

ANÁLISIS RETROSPECTIVO A LARGO PLAZO DE LOS CAMBIOS BIOMÉTRICOS Y REFRACTIVOS TRAS LA CIRUGÍA REFRACTIVA DE LA MIOPIA.



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE FARMACIA

GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

REALIZADO POR

ANDREA GANDULLO FRUCTOS

**ANÁLISIS RETROSPECTIVO A LARGO PLAZO DE LOS
CAMBIOS BIOMÉTRICOS Y REFRACTIVOS TRAS LA
CIRUGÍA REFRACTIVA DE LA MIOPIA.**



TRABAJO FIN DE GRADO

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE FARMACIA

GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

SEVILLA, JUNIO 2023

DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

TFG DE CARÁCTER EXPERIMENTAL

ANDREA GANDULLO FRUCTOS

TUTOR: ALFREDO LÓPEZ MUÑOZ

RESUMEN

La **cirugía refractiva** es un método de intervención quirúrgica para la corrección de miopía, hipermetropía, astigmatismo y presbicia. Las técnicas queratorefractivas como **LASIK**, LASEK, **PRK** y Epi-LASIK modifican la curvatura corneal, mientras que las técnicas intraoculares se basan en la implantación de una lente intraocular (LIO), destacando la **Lente de Colámero Implantable (ICL)**. La **miopía** está producida por la incidencia del haz de luz resultante del infinito en un foco imagen del eje óptico localizado delante de la retina, reduciendo la visión nítida en lejos.

Este estudio es analítico de cohortes retrospectivo, donde se ha estudiado la estabilidad de los parámetros biométricos, topográficos y refractivos a 1 año de tres técnicas quirúrgicas refractivas: LASIK, PRK e Implante de Lente Fáquica ICL. Se estudiaron un total de 22 hombres y 38 mujeres, entre los 23 y los 45 años, los cuales fueron sometidos a cirugía refractiva de miopía simple o compuesta (con astigmatismo), con tres técnicas diferentes (20 pacientes por grupo).

Se han analizado estadísticamente las características biométricas, topográficas y refractivas obtenidas mediante el Pentacam AXL, instrumento utilizado en la práctica clínica, caracterizado por coordinar la tomografía coherencia óptica (OCT) y la interferometría de coherencia parcial (ICP).

Los resultados indican que el mayor grado de miopización postoperatoria pasado un año es producido con la técnica de PRK. El incremento de curvatura corneal y longitud axial son causas principales de la miopización en los pacientes sometidos a LASIK y PRK, sin embargo, en el grupo de pacientes con implante de ICL, solo influye la longitud axial.

PALABRAS CLAVE: Myopia, LASIK, PRK, Phakic IOL, ICL, Optical Biometry, Pentacam.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. ANATOMÍA DEL GLOBO OCULAR	3
1.1.1. SEGMENTO ANTERIOR	3
1.1.1.1. Esclera y conjuntiva	3
1.1.1.2. Córnea	3
1.1.1.3. Cámara anterior y posterior	4
1.1.1.4. Iris y pupila	5
1.1.1.5. Cuerpo ciliar	5
1.1.1.6. Cristalino.....	5
1.2. DESARROLLO DEL SISTEMA VISUAL. SISTEMA ÓPTICO OCULAR.	5
1.2.1. PROCESO DE EMETROPIZACIÓN.....	5
1.2.2. SISTEMA ÓPTICO OCULAR	6
1.2.2.1. Longitud axial (AXL)	6
1.2.2.2. Córnea	6
1.2.2.3. Cámara anterior	6
1.2.2.4. Cristalino.....	7
1.2.3. AMETROPÍAS.....	7
1.2.3.1. Ametropías esféricas	7
1.2.3.2. Astigmatismo	9
1.3. CIRUGÍA REFRACTIVA	10
1.3.1. TÉCNICAS QUERATORREFRACTIVAS LÁSER	10
1.3.1.1. Queratomileusis in situ asistida con Láser (LASIK).....	11
1.3.1.2. Queratectomía fotorrefractiva (PRK).....	11
1.3.2. TÉCNICAS REFRACTIVAS INTRAOCULARES.	12
1.3.2.1. Implante de lente intraocular fáquica (LIO Fáquica)	12
1.3.3. COMPLICACIONES POSTOPERATORIAS.	14
2. OBJETIVOS	14
3. METODOLOGÍA	15
4. RESULTADOS	19
1. ESTUDIO DE LAS DIFERENCIAS PRE Y POSTQUIRÚRGICAS EN LOS PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA LASIK. 19	
2. ESTUDIO DE LAS DIFERENCIAS PRE Y POSTQUIRÚRGICAS EN LOS PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA PRK	22
3. ESTUDIO DE LAS DIFERENCIAS PRE Y POSTQUIRÚRGICAS EN LOS PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA DE IMPLANTE ICL	24
5. DISCUSIÓN	27
6. CONCLUSIONES	30
7. BIBLIOGRAFÍA	31
8. ANEXOS	35

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANATOMÍA DEL GLOBO OCULAR

El ojo humano es definido como aquel sistema óptico convergente que posee la capacidad de producir una imagen invertida sobre la retina (Puell, 2006). El globo ocular se encuentra alojado en la órbita y realiza movimientos alrededor de esta cavidad a través de la musculatura extrínseca (Ansari & Nadeem, 2016; Kels et al., 2015). Está compuesto por tres capas principales. La *capa externa* abarca la esclerótica y la córnea. La *capa uveal media o úvea* constituye la capa vascular central ocular, formada por el iris, el cuerpo ciliar y la coroides. Por último, la *capa interna* es la retina (Kels et al., 2015).

1.1.1. SEGMENTO ANTERIOR

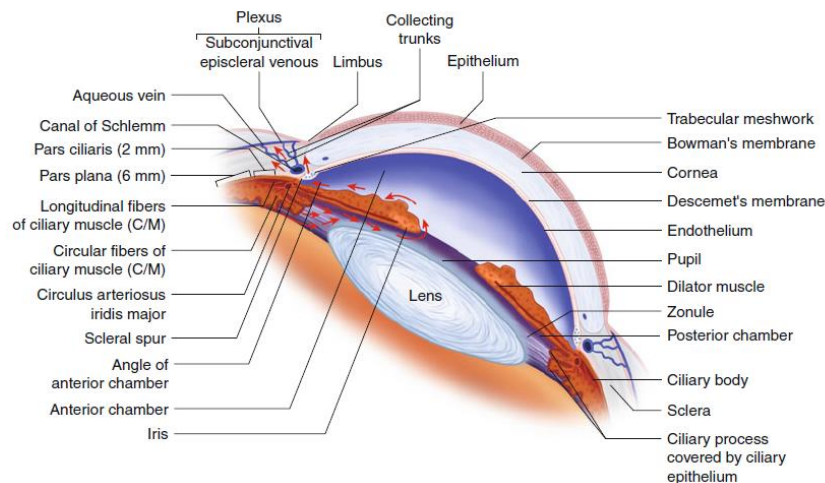


Figura 1: Estructura del segmento anterior (Ansari & Nadeem, 2016).

1.1.1.1. Esclera y conjuntiva

La esclera es una membrana compuesta por fibras de colágeno que actúa como capa protectora. La conjuntiva, está formada por un sector bulbar que protege la zona anterior del globo, además de un sector palpebral que envuelve la zona interna del párpado (Jean & Thuret).

1.1.1.2. Córnea

Estructura avascular transparente que supone dos tercios del poder refractivo total del ojo. (Zavala et al., 2013). Está compuesta por 5 capas como se observa en la **Figura 2**:

Epitelio

El epitelio, la capa más externa, es estratificado no queratinizado (Fernández et al., 2008). Está formado por células del epitelio de superficie, que excretan mucina y poseen microvellosidades,

como también por células aladas poligonales y la capa interna de células basales columnares, encargadas de la mitosis (Lens et al., 2007).

Membrana de Bowman

Estructura acelular que consta de fibras de colágeno tipo I, cuya característica principal es la resistencia al estiramiento (Lens et al., 2007; Muñoz et al., 2012). Preserva la capa estromal de microorganismos y tiene la incapacidad de regeneración tras sufrir daño.

Estroma

Representa aproximadamente el 90% del grosor total. Formado por láminas compuestas de fibras de colágeno que contribuyen a la transparencia de la córnea. Por otro lado, se compone de fibroblastos (células que generan colágeno) y queratocitos (células aplanadas).

Membrana de Descemet

Membrana basal de la capa endotelial corneal, formada principalmente por fibras de colágeno con morfología hexagonal (Lens et al., 2007).

Endotelio

Capa más interna formada por células aplanadas hexagonales con microvellosidades (Fernández et al., 2008; Lens et al., 2007). Escasa capacidad de regeneración. La densidad celular endotelial en el nacimiento se encuentra entre $3500 - 4000 \text{ cels/mm}^2$, a diferencia de la del adulto, ya que varía entre $1400 - 2500 \text{ cels/mm}^2$ (Fernández et al., 2008).

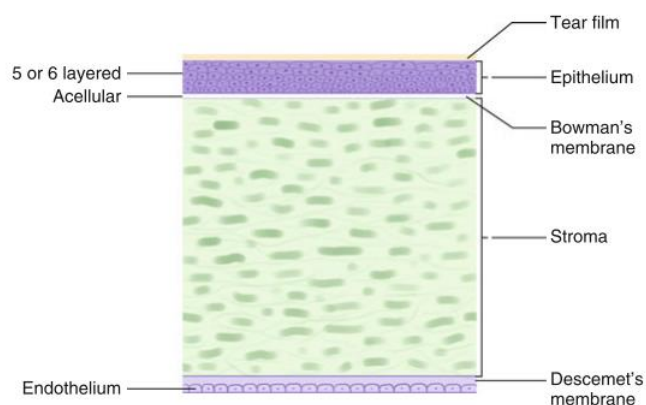


Figura 2. Corte transversal histológico de la córnea (Ansari & Nadeem, 2016).

1.1.1.3. Cámara anterior y posterior

La cámara anterior está delimitada por la cara posterior de la córnea y la cara anterior del iris, mientras que la cámara posterior, por la cara posterior del iris, la cara anterior del cristalino y el

cuerpo ciliar. Ambas contienen humor acuoso, producido por los procesos ciliares, el cual mantiene la morfología y volumen ocular, actúa como un medio óptico para el paso de la luz y forma parte del metabolismo del cristalino y la córnea, ya que se encarga de oxigenar y nutrir (Lens et al., 2007).

1.1.1.4. Iris y pupila

El iris regula el haz de luz incidente que pasa hacia la retina a través de la pupila y puede oscilar desde 2-3 mm en condiciones fotópicas hasta aproximadamente 8 mm en condiciones escotópicas, por acción del sistema nervioso autónomo (SNA) (Puell, 2006; Lens et al., 2007). El músculo dilatador produce midriasis bajo la inervación simpática, mientras que el músculo esfínter produce miosis a través de la inervación parasimpática.

1.1.1.5. Cuerpo ciliar

Estructura formada por la pars plicata y pars plana. La pars plicata comprende los procesos ciliares y músculo ciliar. La pars plana se encuentra en contacto con la ora serrata, porción más anterior de la retina.

1.1.1.6. Cristalino

La función principal es refractiva. Está formado por la cápsula (membrana elástica que se encarga de cubrir al cristalino), epitelio subcapsular, corteza (formada por fibras laminares) y núcleo (diferenciado en núcleo embrionario, fetal, infantil y adulto) (Lens et al., 2007).

En el proceso de acomodación, tiene lugar la contracción del músculo ciliar y la pérdida de tensión de la zónula de Zinn, produciendo engrosamiento y desplazamiento hacia delante del cristalino, obteniendo como consecuencia un aumento del poder convergente, facilitando el enfoque a diversas distancias (Puell, 2006).

1.2. DESARROLLO DEL SISTEMA VISUAL. SISTEMA ÓPTICO OCULAR.

1.2.1. PROCESO DE EMETROPIZACIÓN

Coordinación de las estructuras refractivas durante el desarrollo postnatal y la longitud axial con el objetivo de obtener una superficie ocular emélope (Castro et al., 2018). Se define como *emetropía* al fenómeno producido por la convergencia del haz incidente de luz en la retina (Puell, 2006).

La refracción es variable durante la etapa de crecimiento. En la *emetropización pasiva* tiene lugar un aumento de la longitud axial, mientras que en las variables ópticas como la córnea disminuye la potencia e incrementa la profundidad de la cámara anterior (Brown et al., 1999, Furlan et al.,

2009). La *emotropización activa* está vinculada con la interpretación cortical de la imagen retiniana. Por ello, se conduce hacia la ametropía tanto si los cambios en las variables ópticas son desproporcionales como por la prolongada reproducción de imágenes insuficientemente nítidas (Brown et al., 1999).

Normalmente, debido a la inmadurez del sistema visual del recién nacido, el error refractivo se encuentra entre +2.00 - +2.75 D en el 75% de los casos. La emetropización se alcanza aproximadamente a los 7 años, sin embargo, el crecimiento del ojo puede extenderse hasta los 20 años (Puell, 2006).

PARÁMETROS ÓPTICOS	RECIÉN NACIDO	10 AÑOS	ADULTO
LONGITUD AXIAL (mm)	17,00	23, 40	23,80
RADIO CORNEAL (mm)	2,80	7,25	7,80
POTENCIA CORNEAL (D)	51,20	43,00	43,50
POTENCIA LENTICULAR (D)	34,00	19,00	18,80

Tabla 1. Valor medio de los elementos principales del sistema óptico según la edad (Bueno, 2013).

1.2.2. SISTEMA ÓPTICO OCULAR

Los principales componentes que influyen en la refracción son la longitud axial (AXL), profundidad de cámara anterior (ACD), índice de refracción (n) y la curvatura corneal y lenticular (López, 2010).

1.2.2.1. Longitud axial (AXL)

El globo ocular tiene aproximadamente un diámetro anteroposterior de 22 a 27 milímetros (Puell, 2006). Figura alrededor del 50% del equivalente esférico (Dirani et al., 2008).

1.2.2.2. Córnea

Estructura esférica, ya que la curvatura se aplanan hacia la periferia. Su potencia media es de 43 D y el índice de refracción de 1,376. Consta de un diámetro aproximadamente de 12 mm, un radio corneal anterior que oscila entre 7- 8,6 mm y un valor medio de la superficie posterior de 6,8 mm (Puell, 2006). El espesor central medio es de 500 μm , mientras que el periférico se encuentra alrededor de 700-800 μm (Borrego, 2017).

1.2.2.3. Cámara anterior

El valor de la profundidad oscila entre 3-4,5 mm, teniendo un valor medio de 3,6 mm. Manteniéndose todas las variables ópticas constantes, el decrecimiento de 1 mm en la profundidad, supone un aumento de la potencia total ocular en 1,4 D.

1.2.2.4. Cristalino

Estructura biconvexa de índice de refracción 1,336 y con poder dióptrico de +20 D, cuya potencia puede variar hasta 30 D en el proceso de la acomodación. Consta de un radio de curvatura anterior próximo a 11 mm y 6,5 mm de radio posterior.

1.2.3. AMETROPÍAS

Fenómeno producido por la incidencia del haz de luz resultante del infinito en un foco distinto a la retina, denominado como defecto refractivo.

1.2.3.1. Ametropías esféricas

Coexiste una curvatura simétrica de las superficies refractivas en torno al eje principal, por ello el defecto refractivo es uniforme a través de todos los meridianos (Puell, 2006).

Según la OMS, 285 millones de personas predisponen de una discapacidad visual y 39 millones de este conjunto, son ciegas, donde los defectos refractivos son considerados la segunda causa de discapacidad visual a nivel mundial (Wellington et al., 2020; Rey- et al., 2017). La miopía se designa como la epidemia del siglo XXI, puesto que se considera que su prevalencia es aproximadamente de dos mil millones de personas (Zeng et al., 2021). Además, la investigación realizada por Holden et al. (2016), estima que al menos la mitad de la población tendrá miopía en treinta años. El porcentaje de *prevalencia en España* ha incrementado de un 28% hasta un 37% tras la pandemia, según el Colegio Nacional de Ópticos - Optometristas (CNOO, 2020).

Las causas principales están relacionadas con intervalos prolongados de trabajo a distancias muy próximas (debido al incremento del retraso acomodativo), la disminuida actividad al aire libre y la influencia del componente hereditario del sujeto. La influencia del uso de dispositivos electrónicos todavía no es un factor concluyente (Guerra et al., 2021).

Por otro lado, un alto grado de miopía puede asociarse a la prevalencia de diversas patologías secundarias oculares tales como el desprendimiento de retina, maculopatía miópica, neovascularización coroidea, cataratas y glaucoma (Martínez et al., 2022; Pan et al., 2012).

Actualmente, el control de la miopía es un método que compone un conjunto de tratamientos para evitar el desarrollo progresivo de esta ametropía mediante la ortoqueratología, lentes de contacto blandas de desenfoque periférico o terapia visual (Visión y Vida, 2018).

Miopía

Defecto refractivo producido por la incidencia del haz de luz resultante del infinito en un foco imagen ($F'o$) del eje óptico localizado delante de la retina, produciendo una imagen borrosa por la formación de círculos de difusión en esta (**Figura 3**). Debido a esto, la visión en lejos será muy reducida, distinguiéndose un deterioro de la visión por la noche (Puell, 2006).

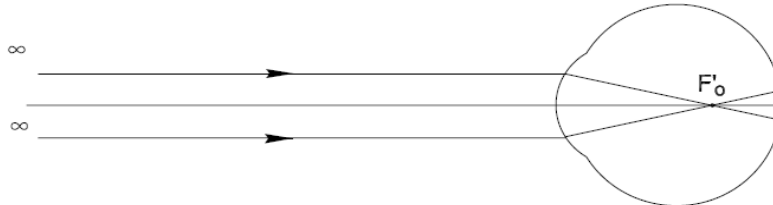


Figura 3. Focalización del haz de luz procedente del infinito en el foco imagen ($F'o$) situado delante de la retina (Puell, 2006).

Clasificación según la intervención de los parámetros ópticos:

- **Miopía axial:** miopía producida por el progresivo aumento del diámetro anteroposterior o longitud axial del globo ocular.
- **Miopía refractiva:**
 - Miopía de curvatura: miopía producida por el incremento de la potencia corneal o lenticular.
 - Miopía de índice: miopía producida por el incremento del índice de refracción (Puell, 2006).

Clasificación dependiendo de la magnitud del error refractivo, según el Instituto Internacional de Miopía (IMI):

- **Miopía baja:** ($\leq -0,5$ y $> -6,00$ D).
- **Miopía alta:** ($\leq -6,00$ D) (Flitcroft et al., 2020)

Clasificación de Curtin de 1985 según los hallazgos clínico – patológicos (Curtin, 1985):

- **Miopía fisiológica:** producida por la inestabilidad entre la longitud axial y la potencia corneal o lenticular, aunque los parámetros de los componentes ópticos no se encuentren fuera de la normalidad.
- **Miopía intermedia:** producida por el incremento de la longitud de diámetro del segmento posterior. Se caracteriza por la aparición de coroidosis miópica y un desplazamiento de los vasos peripapilares hacia el sector nasal (Perkins, 1979).

- **Miopía patológica:** producida por el excesivo incremento de la longitud del segmento posterior, dando lugar a un estafiloma posterior. Puede estar acompañado de atrofia peripapilar, degeneración coriorretiniana, rectificación de la vasculatura de la retina y desprendimiento de retina (Taylor, 1997).

Hipermetropía

Defecto refractivo producido por la incidencia del haz de luz resultante del infinito en un foco imagen ($F'o$) del eje óptico localizado detrás de la retina, produciendo una imagen borrosa por la formación de círculos de difusión en esta (**Figura 4**). Debido a esto, mediante el proceso de acomodación permitirá distinguir objetos más lejanos, pero los objetos más próximos no, ya que se da la imposibilidad de aumentar el poder de acomodación (Muñoz et al., 2012; Puell, 2006).

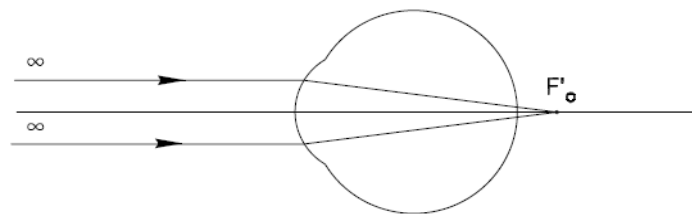


Figura 4.: Focalización del haz de luz procedente del infinito en el foco imagen ($F'o$) situado detrás de la retina.(Puell, 2006)

Según la intervención de los parámetros ópticos, la hipermetropía puede estar causada por un valor bajo de longitud axial (**hipermetropía axial**) como también por una disminución de la potencia corneal o lenticular (**hipermetropía de curvatura**) o del índice de refracción (**hipermetropía de índice**), integrando ambas la **hipermetropía refractiva**.

1.2.3.2. Astigmatismo

Los componentes ópticos, principalmente la córnea y el cristalino, no presentan una curvatura simétrica en todos los meridianos, dando lugar a dos líneas focales procedentes del meridiano de máxima y mínima curvatura, perpendiculares entre sí.

Según la regularidad, el astigmatismo puede catalogarse como **astigmatismo regular**, que se caracteriza por tener la misma curvatura a lo largo de un mismo meridiano, a diferencia del **astigmatismo irregular**, secundario a patologías.

Según la dirección del meridiano principal, el astigmatismo puede dividirse en **astigmatismo directo o según la regla** ($90^\circ \pm 30^\circ$), donde el meridiano vertical es el de mayor potencia, en

astigmatismo inverso o contra la regla ($0^\circ \pm 30^\circ$), que comprende el meridiano horizontal como el de mayor potencia y en **astigmatismo oblicuo**, el cual comprende el sector restante (30° - 60° / 120° - 150°).

Según la posición de las líneas focales, el astigmatismo puede clasificarse en **astigmatismo simple** (una de las dos líneas focales se localiza en la retina), **astigmatismo compuesto** (ambas líneas focales se localizan en un foco distinto al de la retina) y **astigmatismo mixto** (una línea focal es ubicada en el sector anterior a la retina y el foco restante en el sector posterior (Puell, 2006).

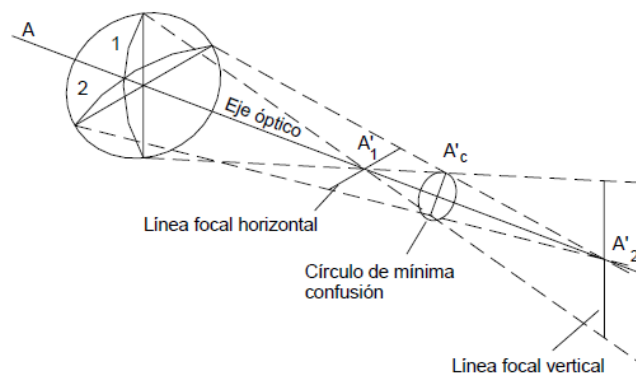


Figura 5. Focalización del haz de luz procedente del infinito en el plano perpendicular al meridiano vertical (A'1) y al meridiano horizontal (A'2) (Puell, 2006).

1.3. CIRUGÍA REFRACTIVA

Método en el que se modifica la refracción ocular a través de intervención quirúrgica para la corrección de miopía, hipermetropía, astigmatismo y presbicia (Puell, 2009).

1.3.1. TÉCNICAS QUERATORREFRACTIVAS LÁSER

Técnica que consiste en la remodelación del espesor corneal anterior mediante la extracción de tejido estromal produciendo un cambio en su curvatura, destacando la Queratomileusis in situ asistida con Láser (LASIK), Queratomileusis asistida con Epiqueratomo (Epi-LASIK), Queratomileusis subepitelial asistida con Láser (LASEK) y Querectomía Fotorrefractiva (PRK) (Puell, 2009).

Los defectos refractivos miópicos son corregidos mediante aplanación corneal, por extracción de tejido central o agregación de tejido en el sector paracentral, según la **ley de espesores de Barraquer** (Moreno et al., 2010). La ablación del tejido se realiza con el láser excimer, concretamente, el láser fluoruro de argón, que emite pulsos de 193 nm induciendo la

fotoablación, es decir, la rotura de enlaces moleculares sin producir daño térmico a tejidos secundarios (Boyd, 2000).

PAQUIMETRÍA PREOPERATORIA ≥ 470µm	ABLACIÓN CORNEAL (20%)
	LECHO ESTROMAL RESIDUAL ≥ 300 µm

Tabla 2. Criterios generales requeridos para las técnicas queratorrefractivas (Ortega, 2023).

1.3.1.1. Queratomileusis in situ asistida con Láser (LASIK)

Técnica queratorrefractiva indicada para miopías (-1D – -10D), hipermetropías (+1D – +4D) y astigmatismos (1 D – 3D) (Boyd, 2000). A diferencia de otras técnicas, se caracteriza por una notoria disminución de molestias y regresión postoperatoria, además de una acelerada recuperación (López, 2018).

Técnica

Se procede a instilar anestésico tópico en el globo ocular. En primer lugar, se coloca el espéculo palpebral y se realiza el marcado corneal (necesario para la posterior recolocación del flap), además de colocar del anillo de succión para fijar e incrementar la presión intraocular (PIO). Mediante microqueratomo o láser femtosegundo (femtoLASIK) se efectúa el corte del flap corneal, con bisagra superior o nasal, para posteriormente llevar a cabo la ablación estromal con el láser excimer. Finalmente, se reposiciona el flap y se instila antibiótico y antiinflamatorio no esteroideo (AINE) (Boyd, 2000; López, 2018).

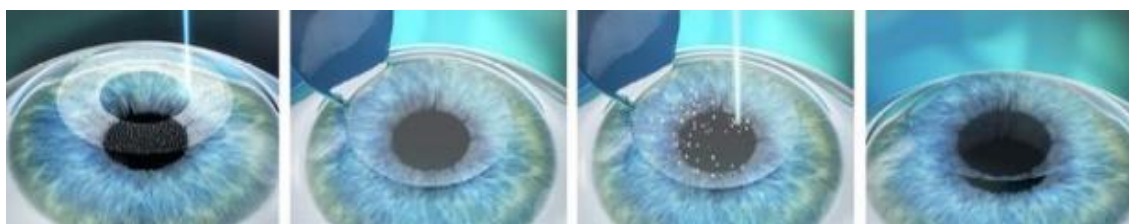


Figura 6. Esquema de las 4 fases principales de la técnica LASIK realizada con femtosegundo (López, 2018).

1.3.1.2. Queratectomía fotorrefractiva (PRK)

Técnica queratorrefractiva indicada en miopía (-1D – -5D), hipermetropía (+1D – +4D) y astigmatismo (1D – 3D) (Boyd, 2000).

Técnica

Se procede a la instilación de anestésico tópico. En primer lugar, se coloca el espéculo palpebral y se lleva a cabo la eliminación del epitelio con un cepillo rotatorio, solución química o láser excimer. Posteriormente, se realiza la ablación estromal mediante láser excimer para corregir el error refractivo. Tras finalizar el proceso, se debe colocar una lente de contacto terapéutica e instilar antibiótico y AINE tópico (Puell, 2009; Boyd, 2000)

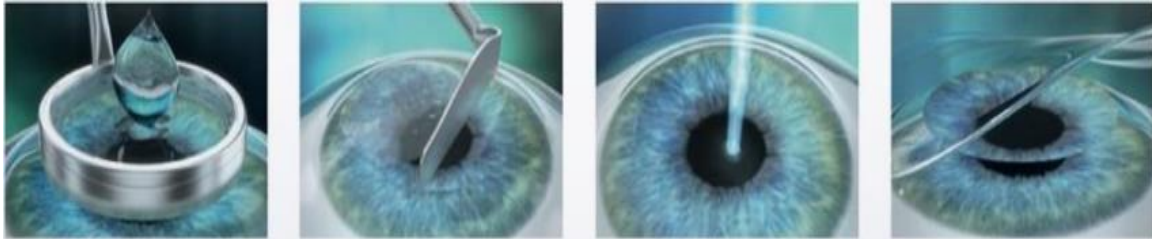


Figura 7. Esquema de las 4 fases principales de la técnica PRK (López, 2018).

1.3.2. TÉCNICAS REFRACTIVAS INTRAOCULARES.

Técnica que consiste en la implantación de lentes intraoculares (LIOs). Indicado para pacientes con altas ametropías, patologías corneales y baja paquimetría (Kaluzny & Kaluzny, 1999). Mediante la lensectomía refractiva, se extrae previamente el cristalino y se implanta una *LIO pseudofáquica*, a diferencia de la técnica de implante de una *LIO fáquica*, donde se mantiene (Puell, 2009).

PROFUNDIDAD CÁMARA ANTERIOR (PCA)	> 2.8 mm
N.º CÉLULAS ENDOTELIALES	> 2000 <i>cels/mm</i> ²
VAULT	250-750 μ m
ÁNGULO IRIDOCORNEAL	> 30º

Tabla 3: Criterios generales requeridos para implante de LIO. (Moreno et al., 2010; Soriano et al., 2020; Zeng et al., 2015)

1.3.2.1. Implante de lente intraocular fáquica (LIO Fáquica)

Implantación de la LIO sin la posterior extracción del cristalino. Aporta estabilidad refractiva, una temprana recuperación y el mantenimiento del proceso de acomodación. Se clasifican en:

LIO de cámara posterior:

La más destacada es la **Lente de Colámero Implantable (ICL)**. Es una lente plegable monobloque fabricada a partir de copolímero de colágeno y metacrilato de 2-hidroxietilo, con índice de

refracción de 1,452. La ICL para miopía es plano-cóncava y se apoya en el surco ciliar a través de los hápticos planos (López, 2018; Soriano et al., 2020). El modelo V4 dispone de potencias entre -3 y -21,5 D, además, la ICL V5 y V4c incluyen un orificio que previene de tener que efectuar iridotomía (López, 2018.; Kohnen, 2010.; Soriano et al., 2020).

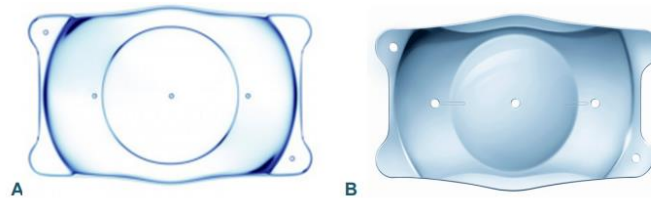


Figura 8. Lente ICL esférica (imagen A) y lente ICL tórica (imagen B) (Hidalgo, 2018).

LIO de cámara anterior:

- **Fijación iridiana:** LIO con hápticos apoyados en la periferia media del iris. Disponibilidad de dos modelos Artisan/Verisyse y Artiflex/Veryflex. La opción miópica tiene zona óptica de 5/6 mm y potencias entre -1 a -23,5 D y -2 a -14,5 D respectivamente (Soriano et al., 2020).
- **Apoyo angular:** Lente fabricada de diseño monobloque y con hápticos de asa abierta apoyados en el ángulo iridocorneal (Broc et al., 2020; Soriano et al., 2020). El modelo comercializado en Europa ZSAL-4-Plus dispone de zona óptica de 5,8 mm y potencia de -3 a -20D (Broc et al., 2020).



Figura 9. LIO de apoyo angular (imagen A), de fijación iridiana (imagen B) y de cámara posterior (ICL) (imagen C) en el globo ocular (Moreno et al., 2010).

Técnica

Se realiza la iridotomía con láser Nd-YAG si es requerido y se instila tanto anestésico como tropicamida al 1% y fenilefrina al 2,5% para dilatar la pupila. La inyección del gel viscoelástico en la cámara anterior se ejecuta a través de las paracentesis realizadas anteriormente con un

cuchillete oftalmológico. Se introduce la ICL y finalmente, se retira el viscoelástico mediante aspiración (Bhandari et al., 2015).

1.3.3. COMPLICACIONES POSTOPERATORIAS.

A pesar de la eficacia, predictibilidad y seguridad de las técnicas quirúrgicas refractivas, pueden aparecer diversas complicaciones postoperatorias (Moreno et al., 2010):

- **LASIK:** Ojo seco, queratitis infecciosa, ectasia corneal, edema corneal, buttonhole (perforación del colgajo), haze corneal y aberraciones ópticas (Ausín, 2017; Hurtado,2011; López,2018).
- **PRK:** Haze corneal (opacidad corneal), ojo seco, queratitis infecciosa, aberración óptica, tardía reepitelización. (Hurtado,2011; López 2018).
- **Implante de LIO:** Edema corneal, queratopatía bullosa, depósitos cristalinos, cataratas, glaucoma y desprendimiento de retina (Soriano et al., 2020).

Otra complicación significativa al cabo del paso de los años es la **regresión** de la ametropía, más notable en PRK que en LASIK, debido a la exposición de los queratocitos por la retirada de la membrana basal del epitelio corneal, que interaccionan con factores de crecimiento de las células dañadas. En cuanto al LASIK, también está relacionado con el componente hereditario y las características de la ablación y el flap, además la hiperplasia epitelial, factor que está involucrado en la recomposición del epitelio (López, 2018).

2. OBJETIVOS

La creciente inclinación hacia el tratamiento de los defectos refractivos oculares, justifican el propósito de analizar los cambios biométricos oculares que se producen tras la intervención de cirugía refractiva de miopía.

Este estudio tiene como **objetivo principal** analizar estadísticamente las características biométricas, topográficas y refractivas, pre y postoperatorias al mes y al año, de tres de las técnicas quirúrgicas refractivas más empleadas en la actualidad, dos fotoablativas, LASIK y PRK, y una implanto refractiva con la lente fáquica tipo ICL.

Como **objetivos secundarios:** exponer la descripción general y la utilidad clínica del Pentacam AXL, dispositivo de medida de este estudio; describir los parámetros biométricos y topográficos más reproducibles en el Pentacam AXL: longitud axial (AXL), queratometría (Km), paquimetría (PQT) y profundidad de la cámara anterior (ACD); examinar la predictibilidad y reproducibilidad de la interferometría de coherencia parcial (ICP) a través del Pentacam AXL.

3. METODOLOGÍA

3.1.- ÁMBITO, DISEÑO Y DURACIÓN DEL ESTUDIO

Este estudio es un estudio observacional ya que los datos se han recogido sin la intervención del Optometrista en el proceso. Además, es un estudio analítico de cohortes retrospectivo, donde se ha analizado la estabilidad de los parámetros biométricos, topográficos y refractivos a 1 año de tres técnicas quirúrgicas refractivas: LASIK, PRK e Implante de Lente Fáquica ICL.

Los datos se recogieron en el periodo comprendido entre el 1 de febrero y el 31 de marzo de 2023, de la base de datos de las historias clínicas de los pacientes sometidos a las diferentes técnicas quirúrgicas desde la visita preoperatoria, pasando por la revisión al mes de la intervención, que coincide con el alta médica de la cirugía, hasta la visita anual, en la Clínica Miranza Virgen de Luján, situada en la Glorieta de las Cigarreras, 1, Sevilla.

3.2.- MUESTRA DEL ESTUDIO

Se estudiaron un total de 60 pacientes (60 ojos), 22 hombres y 38 mujeres, de edades comprendidas entre los 23 y los 45 años. Los cuales habían sido sometidos a la cirugía refractiva de su miopía simple o compuesta (con astigmatismo), con tres técnicas diferentes (20 pacientes por grupo).

3.2.1.- CRITERIOS DE INCLUSIÓN

En el estudio se incluyeron a los pacientes intervenidos de miopía mediante las técnicas fotoablativas LASIK o PRK, o mediante implante de lente fáquica ICL, y que en su historia clínica se hubieran recogido las diferentes variables analizadas (refractivas, biométricas y topográficas) preoperatorias, al mes de la intervención y al año de esta.

3.2.2.- CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

No se incluyeron a los pacientes intervenidos de miopía que en su historia clínica no se hubieran registrado alguna de las diferentes variables a estudiar en cualquiera de las visitas a examinar.

3.3.- VARIABLES DEL ESTUDIO

1.- **Equivalente Esférico (EQ.ESF)**: Se define como la refracción esférica que conjuga la retina con el círculo de menor difusión del Conoide de Sturm, es decir, la potencia esférica con la que el paciente con astigmatismo alcanzaría mejor agudeza visual. En términos prácticos es la suma de la esfera (miopía en nuestro estudio) más la mitad del astigmatismo, en dioptrías (D).

Los parámetros topográficos y biométricos más reproducibles de la última actualización del Pentacam AXL, recogidos en las pantallas *4 Mapas Opcionales* y *Cataract PreOP* que han sido analizados estadísticamente se describen a continuación:

2.- **Longitud Axial (AXL: Axial Length)**: Distancia entre el vértice anterior del ojo y el punto opuesto a la retina. Representa el diámetro anteroposterior del globo ocular. Medida en milímetros (mm).

3.- **Queratometría (Km)**: Medida del radio de curvatura de la superficie anterior de la córnea central. Mide los ejes complementarios. Medida en dioptrías (D).

4.- **Profundidad de Cámara Anterior (ACD: Anterior Chamber Distance)**: Distancia medida desde el endotelio corneal hasta la cara anterior del cristalino, en mm.

5.- **Paquimetría central (PQT)**. Espesor corneal central. Medida en micras (μm).

3.4.- RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

Los datos tomados fueron revisados para analizar su coherencia y corrección. Posteriormente se llevó a cabo el análisis estadístico utilizando el software SPSS para Windows versión 22.0 (IBM, EE. UU.). Se ha comprobado la normalidad de las variables tanto biométricas, topográficas como refractivas mediante el test de Shapiro – Wilk. Para las variables que siguen una distribución normal se ha empleado la prueba T para muestras relacionadas. Para todas las pruebas estadísticas, un valor $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo.

3.5. OCULUS PENTACAM AXL

3.5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La **biometría** ocular es un método diagnóstico que permite obtener parámetros como longitud axial (AXL), profundidad de la cámara anterior (ACD), cámara vítrea, paquimetría, queratometría (K), densidad del cristalino (LT) y diámetro de iris visible (Shammas et al., 2016). La *biometría óptica* funciona mediante **interferometría de coherencia parcial (ICP)**, una técnica de no – contacto, que funciona mediante la interferencia entre el haz de luz reflejado por la lágrima y por el epitelio pigmentario de la retina, más eficiente y preciso que la biometría por ultrasonido (Ventura et al., 2017).

El Pentacam es uno de los sistemas tomográficos más utilizados en el sector clínico, principalmente para el cálculo de LIOs, evaluación post- LASIK y post-PRK, cataratas y detección precoz de ectasia corneal (Motlagh et al., 2019). Produce una imagen tridimensional del segmento anterior basado en el principio de Scheimpflug. Generalmente, está formado por una hendidura de LED azul con longitud de onda de 475 nm, un espejo, una cámara de fijación ocular y otra giratoria que adquiere las imágenes, ambas divergentes que captura hasta 100 imágenes 2

segundos, adquiriendo 138.000 puntos de elevación. Además, cuenta con una precisión y reproducibilidad de $\pm 0,1$ D. (Oculus, 2016).

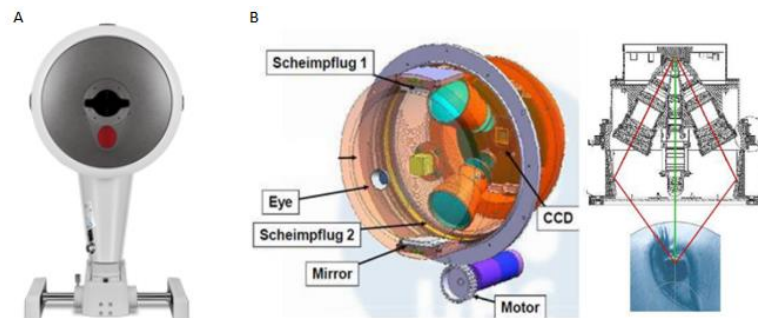


Figura 10. Pentacam AXL (imagen A) y esquema de la estructura de los componentes del Pentacam (imagen B). (López, 2018; Oculus, 2016).

El **Pentacam AXL** representado en la **Figura 10**, concretamente utilizado en este estudio, es caracterizado por coordinar la tomografía de coherencia óptica (OCT) y la ICP en un mismo equipo, habilitando la capacidad de evaluar la morfología y espesor de la córnea, el cristalino, ángulo, profundidad y volumen de la ACD, AXL y distancia blanco- blanco (WTW) (Oculus, 2016). El último modelo Pentacam AXL Wave, consta con un sensor de frente de ondas Hartmann – Shack, para obtener la aberrometría a través de polinomios de Zernike (Balparda et al., 2022). Para la población miope, las aberraciones que más influencia tienen son las de tercer orden (coma y trefoil) y la aberración esférica de cuarto orden (Benito, 2008).

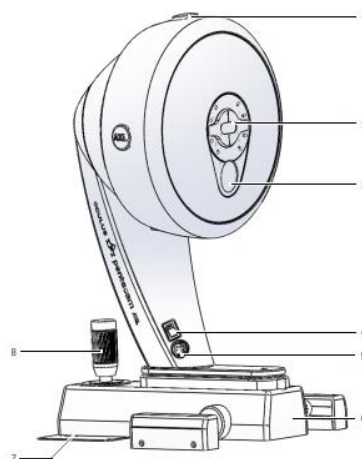


Figura 11. Estructura del Pentacam AXL: 1 - Abertura de ventilación; 2 - Ventana de medición; 3 - Abertura para la cámara; 4 - Interruptor con/desc con piloto; 5- Conector para el cable Y; 6 - Guía transversal; 7 - Placa de deslizamiento con marcas circulares; 8 – Joystick (Oculus Pentacam, 2016).

Los parámetros topográficos, biométricos y refractivos mencionados anteriormente, aparecen recogidos en las pantallas 4 Mapas Opcionales y Cataract PreOP (Figura 12 y 13). También está la opción de comparar imágenes de Scheimpflug pre y postoperatorias (Figura 14).

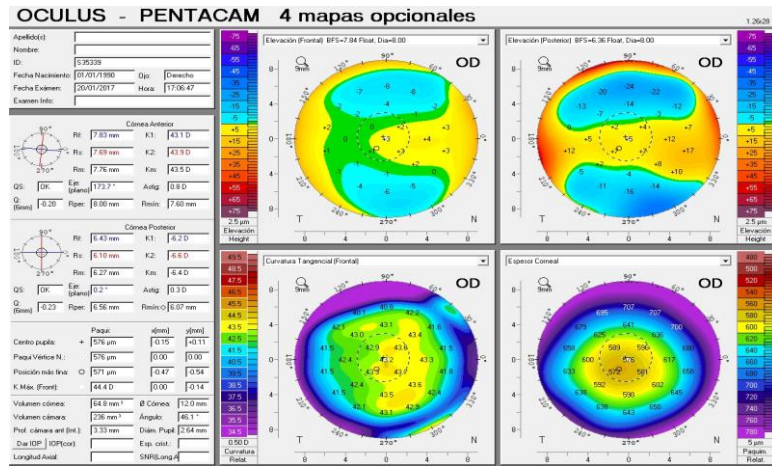


Figura 12. Pantalla 4 Mapas Opcionales del Pentacam AXL en el Preoperatorio para LASIK y PRK.

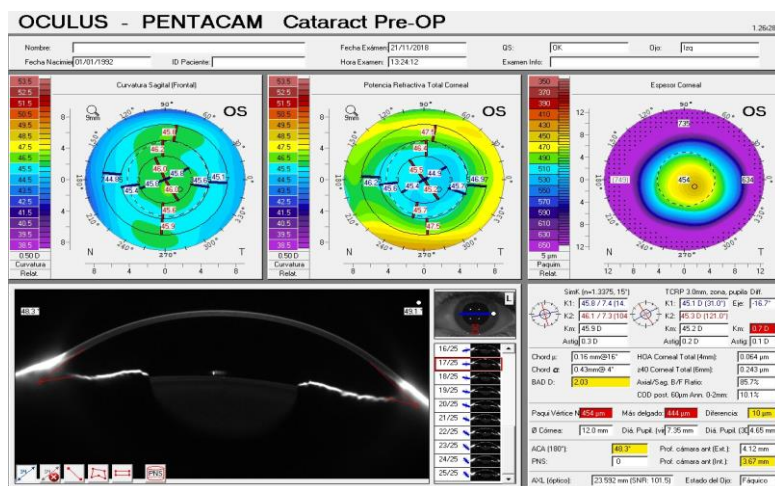


Figura 13. Pantalla Cataract Pre Op del Pentacam AXL.

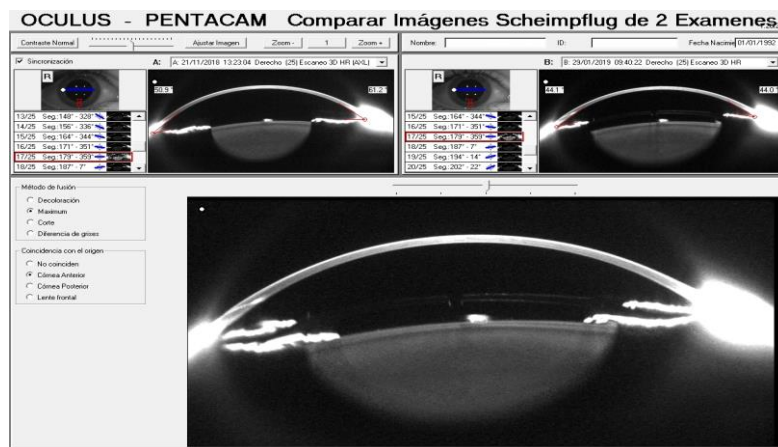


Figura 14. Pantalla Comparar Imágenes de Scheimpflug de 2 Exámenes, del Pentacam AXL que compara la cámara anterior pre y postoperatoria al mes de la cirugía de ICL.

4. RESULTADOS

1. ESTUDIO DE LAS DIFERENCIAS PRE Y POSTQUIRÚRGICAS EN LOS PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA LASIK

1.1. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS

GÉNERO					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Hombre	8	40,0	40,0	40,0
	Mujer	12	60,0	60,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Tabla 4. Características demográficas en función del género.

EDAD		
N	Válido	20
	Perdidos	0
Media		30,30
Mediana		31,00
Moda		24 ^a
Desv. Desviación		4,635
Varianza		21,484
Mínimo		24
Máximo		38
Percentiles	25	26,00
	50	31,00
	75	34,00

Tabla 5. Características demográficas en función de la edad.

1.2. INFERENCIA ESTADÍSTICA

1.2.1. Prueba de normalidad

En primer lugar, se comprueba la normalidad de las variables biométricas y topográficas. Cuando el tamaño de muestra es menor de 30, se recomienda comprobar la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, por lo tanto, valores mayores a 0,05 en la significación de dicha prueba indican que se cumple la normalidad en la variable correspondiente. Podemos decir que con una significación del 5% todas las variables se distribuyen normalmente.

1.2.2. Comparación de medias pre y postquirúrgicas al mes de la intervención LASIK y al año de la intervención mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas (muestras pareadas)

1.2.2.1. Se compara en esta prueba la variable: **Equivalente Esférico**

En la primera columna de la siguiente tabla (**Tabla 6**) podemos observar la media de las diferencias entre los valores pre y postquirúrgicos al mes de la intervención; la segunda columna muestra la

desviación típica de estas diferencias; las columnas cuatro y cinco muestran los límites inferior y superior del intervalo de confianza para la media de las diferencias y la última columna indica el p-valor para el contraste de hipótesis de comparación de medias: p-valores menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en la media de los valores pre y postquirúrgicos.

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas								
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
					Inferior	Superior				
Par 1	EQUIVALENTE ESFERICO PRECIRUGÍA - EQUIVALENTE ESFERICO POSTCIRUGÍA	-3,64450	1,50698	0,33697	-4,34979	-2,93921	-10,815	19	0,000	
Par 2	EQUIVALENTE ESFERICO POSTCIRUGÍA - EQUIVALENTE ESFERICO 1 AÑO	0,24200	0,28482	0,06369	0,10870	0,37530	3,800	19	0,001	

Tabla 6. Comparación de medias del EQ.ESF. pre y postquirúrgicas al mes de la intervención y al año de esta mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

Como podemos observar, diríamos que existen diferencias significativas en el Equivalente Esférico, tanto pre y postcirugía al mes como al año de la intervención. Es notable el cambio que produce la cirugía LASIK sobre el EQ. ESF. ($3,64 \pm 1,51$ D) al mes de la intervención. Sin embargo, un valor medio de $0,24 \pm 0,28$ D al año de la cirugía, representa la estabilidad refractiva y, por tanto, visual en los pacientes. (**Figura 15**).

1.2.2.2. Se compara en esta prueba la variable: **Longitud Axial**

En este caso, solo se comparan los valores de la AXL pre y postoperatorios al año, puesto que no se producen cambios en esta variable al mes de la cirugía, es decir, no hay crecimiento del eje anteroposterior del ojo.

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas								
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
					Inferior	Superior				
Par 1	LONGITUD AXIAL PRECIRUGÍA - LONGITUD AXIAL 1 AÑO	-0,16900	0,35164	0,07863	-0,33357	-0,00443	-2,149	19	0,045	

Tabla 7. Comparación de medias de la AXL pre y postquirúrgica a 1 año mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

Como podemos observar en la **Tabla 7**, existen diferencias significativas en la AXL al año de la intervención. Se produce un crecimiento axial ocular de $0,169 \pm 0,352$ mm de media. (**Figura 16**).

1.2.2.3. Se compara en esta prueba la variable: **Queratometría**

Según la **Tabla 8** existen diferencias significativas en la Km tanto al mes de la intervención, fruto

del aplanamiento de la córnea por el láser excímero, como al año de esta. Este cambio al año de la cirugía se traduce en un leve encorvamiento de la córnea de $0,249 D \pm 0,213$ mm de media y, por tanto, un aumento de potencia. **(Figura 17).**

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas			95% de intervalo de confianza de la diferencia					
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)	
Par 1	QUERATOMETRIA PRECIRUGÍA - QUERATOMETRIA POSTCIRUGÍA	2,96900	1,20874	0,27028	2,40329	3,53471	10,985	19	0,000	
Par 2	QUERATOMETRIA POSTCIRUGÍA - QUERATOMETRIA 1 AÑO	-0,24900	0,21391	0,04783	-0,34911	-0,14889	-5,206	19	0,000	

Tabla 8. Comparación de medias de la Km pre y postquirúrgicas al mes de la intervención y al año de esta mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

1.2.2.4. Se compara en esta prueba la variable: **Profundidad de Cámara Anterior**

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas			95% de intervalo de confianza de la diferencia					
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)	
Par 1	CÁMARA ANTERIOR PRECIRUGÍA - CÁMARA ANTERIOR POSTCIRUGÍA	,06000	,07269	,01625	,02598	,09402	3,691	19	,002	
Par 2	CÁMARA ANTERIOR POSTCIRUGÍA - CÁMARA ANTERIOR 1 AÑO	,02900	,05757	,01287	,00205	,05595	2,253	19	,036	

Tabla 9. Comparación de medias de la ACD pre y postquirúrgicas al mes de la intervención y al año de esta mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

En la **Tabla 9** existen diferencias significativas en la ACD, tanto pre y postcirugía al mes como al año de la intervención, aunque los cambios son mínimos. Estos se traducen en un estrechamiento de la ACD, medida indirecta del aumento fisiológico del espesor del cristalino. **(Figura 18).**

1.2.2.5. Se compara en esta prueba la variable: **Paquimetría**

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas			95% de intervalo de confianza de la diferencia					
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)	
Par 1	PAQUIMETRÍA PRECIRUGÍA - PAQUIMETRÍA POSTCIRUGÍA	69,200	26,102	5,837	56,984	81,416	11,856	19	,000	
Par 2	PAQUIMETRÍA POSTCIRUGÍA - PAQUIMETRÍA 1 AÑO	-6,550	19,019	4,253	-15,451	2,351	-1,540	19	,140	

Tabla 10. Comparación de medias de la PQT pre y postquirúrgicas al mes de la intervención y al año de esta mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

La **Tabla 10** solo refleja diferencias significativas en la PQT al mes de la intervención, debido a la eliminación del tejido corneal por el láser excímero, con una media de $69,20 \pm 26,10$ μ m, no así al año de la cirugía. **(Figura 19).**

2. ESTUDIO DE LAS DIFERENCIAS PRE Y POSTQUIRÚRGICAS EN LOS PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA PRK

2.1. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS

GÉNERO					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Hombre	8	40,0	40,0	40,0
	Mujer	12	60,0	60,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Tabla 11. Características demográficas en función del género.

EDAD		
N	Válido	20
	Perdidos	0
Media		30,60
Error estándar de la media		,741
Mediana		30,50
Moda		30
Desv. Desviación		3,315
Varianza		10,989
Rango		11
Mínimo		25
Máximo		36
Percentiles	25	29,00
	50	30,50
	75	33,00

Tabla 12. Características demográficas en función de la edad.

2.2. INFERENCIA ESTADÍSTICA

2.2.1. Comparación de medias pre y postquirúrgicas al mes de la intervención PRK y al año de la intervención mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas (muestras pareadas)

2.2.1.1. Se compara en esta prueba la variable: **Equivalente Esférico**

Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior			
r 1	EESF1 - EESF2	-3,91500	1,17492	,26272	-4,46488 -3,36512	-14,902	19	,000
r 2	EESF2 - EESF3	,36250	,30281	,06771	,22078 ,50422	5,354	19	,000

Tabla 13. Comparación de medias del EQ.ESF. pre y postquirúrgicas al mes de la intervención y al año de esta mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

En la primera columna de la siguiente tabla (**Tabla 13**) podemos observar la media de las diferencias entre los valores pre y postquirúrgicos al mes de la intervención; la segunda columna

muestra la desviación típica de estas diferencias; las columnas cuatro y cinco muestran los límites inferior y superior del intervalo de confianza para la media de las diferencias y la última columna indica el p-valor para el contraste de hipótesis de comparación de medias: p-valores menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en la media de los valores pre y postquirúrgicos.

Como podemos observar, podemos decir que existen diferencias significativas en el Equivalente Esférico, tanto pre y postcirugía al mes como al año de la intervención. Es notable el cambio que produce la cirugía PRK sobre el EQ. ESF. ($3,91 \pm 1,17$ D) al mes de la intervención. Sin embargo, un valor medio de $0,36 \pm 0,30$ D al año de la cirugía, representa una leve miopización en los pacientes. **(Figura 20).**

2.2.1.2. Se compara en esta prueba la variable: **Longitud Axial**

En este caso, solo se comparan los valores de la AXL pre y postoperatorios al año, puesto que no se producen cambios en esta variable al mes de la cirugía, es decir, no hay crecimiento del eje anteroposterior del ojo.

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas								
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
					Inferior	Superior				
Par 1	AXL1 - AXL3	-,10800	,18747	,04192	-,19574	-,02026	-2,576	19	,018	

Tabla 14. Comparación de medias de la AXL pre y postquirúrgica a 1 año mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

Como podemos observar en la **Tabla 14**, existen diferencias significativas en la AXL al año de la intervención. Se produce un crecimiento axial ocular de $0,108 \pm 0,187$ mm de media. **(Figura 21).**

2.2.1.3. Se compara en esta prueba la variable: **Queratometría**

Según la **Tabla 15** existen diferencias significativas en la Km al mes de la intervención, fruto del aplanamiento de la córnea por el láser excímero, pero no así al año de esta. **(Figura 22).**

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas								
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
					Inferior	Superior				
Par 1	KM1 - KM2	3,13000	,93926	,21003	2,69041	3,56959	14,903	19	,000	
Par 2	KM2 - KM3	-,11500	,33447	,07479	-,27154	,04154	-1,538	19	,141	

Tabla 15. Comparación de medias de la Km pre y postquirúrgicas al mes de la intervención y al año de esta mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

2.2.1.4. Se compara en esta prueba la variable: **Profundidad de Cámara Anterior**

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
r 1	ACD1 - ACD2	,06900	,05108	,01142	,04509	,09291	6,041	19	,000
r 2	ACD2 - ACD3	,03450	,03900	,00872	,01625	,05275	3,956	19	,001

Tabla 16. Comparación de medias de la ACD pre y postquirúrgicas al mes de la intervención y al año de esta mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

Como podemos observar en la **Tabla 16**, podemos decir que existen diferencias significativas en la ACD, tanto pre y postcirugía al mes como al año de la intervención, aunque los cambios producidos son mínimos. (**Figura 23**).

2.2.1.5. Se compara en esta prueba la variable: **Paquimetría**

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	PQT1 - PQT2	68,200	18,549	4,148	59,519	76,881	16,443	19	,000
Par 2	PQT2 - PQT3	-9,000	7,262	1,624	-12,399	-5,601	-5,542	19	,000

Tabla 17. Comparación de medias de la PQT pre y postquirúrgicas al mes de la intervención y al año de esta mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

La **Tabla 17** refleja diferencias significativas en la PQT tanto al mes de la intervención, debido a la eliminación del tejido corneal por el láser excímero, con una media de $68,20 \pm 18,55 \mu\text{m}$, como al año de la cirugía, aunque con una mínima variación de tan solo $9,00 \pm 7,26 \mu\text{m}$. (**Figura 24**).

3. ESTUDIO DE LAS DIFERENCIAS PRE Y POSTQUIRÚRGICAS EN LOS PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA DE IMPLANTE ICL

3.1. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS.

GÉNERO					
Válido		Frecuencia		Porcentaje	Porcentaje
				válido	acumulado
	Hombre	6	30,0	30,0	30,0
	Mujer	14	70,0	70,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Tabla 18: Características demográficas en función del género.

EDAD

N	Válido	20
	Perdidos	0
Media		28,80
Error estándar de la media		1,447
Mediana		27,00
Moda		23*
Desv. Desviación		6,469
Varianza		41,853
Rango		22
Mínimo		23
Máximo		45
Percentiles	25	24,00
	50	27,00
	75	30,00

Tabla 19: Características demográficas en función de la edad.

3.2. INFERENCIA ESTADÍSTICA

3.2.1. Comparación de medias pre y postquirúrgicas al mes de la intervención con implante de lente fáquica ICL y al año de la intervención mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas (muestras pareadas).

3.2.1.1. Se compara en esta prueba la variable: **Equivalente Esférico**

En la primera columna de la siguiente tabla (**Tabla 20**) podemos observar la media de las diferencias entre los valores pre y postquirúrgicos al mes de la intervención; la segunda columna muestra la desviación típica de estas diferencias; las columnas cuatro y cinco muestran los límites inferior y superior del intervalo de confianza para la media de las diferencias y la última columna indica el p-valor para el contraste de hipótesis de comparación de medias: p-valores menores a 0,05 indican que existen diferencias significativas en la media de los valores pre y postquirúrgicos.

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas			95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior			
Par 1	EESF1 - EESF2	-6,34050	2,12092	,47425	-7,33312	-5,34788	-13,369	19	,000
Par 2	EESF2 - EESF3	,32050	,22147	,04952	,21685	,42415	6,472	19	,000

Tabla 20. Comparación de medias del EQ.ESF. pre y postquirúrgicas al mes de la intervención y al año de esta mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas

Existen diferencias significativas en el Equivalente Esférico, tanto pre y postcirugía al mes como al año de la intervención. Es notable el cambio que produce la cirugía con implante de lente fáquica ICL sobre el EQ. ESF. ($6,34 \pm 2,12$ D) al mes de la intervención. Sin embargo, un valor medio de

0,32 ± 0,22 D al año de la cirugía, significa una leve miopización de los pacientes. **(Figura 25).**

3.2.1.2. Se compara en esta prueba la variable: **Longitud Axial**

En este caso, solo se comparan los valores de la AXL pre y postoperatorios al año, puesto que no se producen cambios en esta variable al mes de la cirugía, es decir, no hay crecimiento del eje anteroposterior del ojo.

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	AXL1 - AXL3	-,14800	,22147	,04952	-,25165	-,04435	-2,989	19	,008

Tabla 21. Comparación de medias de la AXL pre y postquirúrgica a 1 año mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

Como podemos observar en la **Tabla 21**, existen diferencias significativas en la AXL al año de la intervención. Se produce un crecimiento axial ocular de 0,148 ± 0,221 mm de media. **(Figura 26).**

3.2.1.3. Se compara en esta prueba la variable: **Queratometría**

Según la **Tabla 22** no existen diferencias significativas en la Km ni al mes de la intervención ni al año de esta. Estos datos revelan que la cirugía con lente ICL no altera la curvatura de la córnea debido a que su implante se realiza a través de microincisiones de unos 3,0 mm. **(Figura 27).**

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	KM1 - KM2	-,04500	,09987	,02233	-,09174	,00174	-2,015	19	,058
Par 2	KM2 - KM3	,03500	,10894	,02436	-,01599	,08599	1,437	19	,167

Tabla 22. Comparación de medias de la Km pre y postquirúrgicas al mes de la intervención y al año de esta mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

3.2.1.4. Se compara en esta prueba la variable: **Profundidad de Cámara Anterior**

Como podemos observar en la **Tabla 23**, podemos decir que existen diferencias significativas en la ACD, tanto pre y postcirugía al mes como al año de la intervención, sobre todo en el postoperatorio inmediato, debido a que el implante de la lente ICL en la cámara posterior del ojo, estrecha la ACD y, los tomógrafos interpretan la superficie anterior de la lente como si fuera la cara anterior del cristalino. **(Figura 28).**

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas								
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
					Inferior	Superior				
Par 1	ACD1 - ACD2	,15000	,06852	,01532	,11793	,18207	9,790	19	,000	
Par 2	ACD2 - ACD3	,03950	,07193	,01608	,00584	,07316	2,456	19	,024	

Tabla 23. Comparación de medias de la ACD pre y postquirúrgicas al mes de la intervención y al año de esta mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

3.2.1.5. Se compara en esta prueba la variable: **Paquimetría**

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas								
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
					Inferior	Superior				
Par 1	PQT1 - PQT2	-4,000	12,380	2,768	-9,794	1,794	-1,445	19	,165	
Par 2	PQT2 - PQT3	-3,750	9,635	2,154	-8,259	,759	-1,741	19	,098	

Tabla 24. Comparación de medias de la PQT pre y postquirúrgicas al mes de la intervención y al año de esta mediante el test de la t de Student para poblaciones normales relacionadas.

La **Tabla 24** no refleja diferencias significativas en la PQT ni al mes de la intervención ni al año de la misma, es decir, el implante de lentes ICL no modifica el espesor de la córnea, como así lo hacen las técnicas refractivas fotoablativas (LASIK, PRK). (**Figura 29**).

5. DISCUSIÓN

Uno de los principales objetivos de la cirugía refractiva es que el paciente disfrute de una refracción postoperatoria cercana a la emetropía, con el fin de conseguir la independencia de la corrección óptica (gafa y/o lentes de contacto). Para obtener buenos resultados, considerando en cualquier caso que la cirugía se ha desarrollado sin incidencias, es esencial realizar mediciones precisas y fiables de los parámetros oculares. En la actualidad, existen en el mercado varios biómetros basados en diferentes principios físicos.

La biometría óptica se considera uno de los métodos más precisos de biometría ocular, como el dispositivo empleado en este estudio, el Pentacam AXL, que combina una cámara rotacional de Scheimpflug, proporcionando una exploración tridimensional del segmento anterior del ojo, con la tecnología *Interferometría de Coherencia Parcial* (ICP) para obtener mediciones de la longitud axial (AXL). La reproducibilidad y repetibilidad intraoperador de los valores aportados por el Pentacam AXL han sido ampliamente demostradas (Moshirfar et al., 2022; Sel et al., 2017).

Por otro lado, los valores de longitud axial obtenidos en nuestro estudio no son representativos de la población general, ya que estamos trabajando con una muestra de ojos miopes y, por tanto, más elevados de lo normal, con un valor medio preoperatorio de 24,50 mm para el grupo LASIK, de 24,54 mm para el grupo PRK y de 25,50 mm para el grupo ICL. A pesar de no ser representativos, la muestra sí es la adecuada para el tipo de estudio que hemos realizado, ya que el tipo de cirugía aplicada se realiza para corregir ojos miopes medios y altos.

Nuestros resultados en el grupo sometido a cirugía **LASIK** indican que las diferencias estadísticamente significativas más acentuadas que se producen al mes de la intervención, son en las variables EQ.ESF. ($3,64 \pm 1,51$ D), Km ($2,96 \pm 1,20$ D) y PQT ($69,20 \pm 26,10$ μ m), puesto que el láser excímero en esta técnica, al ablacionar el tejido corneal central, con el objeto de corregir el defecto refractivo miópico (representado por EQ.ESF.), produce un aplanamiento de la curvatura corneal central (representado por Km) y un adelgazamiento del espesor corneal central (representado por PQT).

En cuanto a los cambios entre las medias pre y postoperatorias al año de la cirugía LASIK, se observan diferencias estadísticamente significativas en las variables AXL ($0,17 \pm 0,35$ mm), Km ($0,25 \pm 0,21$ D) y ACD ($0,03 \pm 0,05$ mm), no así en la PQT. A pesar de esos cambios, mínimos, el valor medio del EQ.ESF. apenas sufre variación ($-0,24 \pm 0,28$ D) que, a pesar de suponer una leve miopización, al año de la cirugía, representa estabilidad refractiva y, por tanto, visual en los pacientes.

Comparar nuestros hallazgos con estudios previos ha sido complicado, puesto que la mayoría analizan, además de los resultados visuales, los índices de eficacia y seguridad de la cirugía LASIK, pero no de los parámetros biométricos. Uno de los estudios que recoge la literatura científica, que compara las técnicas LASIK y SMILE, evalúa los resultados del EQ.ESF., a los 3 años de la intervención, mostrando un porcentaje de ojos del 65% dentro de $\pm 0,50$ D, pero no especifica el valor medio de la refracción para poder comparar con nuestros resultados (Han et al., 2019).

En cuanto a los resultados recogidos en el grupo intervenido mediante técnica **PRK**, al igual que en el grupo LASIK, puesto que ambas técnicas comparten el uso del láser excímero con el mismo fin de ablación corneal, las diferencias estadísticamente significativas más pronunciadas, producidas al mes de la cirugía, son también en las variables EQ.ESF. ($3,91 \pm 1,17$ D), Km ($3,13 \pm 0,93$ D) y PQT ($68,20 \pm 18,54$ μ m).

En lo referente a los cambios entre las medias pre y postoperatorias al año de la intervención de PRK, se observan diferencias estadísticamente significativas en las variables AXL ($0,11 \pm 0,18$ mm), Km ($0,12 \pm 0,33$ D) y ACD ($0,03 \pm 0,04$ mm), no así en la PQT. Estos cambios se reflejan en el valor

medio del EQ. ESF que adopta un valor negativo, es decir, se miopiza en $-0,36 \pm 0,30$ D al año de la cirugía, lo que representa estabilidad refractiva relativa.

Si comparamos nuestros hallazgos con estudios previos, como el de Rosa et al. (2005), quienes solo evalúan la AXL, medida con el IOL-Master a los 6 meses de la PRK, vemos que no concuerdan lo resultados ya que, sus autores no encuentran cambios en la longitud de ojo.

Otro de los estudios encontrados en la literatura científica, solo evalúa los resultados del EQ.ESF. a los 12 meses de la intervención, mostrando un alto porcentaje de ojos (97,6%) que presentaban refracciones dentro de $\pm 1,0$ D, pero no especifica el valor medio de la refracción para poder comparar con nuestros resultados (Seiler & Wollensak, 1993).

En cuanto a los datos recogidos en el grupo sometido a implante de lente fájica **ICL**, estos reflejan diferencias estadísticamente significativas más reseñables producidas al mes de la intervención en la variable EQ.ESF. ($6,34 \pm 2,12$ D), debido al efecto correctivo de la lente del defecto refractivo miópico. También la ACD, con una reducción de $0,15 \pm 0,07$ mm, muestra inferencia estadística significativa, al mes de la cirugía, debido a que el implante de la lente ICL en la cámara posterior del ojo, estrecha la ACD, interpretando los tomógrafos la superficie anterior de la lente como si fuera la cara anterior del cristalino. Mientras que las variables PQT y Km apenas sufren modificación mediante esta técnica.

En cuanto a los cambios entre las medias pre y postoperatorias al año de la cirugía ICL, se observan diferencias estadísticamente significativas en las variables AXL ($0,15 \pm 0,22$ mm) y ACD ($0,39 \pm 0,71$ mm), no así ni en PQT ni en Km. El cambio que más repercusión tiene es el que se produce en el EESF que, en la revisión anual, muestra una miopización de $-0,32 \pm 0,22$ D, causa de descontento de los pacientes. Si comparamos nuestros resultados con estudios similares, como el de Kayhan y Coskunseven (2022), que analizaron los resultados a 1 año en 65 ojos de 38 pacientes, vemos que concuerdan. La ACD disminuyó $0,36 \pm 0,17$ mm y la AXL aumentó $0,10 \pm 0,05$ mm. Aunque también recogen cambios en la Km, con un aplanamiento de $0,9 \pm 0,03$ D.

Como indican Jones et al. (2005), un crecimiento del eje anteroposterior del globo ocular representa un equivalente dióptrico de, aproximadamente, 2,7 D de miopía. En los dos grupos de cirugía fotoablativa, LASIK y PRK, la miopización al año de la intervención, aunque leve, es atribuible a la combinación del encorvamiento de la córnea (Km) y al crecimiento axial del globo ocular (AXL). Sin embargo, en el grupo de cirugía implante refractiva ICL, el cambio miópico del EQ.ESF. se debe exclusivamente al crecimiento de la AXL.

Limitaciones de nuestro estudio

Hemos trabajado con un tamaño muestral reducido pero suficiente para realizar estadística observacional para demostrar que la cirugía refractiva es estable al año de la intervención. Sería de interés científico evaluar los cambios en períodos de tiempo ampliados.

6. CONCLUSIONES

1. Las técnicas fotoablativas LASIK y PRK son las más empleadas para la corrección de miopías bajas y medias.
2. Para la corrección de miopías medias y altas se reserva el implante de la lente fáquica ICL.
3. Los mejores resultados refractivos al año de la intervención se obtienen con la técnica PRK.
4. El mayor grado de miopización, al año de la cirugía, se produce en el grupo sometido a PRK.
5. En los dos grupos de cirugía fotoablativa, LASIK y PRK, la miopización producida al año de la intervención, es atribuible a la combinación del encorvamiento de la córnea y al crecimiento axial del globo ocular.
6. En el grupo de cirugía implante refractiva ICL, la miopización al año de la cirugía se debe exclusivamente al crecimiento del ojo.
7. La predictibilidad refractiva ($\pm 0,50$ D), tanto al mes como al año de la intervención, es alta para las tres técnicas comparadas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ansari, M., Nadeem, A. (2016). *Atlas of Ocular Anatomy*. Springer.
- Balparda, K., Acevedo-Urrego, A., Silva-Quintero, L., & Herrera-Chalarca, T. (2022). The Pentacam® AXL Wave provides a reliable wavefront-based objective refraction when compared to manifest subjective refraction: A prospective study. *Indian Journal of Ophthalmology*, 70(5), 1533. https://doi.org/10.4103/IJO.IJO_3006_21
- Benito, A., Murcia, G., & De, J. (2008). *Montaje y calibrado de un aberrómetro clínico de tipo Hartmann-Shack*. [Tesis de máster, Universidad de Murcia]. Digitum. https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/5743/1/Tesis%20de%20m%c3%a1ster_Montaje%20y%20calibrado%20de%20un%20HS%20cl%c3%adnico.pdf
- Bhandari, V., Karandikar, S., Reddy, J. K., & Relekar, K. (2015). Implantable collamer lens V4b and V4c for correction of high myopia. *Journal of Current Ophthalmology*, 27(3–4), 76–81. <https://doi.org/10.1016/j.joco.2016.01.001>
- Borrego Sanz, L. (2007). *Estudio del grosor corneal en diferentes zonas corneales en pacientes sanos y con glaucoma primario de ángulo abierto: efecto sobre la tonometría de aplanación de Goldmann, tonometría de contorno y tonometría de rebote*. [Tesis doctoral, Universidad de Madrid]. E prints Complutense.
- Boyd, B.F.(2000).*Atlas de cirugía refractiva*. Highlighs of ophthalmology.
- Broc Iturralde, L., Valdeperas Belmonte, X. (2020). *CF Comunicación. Guía de Manejo de la Afaquia. Técnicas Quirúrgica.Guías de Práctica Clínica de la SERV*. Sociedad Española de Retina y Vítreo.
- Brown, N. P., Koretz, J. F., & Bron, A. J. (1999). The development and maintenance of emmetropia. *Eye*, 13 (Pt 1)(1), 83–92. <https://doi.org/10.1038/EYE.1999.16>
- Bueno Gimeno, I. (2013). *Cambios anatómicos en el proceso de emetropización: Influencia de las propiedades biomecánicas corneales y los parámetros anatómicos oculares*. [Tesis de doctoral, Universidad Católica de Valencia].RIUCV.
- Castro, S.P., Rey-Rodríguez, D. V., Álvarez, C.P., & Moreno, J.M. (2018). Proceso de emetropización y desarrollo de miopía en escolares. *Ciencia & Tecnología Para La Salud Visual y Ocular*, 16(1), 87–93. <https://doi.org/10.19052/sv.4238>
- Colegio Nacional de Ópticos – Optometristas. (2022, Octubre). *Ópticos-optometristas alertan de que los problemas visuales han aumentado un 9% tras la pandemia y animan a acudir a revisiones* <https://www.cnoo.es/noticias-2/opticos-optometristas-alertan-que-problemas-visuales-han-aumentado-un-9-tras-pandemia-y-animan-a-acudir-a-revisiones-periodicas-2>
- Curtin B. J. (1985). *The myopias: basic science and clinical management*. Harper & Row.
- Dirani, M., Shekar, S. N., & Baird, P. N. (2008). Evidence of shared genes in refraction and axial length: the Genes in Myopia (GEM) twin study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 49(10), 4336–4339. <https://doi.org/10.1167/IOVS.07-1516>
- Feng Zhan, G., Du, L., Hernández, Pérez Hernández, G., Pérez Suárez, R.G., Guerra, Almaguer, M. (2021). Factores asociados a la prevalencia de la miopía mundial y su impacto social. *Revista*

Cubana de Oftalmología, 34 (4), 1561–3070.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762021000400012

- Fernández, A., Moreno, J., Prósper, F., García, M., Echeveste, J., & Fernández, A. (2008). Regeneración de la superficie ocular: stem cells/células madre y técnicas reconstructivas. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra*, 31(1), 53–69. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272008000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Flitcroft, D. I., He, M., Jonas, J. B., Jong, M., Naidoo, K., Ohno-Matsui, K., Rahi, J., Resnikoff, S., Vitale, S., & Yannuzzi, L. (2019). IMI - Defining and Classifying Myopia: A Proposed Set of Standards for Clinical and Epidemiologic Studies. *Investigative ophthalmology & visual science*, 60(3), M20–M30. <https://doi.org/10.1167/iovs.18-25957>
- Furlan, W.D., García Monreal J., Muñoz Escrivá, L. (2009). *Fundamentos de optometría: Refracción ocular*. PUV.
- Güell, J. L., Morral, M., Kook, D., & Kohner, T. (2010). Phakic intraocular lenses part 1: historical overview, current models, selection criteria, and surgical techniques. *Journal of cataract and refractive surgery*, 36(11), 1976–1993. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.08.014>
- Han, T., Xu, Y., Han, X., Zeng, L., Shang, J., Chen, X., & Zhou, X. (2019). Three-year outcomes of small incision lenticule extraction (SMILE) and femtosecond laser-assisted laser in situ keratomileusis (FS-LASIK) for myopia and myopic astigmatism. *The British Journal of Ophthalmology*, 103(4), 565–568. <https://doi.org/10.1136/BJOPHTHALMOL-2018-312140>
- Holden, B. A., Fricke, T. R., Wilson, D. A., Jong, M., Naidoo, K. S., Sankaridurg, P., Wong, T. Y., Naduvilath, T. J., & Resnikoff, S. (2016). Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 123, 1036–1042. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.01.006>
- Jean Loic, M., & Thuret, G. (2006). Ojo y piel. *EMC - Dermatología*, 40(2), 1–38. [https://doi.org/10.1016/S1761-2896\(06\)46452-9](https://doi.org/10.1016/S1761-2896(06)46452-9)
- Jones, L. A., Mitchell, G. L., Mutti, D. O., Hayes, J. R., Moeschberger, M. L., & Zadnik, K. (2005). Comparison of Ocular Component Growth Curves among Refractive Error Groups in Children. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 46(7), 2317–2327. <https://doi.org/10.1167/IOVS.04-0945>
- Kałuzny, J., & Kałuzny, J. J. (1999). Wewnatrzgałkowa chirurgia refrakcyjna [Intraocular refractive surgery]. *Klinika oczna*, 101(4), 305–309. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10581901/>
- Kayhan, B., & Coskunseven, E. (2022). Changes of ocular biometry in eyes with posterior chamber phakic intraocular lens implantation. *Journal Francais d’Ophtalmologie*, 45(4), 377–383. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2021.10.006>
- Kels, B. D., Grzybowski, A., & Grant-Kels, J. M. (2015). Human ocular anatomy. *Clinics in dermatology*, 33(2), 140–146. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2014.10>
- Lens A., Nemeth C.; Ledford, J.K. (2007). The Cornea Chapter 7. En Langley T. *Ocular Anatomy and Physiology*: (2nd ed., pp.58-64). Slack Incorporated.

- Lens A., Nemeth C. & Ledford, J.K. (2007). Anterior and Posterior Chambers Chapter 8. En Shea C., DiSclafani M. & Allingham R. *Ocular Anatomy and Physiology: (2nd ed., pp. 68-81)*. Slack Incorporated.
- López, Y. (2010). Una revisión sobre el proceso de emetropización. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 8 (1), 101–112. <https://ciencia.lasalle.edu.co/svo/vol8/iss1/10/>
- López Muñoz, A., (2018). *Integración de la tomografía y la caracterización biomecánica corneales mediante geometría Scheimpflug en el análisis de la cirugía fotoablativa*. [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla]. IdUS.
- Martinez Plaza, E., Molina Martín, A., Arias Puente, A., & Piñero, D. P. (2022). Clinical Validation of a New Optical Biometer for Myopia Control in a Healthy Pediatric Population. *Children*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/children9111713>
- Moreno, R., Srur, M., & Nieme, C. (2010). Cirugía refractiva: indicaciones, técnicas y resultados. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 21(6), 901–910. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(10\)70614-3](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(10)70614-3)
- Moshirfar, M., Tenney, S., McCabe, S., & Schmid, G. (2022). Repeatability and reproducibility of the galilei G6 and its agreement with the pentacam® AXL in optical biometry and corneal tomography. *Expert Review of Medical Devices*, 19(4), 375–383. <https://doi.org/10.1080/17434440.2022.2075725>
- Motlagh, M. N., Moshirfar, M., Murri, M. S., Skanchy, D. F., Momeni-Moghaddam, H., Ronquillo, Y. C., & Hoopes, P. C. (2019). Pentacam® Corneal Tomography for Screening of Refractive Surgery Candidates: A Review of the Literature, Part I. *Medical hypothesis, discovery & innovation ophthalmology journal*, 8(3), 177–203.
- Muñoz Potosi, A.F. (2012). *Medición del perfil de la cara anterior de la córnea y su relación con lentes simples de gran profundidad focal*. [Tesis de maestría, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica]. CIO. <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/762/1/Mu%C3%B1ozPAF.pdf>
- Oculus (2016). Manual de Pentacam. Sistema de análisis y evaluación para el segmento anterior ocular. <https://www.studocu.com/cl/document/universidad-de-valparaiso/salud-publica/108794664-manual-pentacam/49378657>
- Ortega-Usobiaga, J., Rocha-de-Lossada, C., Llovet-Rausell, A., & Llovet-Osuna, F. (2023). Actualización sobre las contraindicaciones en cirugía refractiva láser corneal. *Archivos de La Sociedad Española de Oftalmología*, 98(2), 105–111. <https://doi.org/10.1016/J.OFTAL.2022.07.001>
- Pan, C. W., Ramamurthy, D., & Saw, S. M. (2012). Worldwide prevalence and risk factors for myopia. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 32(1), 3–16. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2011.00884.x>
- Perkins, E. S. (1979). *Morbidity from myopia*. *Sight Saving Rev*; 11-19.
- Soriano Pina, D., Cameo Gracia, B., Palacio Sierra, A., Cerdón Ciordia, B., & Blasco Martínez, A. (2020). Lentes intraoculares fáquicas. *Revista Electrónica de Portales Medicos*. 15 (22), 1122. <https://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/lentes-intraoculares-faquicas/>

- Puell Marín, M.C. (2006). *Óptica Fisiológica: El sistema óptico del ojo y la visión binocular*. Universidad Complutense de Madrid.
- Puell Marín, M.C. (2009). *Introducción a la cirugía refractiva*. Universidad Complutense de Madrid.
- Rey Rodríguez, D. V., Álvarez Peregrina, C., & Moreno Montoya, J. (2017). Prevalencia y factores asociados a miopía en jóvenes. *Revista Mexicana de Oftalmología*, 91(5), 223–228. <https://doi.org/10.1016/J.MEXOFT.2016.06.007>
- Rosa, N., Capasso, L., Lanza, M., & Romano, A. (2005). Axial eye length evaluation before and after myopic photorefractive keratectomy. *Journal of Refractive Surgery*, 21(3), 281–287. <https://doi.org/10.3928/1081-597X-20050501-12>
- Seiler, T., & Wollensak, J. (1993). Results of a prospective evaluation of photorefractive keratectomy at 1 year after surgery. *German journal of ophthalmology*, 2(3), 135–142. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8334386/>
- Sel, S., Stange, J., Kaiser, D., & Kiraly, L. (2017). Repeatability and agreement of Scheimpflug-based and swept-source optical biometry measurements. *Contact Lens and Anterior Eye*, 40(5), 318–322. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2017.03.007>
- Shammas, H. J., Ortiz, S., Shammas, M. C., Kim, S. H., & Chong, C. (2016). Biometry measurements using a new large-coherence-length swept-source optical coherence tomographer. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 42(1), 50–61. <https://doi.org/10.1016/J.JCRS.2015.07.042>
- Taylor, D. (1997). *Refraction and refractive errors (Second edition)*. Blackwell Science.
- Ventura, B. V., Ventura, M. C., Wang, L., Koch, D. D., & Weikert, M. P. (2017). Comparison of biometry and intraocular lens power calculation performed by a new optical biometry device and a reference biometer. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 43(1), 74–79. <https://doi.org/10.1016/J.JCRS.2016.11.033>
- Visión y Vida. (2018, Mayo). *Informe “Prevalencia de la miopía en los jóvenes en España, 2018”*. <http://visionyvida.org/informe-prevalencia-de-la-miopia-en-los-jovenes-en-espana-2018/>
- Wellington Rodrigues, F., Bessa de Freitas, M.P., Nogueira de Oliveira, J., Egidio de Silva, R., Bosco Chater, S., Chater Filho, J. (2020). *Analysis of biometric data generated by interferometry compared with Scheimpflug*. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, 79 (5), 289-293
- Zavala, J., López-Jaime, G. R., Rodríguez Barrientos, C. A., & Valdez-García, J. (2013). Corneal endothelium: Developmental strategies for regeneration. In *Eye (Basingstoke)* (Vol. 27, pp. 579–588). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/eye.2013.15>
- Zeng, Q. Y., Xie, X. L., & Chen, Q. (2015). Prevention and management of collagen copolymer phakic intraocular lens exchange: causes and surgical techniques. *Journal of cataract and refractive surgery*, 41(3), 576–584. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.06.036>

8. ANEXOS

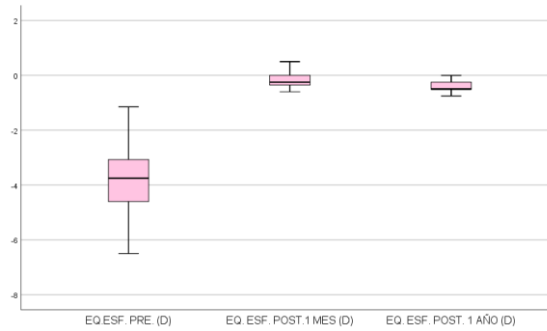


Figura 15. Distribución de EQ.ESF. precirugía y postcirugía pasado 1 mes y 1 año.

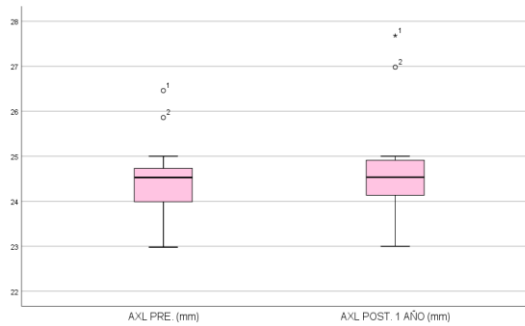


Figura 16. Distribución de AXL precirugía y postcirugía pasado 1 año.

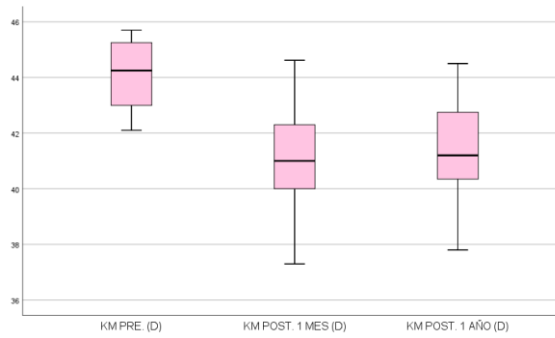


Figura 17. Distribución de Km precirugía y postcirugía pasado 1 mes y 1 año.

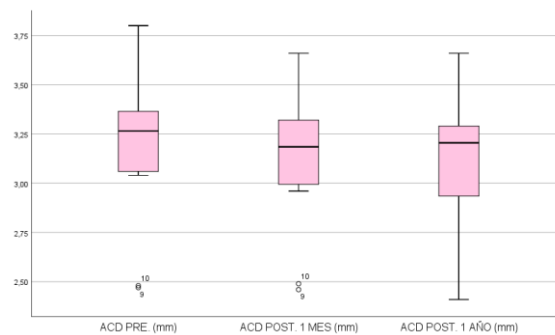


Figura 18. Distribución de ACD precirugía y postcirugía pasado 1 mes y 1 año.

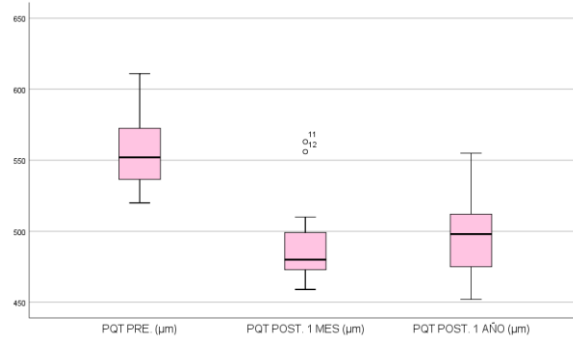


Figura 19: Distribución de PQT precirugía y postcirugía pasado 1 mes y 1 año.

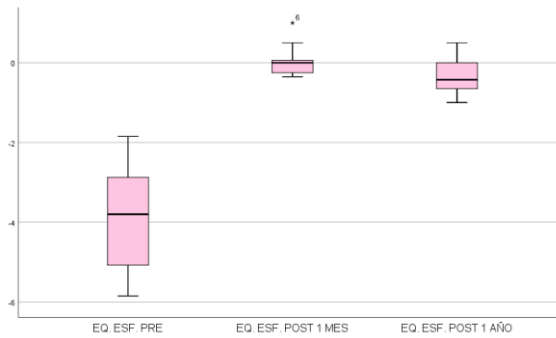


Figura 20. Distribución de EQ.ESF. precirugía y postcirugía pasado 1 mes y 1 año.

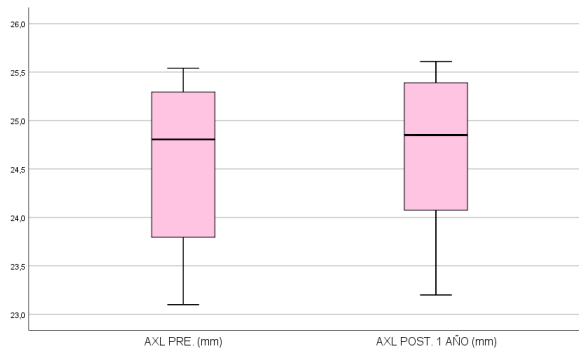


Figura 21. Distribución de AXL precirugía y postcirugía pasado 1 año.

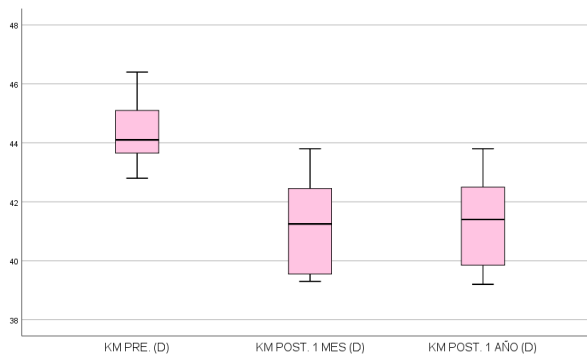


Figura 22. Distribución de Km precirugía y postcirugía pasado 1 mes y 1 año.

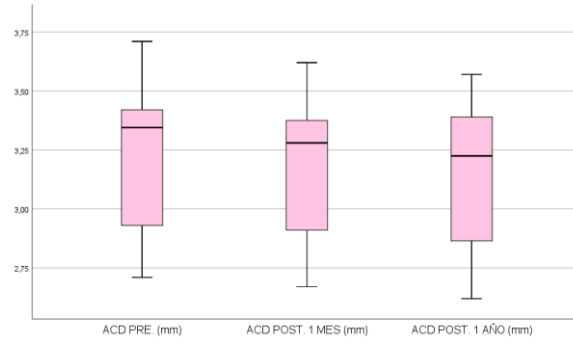


Figura 23. Distribución de ACD precirugía y postcirugía pasado 1 mes y 1 año.

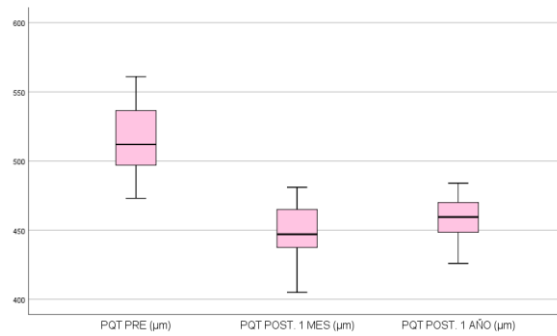


Figura 24. Distribución de PQT precirugía y postcirugía pasado 1 mes y 1 año.

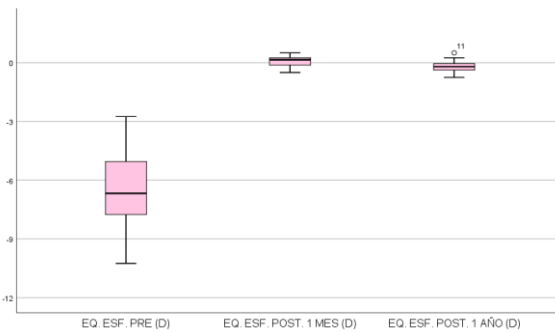


Figura 25. Distribución de EQ.ESF. precirugía y postcirugía pasado 1 mes y 1 año.

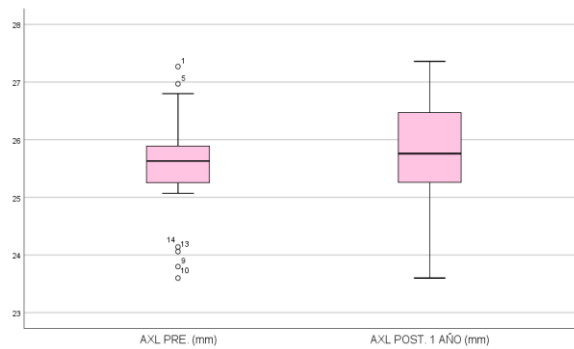


Figura 26. Distribución de AXL precirugía y postcirugía pasado 1 año.

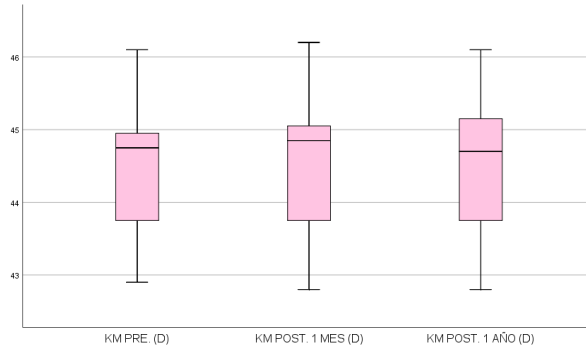


Figura 27. Distribución de Km precirugía y postcirugía pasado 1 mes y 1 año.

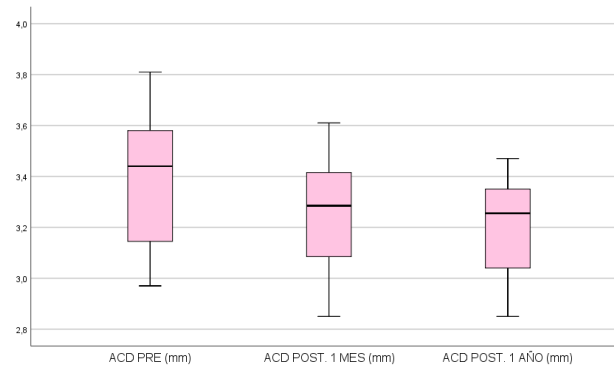


Figura 28. Distribución de ACD precirugía y postcirugía pasado 1 mes y 1 año.

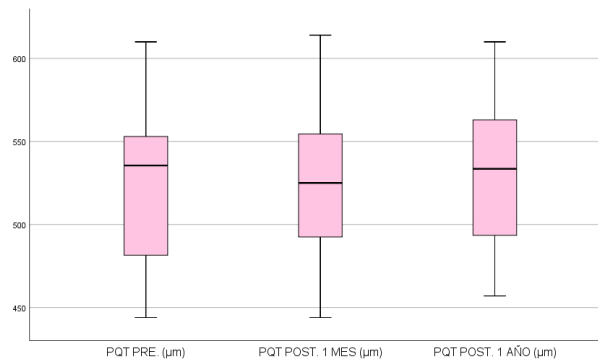


Figura 29. Distribución de PQT precirugía y postcirugía pasado 1 mes y 1 año.