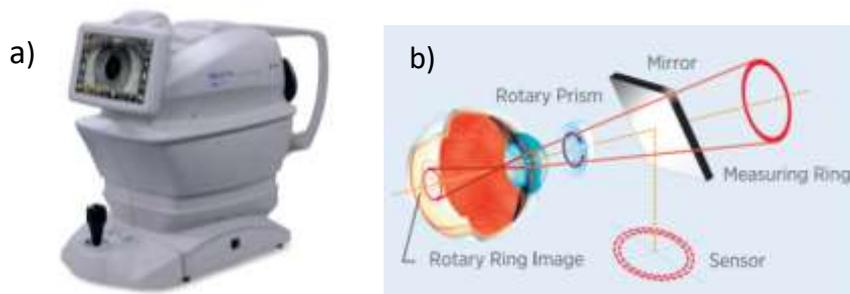


Figura 3. a) Imagen de TRK-2P b) Sistema óptico de TRK-2P

El TRK-2P es de utilidad en patologías como glaucoma, ectasias corneales, para la obtención de refracción objetiva, además de tomar medidas pre operatorias del tipo cataratas. ^(34,35)

Este instrumento se empleó utilizando el modo combinado de tonometría/paquimetría (T/P), de esta manera se obtuvo el dato de la PIO y la paquimetría central de los sujetos. Siendo la paquimetría el valor anotado. El modo de medición utilizado fue el automático, de manera que al tocar la imagen pupilar en la pantalla el aparato se centraba en dicha posición.

Al finalizar la medición el aparato muestra 3 medidas del espesor corneal central en mm (PACH.DATA) y nos aporta el valor medio de las mismas, en mm (AVG). Si alguna de las medidas no era tomada correctamente y por tanto instrumento las señalaba como ERR, se repetía varias veces el proceso hasta tener las 3 medidas necesarias. Los datos de la AVG de los sujetos fueron convertidos a μm , anotado en el documento fuente y posteriormente, fueron los empleados para el estudio.

5.2.1.2 Microscopio especular SP-1P Topcon

Este microscopio especular de no contacto (Fig.4) nos permite obtener un resultado instantáneo del análisis de las células endoteliales (Fig.5) y cuenta con un rango de medición de 0,400-0,750mm. El microscopio especular refleja un haz de luz que es capturado en forma de imagen en la interfase óptica entre el endotelio corneal y el humor acuoso, así pues, a través de la imagen reflejada de cara anterior y posterior corneal el instrumento mide el espesor.



Figura 4. Microscopio especular SP-1P

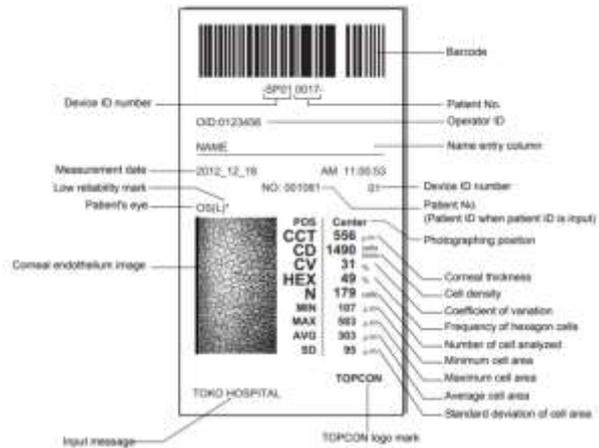


Figura 5. Impresión de medición endotelial

Resulta de gran utilidad para el diagnóstico de patologías corneales tales como la distrofia endotelial de Fuchs y la córnea guttata, así como cambios morfológicos como el pleomorfismo y polimegmatismo. Otras aplicaciones del microscopio especular son la valoración de la adaptación de LC, así como valoraciones pre y post quirúrgicas, como es el caso de cirugía refractiva o pre operatorio de cataratas. ^(36,37)

Una vez realizadas las medidas, si imprimimos los resultados, podemos observar los siguientes valores: el espesor corneal central (CCT) en μm , la densidad celular por mm^2 (CD), el coeficiente de variación en μm (CV), la frecuencia de células hexagonales en % (HEX), el número de células analizadas en la medición, el área mínima de la célula en μm^2 (MIN), el área máxima de la célula en μm^2 (MAX), el área celular promedio en μm^2 (AVG), la desviación estándar del área celular en μm^2 (SD), todo ello acompañado de una imagen del endotelio corneal (Fig. 5).

Para el estudio se utilizó el modo automático, seleccionando la opción “punto central”; este protocolo, entre otros parámetros, nos permite conocer el valor del espesor corneal central de cada ojo, del sujeto (CCT).

5.2.1.3 Tomógrafo de coherencia óptica 3D OCT-1 Maestro

La OCT es una técnica de diagnóstico por imagen de cortes tomográficos que se basa en el interferómetro de Michelson. La interferometría de baja coherencia proporciona imágenes en 3D, cuya señal viene determinada por la onda electromagnética reflejada por la estructura que se está evaluando.

Esta técnica de no contacto precisa de claridad de los medios intraoculares, ya que la luz es en gran parte dispersada por las estructuras y es por ello que sus mediciones a pacientes con cataratas u otras patologías como hemorragia vítrea que conlleven opacidad pueden verse dificultadas.

El 3D OCT-1 Maestro (Fig.6) realiza 50.000 escáneres por segundo, es un OCT de dominio espectral cuyo principio de funcionamiento se basa en el análisis del espectro de interferencia (existente entre un haz de luz reflejada y un espejo estacionarios) obtenido para cada λ (longitud de onda).

El instrumento analiza el haz de luz proveniente del interferómetro con un espectrómetro que produce una señal que es detectada por un fotodiodo para su posterior digitalización, permitiendo así obtener imágenes del tipo B-scan de alta resolución axial y transversal de polo anterior, nervio óptico y mácula con informes estandarizados. ^(38,39)



Figura 6. Imagen de OCT-1 Maestro

La medición del grosor corneal central con el OCT-1 Maestro se llevó a cabo con el módulo polo anterior, con la previa colocación de la almohadilla en la zona de apoyo frontal. Se empleó el corte de tipo radial (6,00mm/ 1.024x12).

Una vez tomada la imagen tomográfica se comprobó que el ojo examinado estaba correctamente centrado, posteriormente mediante la herramienta “caliper” se midió el espesor corneal central manualmente tal y como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Medición con la herramienta caliper del espesor corneal central

5.2.1.4 Biómetro IOL Master 700®

Este instrumento (Fig.8) presenta la combinación de la tecnología OCT SWEPT Source con la biometría. El biómetro IOL Master emplea un láser de longitud de onda variable que genera B-Scans, es decir, secciones ópticas transversales para determinar los datos biométricos.

Mide la reflexión de dos haces de luz de alta coherencia óptica proyectados en el globo ocular permitiendo así obtener la queratometría, parámetros biométricos pre y post operatorios a cirugías oftalmológicas tales como cataratas y cirugía refractiva, LIOs a implantar, así como la detección de desviaciones en la posición de las mismas. Asimismo puede ser usado durante una cirugía para comparar la imagen en la implantación de LIOs tóricas sin marcar. ^(40,41)



Figura 8: Imagen de IOL Master 700® de Zeiss

El instrumento nos proporciona un análisis con los datos de longitud de cámara anterior en mm (AL), el diámetro horizontal de iris visible en mm (WTW), las coordenadas en mm (lx, ly) el diámetro pupilar en mm (P), el espesor corneal central en μm (CCT), la profundidad de la cámara anterior en mm (ACD), el espesor del cristalino en mm (LT), el equivalente esférico en D (SE), así como valores queratométricos en D (K1, K2 y ΔK). También muestra imágenes de las estructuras oculares, la queratometría, la distancia blanco-blanco del iris y la fijación durante la medición del sujeto.

Para la medición del grosor corneal se procedió a completar las medidas biométricas oculares empleando el modo automático, comprobando que todas las medidas estuvieran correctamente tomadas y no hubiese parpadeos captados o ruido que interfiriese en la calidad de los valores a analizar. A través del análisis que proporciona el instrumento se recogió el CCT de cada ojo, como se muestra en la figura 9.

OD		Análisis			
derecho		Estatus del ojo			
LS: Fáquica	VS: Humor vítreo	LVC: No tratado			
Ref: ---	VA: ---				
Valores biométricos					
AL: 25,12 mm	SD: 8 μm	WTW: 12,6 mm	lx: +0,4 mm	ly: +0,0 mm	
CCT: 529 μm (I)	SD: 6 μm	P: 2,7 mm	CW-Chord: 0,4 mm @ 186°		
ACD: 2,79 mm	SD: 6 μm				
LT: 4,76 mm (I)	SD: 71 μm				
SE: 40,53 D	SD: 0,01 D	TSE: ---			
K1: 40,16 D @ 171°	SD: 0,01 D	TK1: ---			
K2: 40,90 D @ 81°	SD: 0,02 D	TK2: ---			
ΔK : -0,73 D @ 171°		ΔTK : ---			
Scan B					
Queratometría	Blanco a blanco	Fijación			

Figura 9. Análisis biométrico IOL Master 700®

5.2.1.5 Topógrafo corneal Pentacam®

El Topógrafo corneal Pentacam (Oculus) (Fig.10) con tecnología Scheimplug, es un instrumento que proporciona imágenes 3D del segmento anterior, mapas topográficos corneales, paquimetría, detección y seguimiento de ectasias tales como queratocono, análisis de aberraciones corneales, densidad corneal y cristaliniana. También puede emplearse como medida pre operatoria a la hora de seleccionar la LIO y la orientación de las LIOs tóricas.



Figura 10. Imagen Pentacam® de Oculus

Este aparato está compuesto por una cámara Scheimplug que rota un ángulo de 360° alrededor del ojo a examinar realizando un escáner de la córnea con la misma exactitud en la zona del ápex como en la periferia. A través de dichas imágenes obtenidas en tiempo real mediante un modelo matemático se obtienen imágenes 3D. ^(42,43)

En una sola medición con el instrumento se pueden obtener mapas a color de la queratometría total, la curvatura sagital y tangencial frontal, la desviación de energía queratométrica, y la potencia refractiva total. También mide los ratios de los radios de cara anterior y posterior, la cantidad de aberraciones esféricas en μm , el astigmatismo irregular corneal total en D, la paquimetría en el centro pupilar y en la posición más fina de la córnea en μm , el volumen de la cámara anterior en mm^3 , la profundidad de cámara anterior en mm, y el diámetro corneal y pupilar en mm. El espesor corneal es calculado como la diferencia entre el mapa topográfico de elevación corneal anterior y posterior.

El instrumento se empleó en el modo medición automático, y se seleccionó para el estudio la paquimetría corneal en el centro pupilar (Fig.11).

Desde la pantalla de vista preliminar del Pentacam, se tomó el valor del centro pupilar que aparece en la parte superior derecha de la misma y se corresponde con el valor del espesor en el ápex corneal.

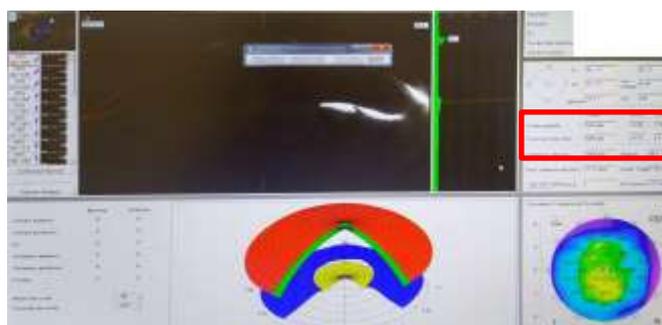


Figura 11. Pantalla de análisis de medición Pentacam

5.2.1.6 Paquímetro ultrasónico Ocuscan RxP de Alcon

Con este instrumento óptico (Fig.12), de contacto, es posible realizar tanto biometría, mediante el uso de una sonda que emplea ultrasonidos de $10\text{MHz} \pm 1\text{MHz}$ de frecuencia, como paquimetría, si utilizamos la sonda que se encuentra en el lado izquierdo del aparato, la cual utiliza ultrasonidos de $20\text{MHz} \pm 1\text{MHz}$ de frecuencia.



Figura 12. Imagen de paquímetro ultrasónico Ocuscan RxP

Está indicado para valoraciones pre y post quirúrgicas, como cirugías refractivas, en patologías como el glaucoma o pacientes diabéticos para realizar un cálculo exacto del valor de la PIO teniendo en cuenta la dependencia con espesor corneal del paciente.^(14,15,44)

Al realizar la paquimetría, junto con los diferentes espesores corneales centrales que se toman, aparece también el valor mínimo en μm (Min), la media en μm (Media) y la desviación estándar de las medidas obtenidas (SD).

Para llevar a cabo la prueba, primero ha de instilarse una gota de anestésico doble en ambos ojos (colircusi anestésico doble). A continuación, se selecciona la pantalla referente a paquimetría, y por último se procede a la toma de 10 medidas del espesor corneal, colocando la sonda de manera perpendicular al ápex corneal y siempre ejerciendo el mínimo contacto sobre ella, para no influir en la medición, tal y como se muestra en la Figura 13.

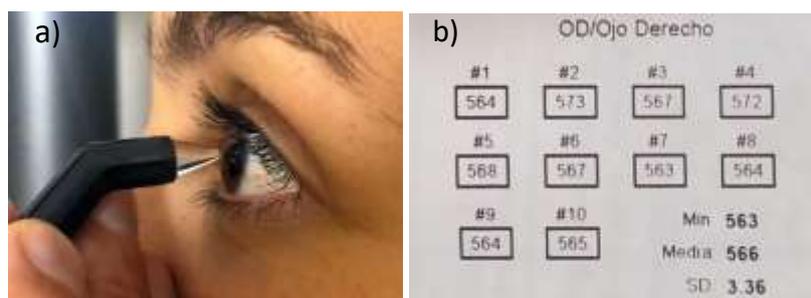


Figura 13. a) Sonda perpendicular al ápex corneal b) Medidas paquimetría ultrasónica Ocuscan

Antes de anotar el valor de la media de las 10 medidas en nuestra hoja de trabajo, se comprobó, que al finalizar todas las medidas, la desviación estándar, nombrada por sus siglas en inglés "SD", fuese inferior a 5, y si en algún caso no fue así, se repitieron las medidas de valores más extremos hasta conseguir dicha SD.

5.3 Análisis estadístico

Todos los datos obtenidos en el estudio se introdujeron en una base de datos en Excel. El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa SPSS (23.0, IBM Corporation, Somers, EEUU).

Estadística Descriptiva

Se realizó una estadística descriptiva para detallar las características de los 6 instrumentos empleados en el estudio. Se empleó la media y la desviación estándar.

Estadística analítica

Para verificar la normalidad de los datos se utilizó el test de Kolmogorov –Smirnov. Decimos que la variable sigue una distribución normal cuando el p-valor no es significativo (p-valor > 0,05) y, por el contrario, una variable no sigue una distribución normal cuando el p-valor obtenido es significativo (p-valor <0,05).

Los datos siguieron una distribución normal, por lo que se aplicaron test paramétricos. Los resultados fueron comparados mediante el test T-Student por parejas de instrumentos.

6. RESULTADOS

Se analizaron 28 ojos en total, de 14 sujetos, siendo todos pertenecientes a un único grupo control. Las edades estaban comprendidas entre los 21 y 34 años. Los resultados de la estadística descriptiva fueron los recogidos en la tabla 1.

INSTRUMENTO	MEDIA (μm)	SD(\pm)
TRK-2P	564,89	58,45
Microscopio especular SP-1P	532,46	54,08
3D OCT-1 Maestro	557,85	61,66
Biómetro IOL Master 700	547,71	59,42
Pentacam	555,07	57,15
Paquímetro ultrasónico RxP	549,82	60,56

Tabla 1. Analítica descriptiva de los 6 instrumentos

A continuación, se comprobó que la muestra de datos sigue una distribución normal con el test de Kolmogorov –Smirnov ya que el p-valor obtenido fue > 0,05.

Se compararon los instrumentos por parejas según el test T Student, el coeficiente de correlación de todas las parejas de instrumentos del estudio fue muy alto, superior en todos los casos a 0,9, siendo por tanto una correlación positiva elevada. El coeficiente de correlación es una medida adimensional que representa el grado de asociación entre las variables.

Entre estos 3 tipos de instrumentos, OCT, topógrafo y paquímetro ultrasónico, con el que se obtuvieron espesores mayores fue el OCT, seguido del topógrafo y por último la paquimetría ultrasónica.

Los valores de correlación más bajos se obtuvieron para la pareja de OCT 3D-1 Maestro y paquimetría ultrasónica RxP, así como para la paquimetría ultrasónica RxP y el TRK-2P.

Por otra parte, se realizó la prueba para muestras relacionadas de los pares de instrumentos como se muestra en la tabla 2, con la media que representa la diferencia entre la media de un aparato respecto a otro, así como la SD y la significancia por parejas.

INSTRUMENTOS	MEDIA	SD (±)	SIGNIFICANCIA POR PAREJAS
Microscopio especular SP-1P y 3D OCT-1 Maestro	-25,39	11,87	0,00
Microscopio especular SP-1P y paquimetría ultrasónica RxP	-17,35	10,79	0,00
Microscopio especular SP-1P y biómetro IOL Master 700®	-15,25	7,54	0,00
Microscopio especular SP-1P y Pentacam®	-22,60	6,27	0,00
Microscopio especular SP-1P y TRK-2P	-32,42	8,13	0,00
3D OCT-1 Maestro y paquimetría ultrasónica RxP	8,03	11,96	0,00
3D OCT-1 Maestro y biómetro IOL Master 700®	10,14	8,47	0,00
3D OCT-1 Maestro y Pentacam®	2,78	10,40	0,17
3D OCT-1 Maestro y TRK-2P	-7,03	9,14	0,00

Paquimetría ultrasónica RxP y biómetro IOL Master 700®	2,10	9,57	0,25
Paquimetría ultrasónica RxP y Pentacam®	-5,25	10,33	0,01
Paquimetría ultrasónica RxP y TRK-2P	-15,07	11,79	0,00
Biómetro IOL Master 700® y Pentacam®	-7,35	5,63	0,00
Biómetro IOL Master 700® y TRK-2P	-17,17	7,54	0,00
TRK-2P y Pentacam®	9,82	8,22	0,00

Tabla 2. Prueba de muestras relacionadas

Se obtuvo una significación bilateral de 0 o prácticamente nula para todos los instrumentos excepto para el OCT-1 Maestro y el Pentacam® que obtuvieron un valor de 0,17, así como para el paquímetro ultrasónico RxP y el biómetro IOL Master 700® cuyo nivel de significación fue de 0,25.

Asimismo, se realizó el coeficiente de correlación para las medidas individuales y para las medidas promedio. Se obtuvo un valor de 0,98 en las medias individuales y 0,99 en las medias promedio, por lo que se puede afirmar que la correlación entre las mediciones de la totalidad de los aparatos es muy alta y positiva. Existe una gran dependencia lineal entre los datos analizados.

	Correlación intraclase	Límite superior (Intervalo de confianza)	Límite inferior (Intervalo de confianza)
Medidas individuales	0,98	0,97	0,99
Medidas promedio	0,99	0,99	0,99

Tabla 3. Correlación intraclase e intervalo de confianza para medidas individuales y promedio

Tal y como se muestra en la tabla 4, cuanto más próximo sea el valor del coeficiente de correlación a 1, mayor correlación existe entre aparatos, es decir los instrumentos nos dan valores más similares entre sí.

VALOR COEFICIENTE CORRELACIÓN	SIGNIFICADO
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,99 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Tabla 4. Coeficiente de correlación

7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Dado que el coeficiente de correlación obtenido fue muy próximo a 1, se puede afirmar que los instrumentos empleados en el estudio tienen una reproducibilidad e intercambiabilidad muy alta, lo que lleva a concluir que en la práctica clínica todos los instrumentos analizados son efectivos para la práctica clínica.

Los valores de correlación más bajos se obtuvieron para la pareja de OCT 3D-1 Maestro y paquimetría ultrasónica RxP, así como para la paquimetría ultrasónica RxP y el TRK-2P. En un estudio comparativo de medidas de espesor corneal realizado con los instrumentos Oculyzer, OCT Cirrus-HD y paquimetría ultrasónica Pocket II ⁴⁵, también obtuvieron la menor correlación entre la pareja del OCT y la paquimetría ultrasónica.

También constataron que entre los 3 tipos de instrumentos, OCT, topógrafo y paquímetro ultrasónico, se encontraron espesores mayores con el OCT, seguido del topógrafo y por último la paquimetría ultrasónica. Dichos resultados son semejantes a los de este estudio.

Asimismo un estudio realizado en 2018 sobre la influencia de la experiencia del examinador en la medición de parámetros corneales ⁴⁶, corroboró la alta correlación de los instrumentos TRK-2P y del paquímetro ultrasónico Ocuscan RxP obteniendo un valor de correlación de 0,97, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

Si bien es cierto que dependiendo de algunos factores extrínsecos e intrínsecos a la práctica clínica como son el tiempo de realización, la precisión, el coste económico del instrumento, el uso de anestésicos tópicos, la estabilidad de la película lagrimal, o la experiencia del optometrista se podría elegir un instrumento determinado como preferente en la práctica clínica.

La paquimetría ultrasónica se sigue considerando como el “gold estándar” de la medida de espesor corneal, pero presenta una serie de inconvenientes como la necesidad de instilar anestésico y la dependencia de la experiencia del examinador para que coloque la sonda correctamente. En este sentido sería preferible emplear instrumentos que no necesiten de anestésicos y en los que la actuación del examinador fuera menos determinante en las medidas.

En el caso de opacidades corneales sería muy útil emplear la OCT, puesto que nos permite obtener una buena medida a pesar de las mismas. En pacientes con ectasias corneales como el queratocono, quizá no sea aconsejable el uso del microscopio especular, puesto que debido a su rango de medición de 400-750 μm , puede no recoger el espesor corneal de estos pacientes. En otros casos en los que necesitemos determinar otras medidas biométricas quizá nos podría interesar más emplear el biómetro puesto que obtendremos con mayor rapidez el conjunto de valores necesarios y tampoco necesitaremos la instilación de anestésico.

Los sistemas topográficos como el Pentacam®, cuentan con la ventaja de proporcionar la topografía, sin embargo tienen menor precisión en pacientes intervenidos por LASIK, así como en córneas con opacidades.

Como conclusión final, queda demostrado que los 6 instrumentos analizados son fiables, por lo que es el criterio del examinador, el que determinará que instrumento nos dará una paquimetría más exacta dependiendo de las características del paciente, así como de la finalidad de la paquimetría requerida. Uno de los más utilizados en la clínica diaria es el paquímetro por ultrasonidos, a pesar de ser uno de los más dependientes de la experiencia y pericia del examinador.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Samuel Boyd, Angela Maria Gutierrez JM. Atlas y Texto de Patología y Cirugía Corneal [Internet]. 2011th ed. Boyd DS, editor. Panamá.República de Panamá.: JP Medical Ltd; 2011 [cited 2020 Apr 7]. Available from: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uhvBcRiXdFEC&oi=fnd&pg=PR1&dq=BOYD,+Samuel,+GUTIÉRREZ,+Ángela+María+y+MCCULLEY,+James.+Atlas+y+texto+de+patología+y+cirugía+corneal.+s.l.+:+JP+Medical+Ltd,+2012.&ots=eVZ3gG-_di&sig=goI3XomlhWKA1RJuPprautDCOD0#v=o
2. Boyd S, Gutiérrez AM, James P. McCulley. Distrofias y Degeneraciones Corneales [Internet]. Vol 1. Dr Samuel Boyd, editor. Panamá.República de Panamá.: JP Medical Ltd; 2012 [cited 2020 Apr 7]. Available from: https://books.google.es/books?id=5qzafRCZxo4C&pg=PA147&dq=BOYD,+Samuel.+Distrofias+y+degeneraciones+corneales.+s.l.+:+JP+Medical+Ltd,+2012.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjy_Tw1NboAhUuheAKHYkMBLMQ6AEIKDAA#v=onepage&q=BOYD%2C Samuel. Distrofias y degeneraciones co
3. Villa C SJ. La córnea. Parte I Estructura, función y anatomía microscópica. Gac Opt [Internet]. 2003 [cited 2020 Apr 7];454(454):1–5. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3368053>
4. El cristalino para el médico general | MedUNAB [Internet]. [cited 2020 Apr 7]. Available from: <https://revistas.unab.edu.co/index.php/medunab/article/view/59>
5. McKee HD, Irion LCD, Carley FM, Brahma AK, Jafarinasab MR, Rahmati-Kamel M, et al. Re: Dua et al.: Human corneal anatomy redefined: A novel pre-Descemet layer (Dua's layer) (Ophthalmology 2013;120:1778-85). Vol. 121, Ophthalmology. Elsevier Inc.; 2014.
6. Fernando D, Rey M, Gómez A. Rev Mex Oftalmol; Marzo-Abril 2005; 79(2): 93-100 93 Marzo-Abril 2005; 79(2) Artemisa medigraphic en línea. Rev Mex Oftalmol [Internet]. 2005 [cited 2020 Apr 7];79(2):93–100. Available from: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=7188>
7. Perchés S, Remón L. Observaciones con lámpara de hendidura: Reflexión especular y dispersión escleral. Opt Pura y Apl. 2015;48(2):171–4.
8. Raúl Martín Herranz GVA. Manual de optometría. 1 edición. Madrid: Médica Panamericana,D.L; 2011.
9. Aramberri J, Mendicute J. Queratometría [Internet]. [cited 2020 Apr 7]. Available from: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=+ARAMBERRI%2C+Jaime+y+MENDICUTE%2C+Javier.+Queratometría.+&btnG=
10. Carlos J, Rodríguez V. El fondo del ojo: Observación y hallazgos clínicos. Rodríguez JCV, editor. 2013.
11. Romera Romero P, Carbonell Puig M, Moll Udina A, Romanic Bubalo N, Castellvi Manent J, Romera Romero P. Annals d'Oftalmologia. Vol. 23, Oftalmologia. 2015. 27–33 p.
12. Morrow MJ. Retina. In: Encyclopedia of the Neurological Sciences. Elsevier Inc.; 2014. p. 26–8.
13. Rodríguez-Ausín P, Hita-Antón C, Míguez-García C, Antolín-García D, Suárez-Aguado J. Carcinoma de células escamosas en la córnea: un nuevo signo de invasión corneal en la tomografía de coherencia óptica. Arch Soc Esp Oftalmol [Internet]. 2016 Feb 1 [cited

- 2020 Apr 7];91(2):90–3. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036566911500310X>
14. Franco M, Elena B, Risueño G, Garzo García I. La Superficie Ocular y la Córnea. [cited 2020 Apr 7]; Available from: <http://sofcale.org/publicaciones/>
 15. Maria D, Pizarro-Barrera E, Garza-León MA, Beltrán-Díaz De La Vega F, Naranjo-Tackman R. Reproducibilidad de la microscopía especular de no contacto de acuerdo con el número de células evaluadas. *Rev Mex Oftalmol*; Mayo-Junio [Internet]. 2007 [cited 2020 Apr 7];81(3):148–51. Available from: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=17356>
 16. Contreras-Corona RG, Anaya-Pava EJ, Gallegos-Valencia AJ, Villarreal-Maíz JA. Density and morphology of corneal endothelial cells in young adults in northern Mexico. *Rev Mex Oftalmol* [Internet]. 2014 Jul 1 [cited 2020 Apr 7];88(3):99–103. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-mexicana-oftalmologia-321-articulo-densidad-morfologia-celulas-del-endotelio-S0187451914000328>
 17. Miranda Hernández I, Fernández García K, Ruiz Rodríguez Y, Hernández Silva JR, Rio Torres M. Comparación de los valores del espesor corneal central según los equipos Lenstar, Galilei y Pentacam. *Rev Cuba Oftalmol* [Internet]. 2012 [cited 2020 Apr 14];25(1):65–71. Available from:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762012000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 18. Ruiz BO, Ruiz BO, Oramas YA, Fernández AG, Hernández NH. Importancia del espesor corneal central en pacientes sospechosos de glaucoma, hipertensos oculares y normales. *Rev Médica Electrónica* [Internet]. 2010 Jan 15 [cited 2020 Apr 7];32(1):25–31. Available from:
<http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/678>
 19. Gros-Otero J, Arruabarrena-Sánchez C, Teus M. Central corneal thickness in a healthy Spanish population. *Arch la Soc Española Oftalmol (English Ed)* [Internet]. 2011 Jan 1 [cited 2020 Apr 7];86(3):73–6. Available from:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21511100>
 20. Brandt JD, Beiser JA, Kass MA, Gordon MO. Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS). *Ophthalmology* [Internet]. 2001 Oct 1 [cited 2020 Apr 7];108(10):1779–88. Available from:
[https://www.aajournal.org/article/S0161-6420\(01\)00760-6/abstract](https://www.aajournal.org/article/S0161-6420(01)00760-6/abstract)
 21. Sobottka Ventura AC, Böhnke M, Mojon DS. Central corneal thickness measurements in patients with normal tension glaucoma, primary open angle glaucoma, pseudoexfoliation glaucoma, or ocular hypertension. *Br J Ophthalmol* [Internet]. 2001 Jul 1 [cited 2020 Apr 7];85(7):792–5. Available from:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11423450>
 22. Hong S, Kim CY, Seong GJ, Hong YJ. Central Corneal Thickness and Visual Field Progression in Patients With Chronic Primary Angle-closure Glaucoma With Low Intraocular Pressure. *Am J Ophthalmol* [Internet]. 2007 Feb 1 [cited 2020 Apr 7];143(2):362–3. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17258538>
 23. Sullivan-Mee M, Halverson KD, Saxon MC, Saxon GB, Qualls C. Central corneal thickness and normal tension glaucoma: A cross-sectional study. *Optometry* [Internet]. 2006 Mar 1 [cited 2020 Apr 7];77(3):134–40. Available from:

- <https://bmcophthalmol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12886-016-0334-x#citeas>
24. de Tema R, Galvis Ramírez V, Tello A, Pablo Aparicio J, Blanco O. Ectasias corneales Introducción Clasificación [Internet]. O. Ectasias corneales. MedUNAB. 2007. Available from: <https://revistas.unab.edu.co/index.php/medunab/article/view/111>
 25. McMonnies CW, Boneham GC. Keratoconus, allergy, itch, eye-rubbing and hand-dominance. *Clin Exp Optom* [Internet]. 2003 Nov [cited 2020 Apr 25];86(6):376–84. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1444-0938.2003.tb03082.x>
 26. Lema I, Durán JA. Inflammatory molecules in the tears of patients with keratoconus. *Ophthalmology*. 2005 Apr 1;112(4):654–9.
 27. Lema I, Durán JA, Ruiz C, Díez-Feijoo E, Acera A, Merayo J. Inflammatory Response to Contact Lenses in Patients With Keratoconus Compared With Myopic Subjects. *Cornea* [Internet]. 2008 Aug [cited 2020 Apr 25];27(7):758–63. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00003226-200808000-00003>
 28. Villa Collar C, González-Méijome JM. El queratocono y su tratamiento. *La Gac Óptica*. 2009;16–22.
 29. Arntz A, Durán JA, Pijoán JI. Subclinical keratoconus diagnosis by elevation topography. *Arch Soc Esp Oftalmol* [Internet]. 2003 [cited 2020 Apr 8];78(12):659–64. Available from: <https://europepmc.org/article/med/14689322>
 30. Caldentey Tous M, Roca Casas A, Lull Ferretjans MI. Queratocono. *FMC Form Medica Contin en Aten Primaria*. 2006;13(9):567–8.
 31. Wang Y, Rabinowitz YS, Rotter JI, Yang H. Genetic epidemiological study of keratoconus: Evidence for major gene determination. *Am J Med Genet* [Internet]. 2000 Aug 28;93(5):403–9. Available from: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1096-8628\(20000828\)93:5%3C403::AID-AJMG11%3E3.0.CO;2-A](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1096-8628(20000828)93:5%3C403::AID-AJMG11%3E3.0.CO;2-A)
 32. Selección del paciente para cirugía refractiva: actualización. *Rev Cuba Oftalmol* [Internet]. 2015; Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762015000300005
 33. Santhiago MR, Smadja D, Gomes BF, Mello GR, Monteiro MLR, Wilson SE, et al. Association between the percent tissue altered and post-laser in situ keratomileusis ectasia in eyes with normal preoperative topography. *Am J Ophthalmol* [Internet]. 2014 Jul [cited 2020 Apr 9];158(1):87-95.e1. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24727263>
 34. Catálogo TRK-2P Topcon [Internet]. [cited 2020 Apr 9]. Available from: https://www.topcon-medical.es/files/Local_TES/Productos/TRK-2P/TRK-2P_CATALOGO_ESP.pdf
 35. Instruction manual TRK-2P Topcon [Internet]. [cited 2020 Apr 9]. Available from: <https://www.topcon.ca/wp-content/uploads/2016/12/TRK-2P-User-Manual.pdf>
 36. Microscopio Especular Captura PANORAMA de ángulo amplio.
 37. User manual Specular microscope SP-P1 Topcon [Internet]. [cited 2020 Apr 9]. Available from: <http://www.imemcogroup.com/SP-1P-um.pdf>
 38. Chamorro E. Fundamentos ópticos de la Tomografía de Coherencia Óptica (OCT). *Ver y Oír* [Internet]. 2008 [cited 2020 Apr 9];231. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Eva_Chamorro/publication/288825272_Fundam

- entos_opticos_de_la_Tomografia_de_Coherencia_Optica_OCT/links/56842cf708aebccc4e0fdecb.pdf
39. Catálogo 3D OCT-1 Maestro [Internet]. [cited 2020 Apr 9]. Available from: [http://www.centrodeojoslomas.com.ar/novedades/Topcon maestro 3d-1.pdf](http://www.centrodeojoslomas.com.ar/novedades/Topcon_maestro_3d-1.pdf)
 40. Catálogo IOL Master 700 Zeiss [Internet]. [cited 2020 Apr 9]. Available from: [https://applications.zeiss.com/C1257A290053AE30/0/452AF11F0E86AA49C125810600459291/\\$FILE/IOLMaster_700_Folder_ES_32_010_0009II.pdf](https://applications.zeiss.com/C1257A290053AE30/0/452AF11F0E86AA49C125810600459291/$FILE/IOLMaster_700_Folder_ES_32_010_0009II.pdf)
 41. Findl O. The IOLMaster 700 Better predictability and optimized workflow compared with other biometers [Internet]. Vol. 1, FEBRUARY 2015 INSERT TO CATARACT & REFRACTIVE SURGERY TODAY EUROPE. [cited 2020 Apr 9]. Available from: www.meditec.zeiss.com
 42. Pentacam: Topografía corneal de cara anterior y posterior [Internet]. [cited 2020 Apr 9]. Available from: <https://www.ofthalmvist.es/es/especialidades/pentacam>
 43. OCULUS Pentacam® - The Gold Standard in Anterior Segment Tomography [Internet]. [cited 2020 Apr 9]. Available from: <https://www.pentacam.com/int.html>
 44. OcuScan® RxP Measuring System OPERATOR'S MANUAL. 200
 45. Fernández Cuenca S, Blázquez Sánchez V, Hurtado FJ. Estudio comparativo de medidas de espesor corneal mediante paquimetría ultrasónica, topógrafo corneal (Oculyzer) y tomografía de coherencia óptica (OCT) de polo anterior. Gac Optom y óptica oftálmica, N° 491, 2014, págs 24-28. 2014;(491):24-8.
 46. Canalejas M-S. Influencia de la experiencia del observador en la medición de parámetros corneales oculares. SEEOF [Internet]. 2018 [cited 2020 Jun 16];26. Available from: <http://www.seeof.es/revista/articulo/30>



ANEXO I



CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del estudio: Estudio comparativo de medidas de espesor corneal.

Institución: Universidad de Zaragoza – Hospital Provincial Nuestra Señora de Gracia.

Yo (nombre y apellidos):

Declaro que he sido amplia y correctamente informado de forma oral, del estudio en el que voy a participar. He leído este documento, lo he comprendido y estoy conforme con las explicaciones de los procedimientos a realizar.

He hablado con (nombre del investigador):

El cual me ha dado tiempo suficiente para realizar preguntas y me ha solucionado todas mis dudas.

Comprendo que mi participación es voluntaria y que puedo retirarme del estudio:

1. Cuando quiera.
2. Sin tener que dar explicaciones.
3. Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Firma del paciente:

Firma del investigador:

Nombre:

Nombre:

Fecha:

Fecha:

INFORMACIÓN DEL ESTUDIO

Título del estudio:

- Estudio comparativo de medidas de espesor corneal.

Universidad de Zaragoza – Hospital Provincial Nuestra Señora de Gracia.

CÓDIGO DEL PACIENTE

ID

.....

HISTORIA OCULAR Y MÉDICA Y ANTECEDENTES FAMILIARES

HISTORIA OCULAR:

- Traumatismos Infecciones Cirugía Visión doble

- Otros

HISTORIA MÉDICA:

- Diabetes Hipertensión Dislipemia Problemas tiroides

- Alergias:

- Medicamentos:

- Otros:

ANTECEDENTES FAMILIARES:

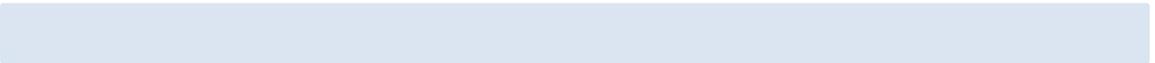
Glaucoma Ceguera Diabetes Otros:



1. Refracción

	Autorrefractómetro			Refracción subjetiva			
	Esfera	Cilindro	Eje	Esfera	Cilindro	Eje	AV
OD							
OI							

El paciente cumple los criterios del estudio: Sí NO



2. Paquímetro de no contacto TRK-2P

Espesor corneal en μm del OD:

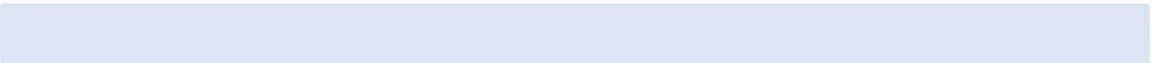
Espesor corneal en μm del OI:



3. Microscopio especular SP-1P

Espesor corneal en μm del OD:

Espesor corneal en μm del OI:



4. Tomógrafo de coherencia óptica 3D OCT-1 Maestro

Espesor corneal en μm del OD:

Espesor corneal en μm del OI:

5. Biómetro IOL Master 700

Espesor corneal en μm del OD:

Espesor corneal en μm del OI:

6. Topógrafo corneal Pentacam

Espesor corneal en μm del OD:

Espesor corneal en μm del OI:

7. Paquímetro ultrasónico RxP

Espesor corneal en μm del OD:

Espesor corneal en μm del OI: