



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

CAMBIOS BIOMÉTRICOS Y REFRACTIVOS ASOCIADOS A LAS IRIDOTOMÍAS CON LÁSER Nd- YAG.

AUTORA: Marina Gómez Bellido

DIRECTORES: M^a Pilar Bambó Rubio y Enrique Fuentemilla Manzanares

Universidad de Zaragoza, Facultad de ciencias

Facultad de Ciencias Grado en Óptica y Optometría 2020/2021

ÍNDICE

1. ABREVIATURAS	3
2. INTRODUCCIÓN	4
2.1 Concepto de Glaucoma	4
2.2 Clasificación	4
2.3 Glaucoma de ángulo cerrado	5
2.4 Tratamiento	6
2.4.1 Iridotomía láser Nd-YAG	7
2.4.2 Técnica de iridotomía láser Nd-YAG	8
2.4.3 Eficacia y seguridad	9
2.4.4 Complicaciones	9
2.4.5 Postoperatorio	9
2.5 Técnicas de estudio del ángulo iridocorneal.....	10
2.5.1 OCT-SA.....	10
2.5.2 Tomógrafo Pentacam	11
2.5.3 Biómetro A-SCAN.....	12
2.5.4 Biómetro Lenstar	12
3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	13
4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	13
5. METODOLOGÍA	13
5.1 Estrategia de búsqueda	14
5.2 Criterios de inclusión/exclusión	15
5.3 Extracción de datos	15
6. RESULTADOS	16
7. DISCUSIÓN	18
7.1 LPI y cambios biométricos	18
7.2 LPI y cambios refractivos.....	20
8. CONCLUSIÓN	21
9. REFERENCIAS	22
WEBS	22
IMAGENES	25

1. Abreviaturas

PIO: Presión Intraocular

HA: Humor Acuoso

GPAC: Glaucoma Primario de Ángulo Cerrado

GPAA: Glaucoma Primario Ángulo Abierto

CA: Cámara Anterior

AV: Agudeza Visual

LC: Lente de Contacto

GNT: Glaucoma Normotenso

DO: Disco Óptico

LH: Lámpara de Hendidura

LPI (*Laser Peripheral Iridotomy*): Iridotomía Periférica Láser

SA: Segmento Anterior

OCT-SA: Tomógrafo Óptico del Segmento Anterior

PACS (*Primary Angle Closure Suspect*): Sospechoso de Cierre Angular Primario

PAC (*Primary Angle Closure*): Cierre del Ángulo Primario

ACD (*Anterior Chamber Depth*): Profundidad de Cámara Anterior

ACA (*Anterior Chamber Area*): Área de Cámara Anterior

ACV (*Anterior Chamber Volume*): Volumen de Cámara Anterior

ACW (*Anterior Chamber Width*): Anchura de Cámara Anterior

AA (*Angular Aperture*): Apertura Angular

AOD (*Angular Opening Distance*): Distancia de Apertura Angular

AL (*Axial Length*): Longitud Axial

LV (*Lens Vault*): Bóveda del cristalino

LT (*Lens Thickness*): Grosor de la Lente

IT (*Iris Thickness*): Grosor del Iris

IA (*Iris Area*): Área del Iris

IC (*Iris Curvature*): Curvatura del Iris

CT (*Corneal Thickness*): Grosor Corneal

PD (*Pupillary Diameter*): Diámetro Pupilar

TISA (*Trabeculum-Iris Space Area*): Área de espacio Iris-Trabéculo

ARA (*Angle Recess Area*): Área de Receso del Ángulo

SS (*Scleral Spur*): Espolón Escleral

2. Introducción

2.1 CONCEPTO DE GLAUCOMA

El glaucoma se trata de una enfermedad ocular que constituye un problema de salud pública a causa de su morbilidad y prevalencia en la población, siendo una de las principales causas de ceguera irreversible a nivel mundial ¹.

Se trata de una entidad clínica multifactorial en la que se produce una neuropatía óptica progresiva cuya característica principal consiste en la degeneración de las células ganglionares de la retina, produciéndose por ello cambios en la cabeza del nervio óptico (NO) así como una pérdida gradual en el campo visual (CV). Comúnmente, el glaucoma se asocia al aumento de la presión intraocular (PIO), siendo el valor normal de esta aproximadamente de 21 mmHg (con un rango de 10 a 21 mmHg), aunque existen excepciones como el glaucoma normotensivo (GNT) y pacientes hipertensos que no llegan a desarrollar glaucoma. Este aumento de la PIO es el principal factor de riesgo y la principal diana del tratamiento ².

Otras causas que afectan al desarrollo de esta patología son: la edad, la predisposición genética, las alteraciones vasculares, la raza, los defectos refractivos, etc.

El diagnóstico de esta neuropatía no solo se basa en la medida de la PIO, sino que es necesario también estudiar el disco óptico (DO) y el CV, para poder corroborar la existencia de glaucoma. Es de vital importancia la detección temprana de la enfermedad, para evitar daños severos ¹⁶.

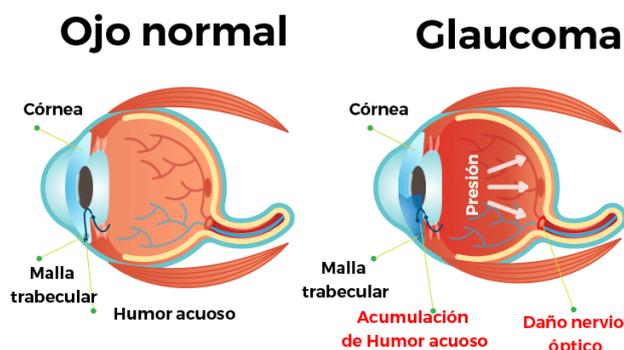


Imagen 1. PIO en glaucoma

2.2 CLASIFICACIÓN

La manera más sencilla de clasificar el glaucoma es observando el ángulo camerular o también llamado ángulo iridocorneal. Se trata de una estructura fundamental en la cámara anterior (CA) del ojo que permite el drenaje del humor acuoso (HA).

De esta forma encontramos los dos tipos de glaucoma más comunes según la Academia Americana de Oftalmología: el glaucoma primario de ángulo abierto (GPAA) y el glaucoma primario de ángulo cerrado (GPAC) ³.

El GPAA, o crónico simple, es la forma más frecuente en la que podemos encontrar el glaucoma (80-90%). Suele afectar de forma binocular asimétrica y posee una progresión lenta y gradual. Suele ser asintomático hasta una etapa relativamente tardía, por ello, si el diagnóstico se retrasa con frecuencia puede ocasionar pérdidas visuales irreversibles. Se caracteriza por presentar un ángulo iridocorneal abierto y sin ninguna alteración identificable macroscópicamente ⁴. Es de gran importancia un diagnóstico precoz para poder evitar la progresión de la neuropatía.

El GPAC en cambio solo representa el 10-20%, y es producido por una obstrucción mecánica del iris donde el ángulo se estrecha de forma total o parcial. Los síntomas se suelen producir de forma unilateral y aguda, aunque en ocasiones puede causar de forma subaguda, y en algún caso ambos ojos pueden verse afectados ⁴. En general, tiene peor pronóstico que el GPAA.

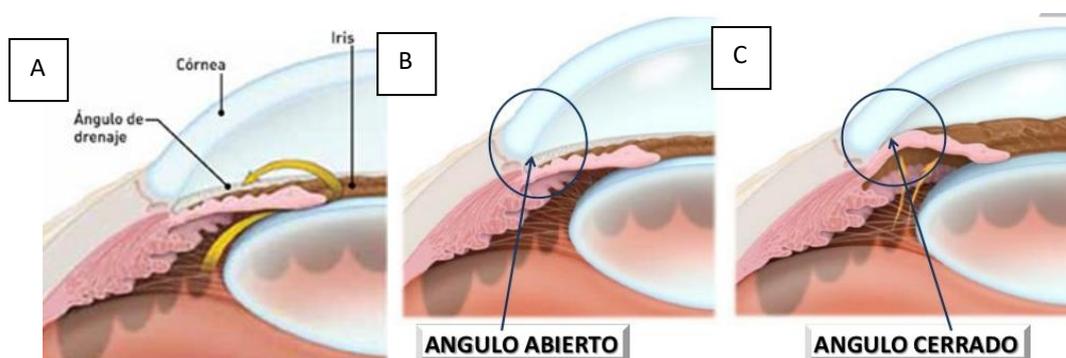


Imagen 2. Tipos de ángulo camerular

La imagen (A) se corresponde con un ojo sano, donde podemos ver esquematizado el recorrido que debe realizar el HA en la CA. En la imagen (B) observamos un GPAA donde el ángulo no se ve afectado. La última imagen (C) es un GPAC, el iris está bloqueando el drenaje del HA.

2.3 GLAUCOMA DE ÁNGULO CERRADO

En este caso haremos hincapié en el GPAC ya que es el que nos interesa para este estudio.

Este tipo de glaucoma existe a causa de una obstrucción repentina parcial o total del sistema de drenaje. El ángulo iridocorneal puede estar bloqueado por estructuras vecinas o por material que impide el paso de HA (producido en el cuerpo ciliar), causando una elevación de la PIO. Se define por un ángulo estrecho con contacto iridotrabecular y por una disfunción trabecular.

Normalmente, en la crisis aguda de cierre angular se suele encontrar la pupila en midriasis media arreactiva, sin existir reacción a la luz puntual. La patogenia del GPAC puede ser por ^{5,36}:

- Bloqueo pupilar → aposición de la cara posterior del iris contra la cápsula anterior del cristalino, aumentando la resistencia del flujo del HA a través de la pupila.

- Iris en meseta → cuando el cierre angular es producido por el desplazamiento directo del iris periférico al trabéculo, en ocasiones puede asociar cierto grado de bloqueo pupilar.
- Bloqueo cristalino → situación del cristalino en una posición relativamente anterior.
- Bloqueo ciliar → acumulo de HA tras el diafragma cristalino–zónula induciendo estrechamiento de la CA y del ángulo.

El GPAC es menos frecuente que el GPAA, y en su forma de presentación aguda, se trata de una urgencia médica y se debe actuar de forma inmediata ⁶. Generalmente se presenta en pacientes mayores de 40 años; y la clínica típica en su forma aguda incluye visión borrosa, agudeza visual disminuida de forma rápida, dolor ocular, inyección ciliar e incluso náuseas y vómitos, pudiendo llegar a percibir la visión de halos relacionados con el edema corneal ¹⁰.

Los principales factores de riesgo son: la raza (asiática y esquimal son más propensos), la edad avanzada (por el aumento de volumen del cristalino), el sexo femenino, las cataratas, la existencia de antecedentes familiares, los ojos de longitud axial corta y la hipermetropía ⁷.

La valoración del ángulo puede realizarse de manera directa o indirecta mediante gonioscopia o empleando la biomicroscopia (método Van Herick), para medir la profundidad de la CA y comprobar si el ángulo iridocorneal es estrecho ⁸.

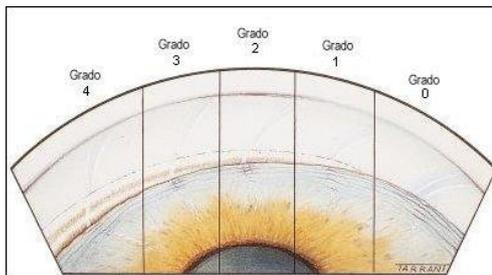


Imagen 3. Grados del ángulo cameral con gonioscopia

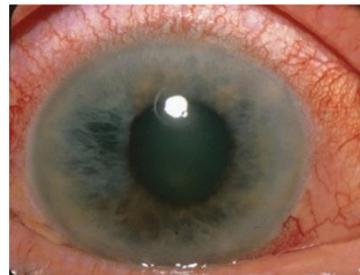


Imagen 4. Pupila con dilatación media y crisis aguda de cierre angular

Actualmente podemos distinguir 3 categorías de cierre angular ³⁷:

- Sospecha de cierre angular primario (PACS) → se trata de ángulos estrechos ocluíbles (más de 270° de la malla trabecular no visible debido a la aposición de la periferia del iris).
- Cierre angular primario (PAC) → ángulos con evidencia de obstrucción trabecular, pueden mostrar sinequias trabeculares anteriores, PIO elevada o signos de haber sufrido un ataque agudo de cierre angular.
- GPAC → nos referimos a los pacientes con cierre angular y evidencia glaucomatosa en el NO y CV.

2.4 TRATAMIENTO DEL GLAUCOMA DE ÁNGULO CERRADO

Existen diversos tratamientos para reducir los daños producidos por la forma aguda del GPAC, eliminando el bloqueo pupilar, y reabriendo el ángulo. El objetivo es reducir cuanto antes la PIO (que está muy elevada) para prevenir un daño del NO. El

tratamiento se puede abordar desde el punto de vista médico, quirúrgico o láser. El tratamiento médico es el básico a la hora del manejo inicial en un episodio agudo de GPAC. Así pues, podemos distinguir los medicamentos tópicos (que reducen la producción del HA o desbloquean del ángulo iridocorneal), y sistémicos (que bajan la PIO por el efecto osmótico). Asociado al tratamiento médico inicial suele ser necesario el tratamiento quirúrgico o mediante láser ¹¹. La iridotomía periférica con láser (LPI) (perforación del iris) y la extracción del cristalino se recomiendan actualmente para el tratamiento del cierre angular ¹⁷. Focalizaremos la atención en la LPI con láser Nd-YAG ya que es uno de los tratamientos de elección ante un ataque agudo de GPAC. La LPI también se utiliza como método de prevención de un cierre angular en personas predispuestas (ángulo iridocorneal potencialmente ocluíble), es decir en casos de PACS o PAC.

2.4.1 IRIDOTOMÍA LÁSER ND -YAG

En 1856, Albercht Von Graefe aportó el entendimiento del glaucoma y con él, el tratamiento quirúrgico y farmacológico de esta patología. Por primera vez en la historia se estudió la técnica de iridectomía quirúrgica (extirpación parcial del iris), la cual era capaz de resolver un ataque agudo de glaucoma, observando un efecto hipotensor que eliminaba el bloqueo pupilar ¹². En los inicios esta extirpación era de gran tamaño comparado con las que se hacen hoy en día, pues se tardó mucho tiempo en comprender que una iridectomía de pequeñas dimensiones era igual de eficaz.

A partir de la década de los cincuenta se consiguió llevar a cabo la LPI, gracias a la ayuda de los avances tecnológicos. Se emplearon diferentes tipos de láser como el arco de xenón, láser Rubí y el láser de argón. Este último fue la técnica de elección para solucionar el GPAC, aunque en ocasiones producía problemas debido a la pigmentación del iris excesiva o muy escasa, ya que el efecto térmico que desprende este láser puede ocasionar quemaduras en la córnea y cristalino. Por ello se continuó la investigación y en los años 80 apareció el láser Neodymium-doped Yttrium Aluminium Garnet, también llamado láser Nd-YAG, este es considerado hoy en día el estándar para la resolución del GPAC ya que este no influye la pigmentación del iris para la intervención ⁹.

La finalidad de este láser es equilibrar las presiones entre la CA y posterior del globo ocular, permitiendo una libre comunicación y así facilitar el flujo del HA, aliviando de esta forma el bloqueo angular o ayudando a su prevención.

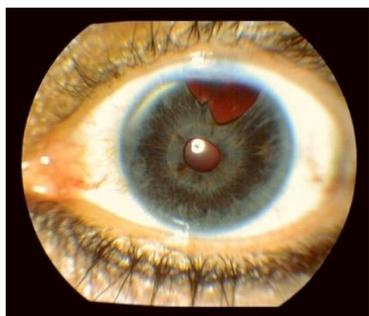


Imagen 5. Iridectomía quirúrgica

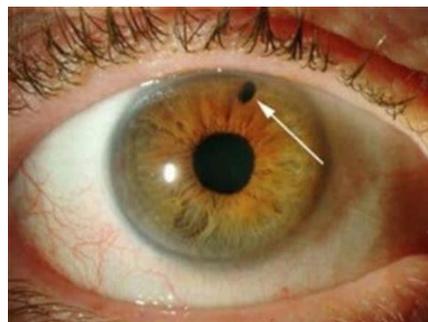


Imagen 6. Iridotomía láser Nd-YAG

A través de las imágenes (5) y (6), podemos observar que en la LPI con Nd-YAG se realiza una perforación iridiana de diámetro pequeño y con gran precisión (imagen 6), a diferencia de la iridectomía quirúrgica (imagen 5) donde observamos que las dimensiones son mucho mayores.

2.4.2 TÉCNICA DE IRIDOTOMÍA LÁSER ND-YAG

El Nd-YAG es un láser que posee la propiedad de cortar y romper las diferentes estructuras del globo ocular, actuando de forma no invasiva como bisturí de gran precisión. La intervención se lleva a cabo en la zona periférica del iris, preferiblemente en la zona supero nasal, lejos del borde pupilar, para que así la perforación quede oculta con el parpado superior. Es recomendable buscar las criptas del iris, esto es, zonas localizadas de hipoplasia, ya que es donde se encuentra el menor espesor y para este tipo de intervenciones se prefiere un área delgada donde sea fácil la penetración y donde las probabilidades de sufrir un sangrado sean las mínimas ¹⁵.

Para llevar a cabo la técnica de la LPI, en primer lugar, media hora antes de la intervención se debe aplicar al paciente unas gotas de pilocarpina al 2% (solución miótica), con el fin de contraer la pupila y de este modo facilitar el procedimiento con el empleo de la mínima energía posible ⁹. El siguiente paso será colocar una lente de contacto (LC) de tipo "Abraham", la cual al enfocar el láser aumentará la energía depositada en el iris, de tal manera que así se disminuirá la incidencia de energía en córnea y retina. Esta LC se debe aplicar con un gel en la interfase córnea-lente, y dispone de una lupa que se debe orientar hacia el punto localizado donde se realizará el orificio del iris.

El haz de luz se enfoca en el iris para localizar la situación exacta donde se va a realizar la intervención y en ese momento se comienza a emitir una o varias ráfagas de láser Nd-YAG, con una potencia aproximada entre 3 y 8 mJ (en función del espesor iridiano), produciendo una perforación de diámetro alrededor de 150-200 micras. La iridotomía finaliza cuando el flujo del HA aparece en la CA ¹⁵.

Esta técnica demostró hace dos décadas ser igual de eficaz que la incisión quirúrgica y además es más segura que esta.

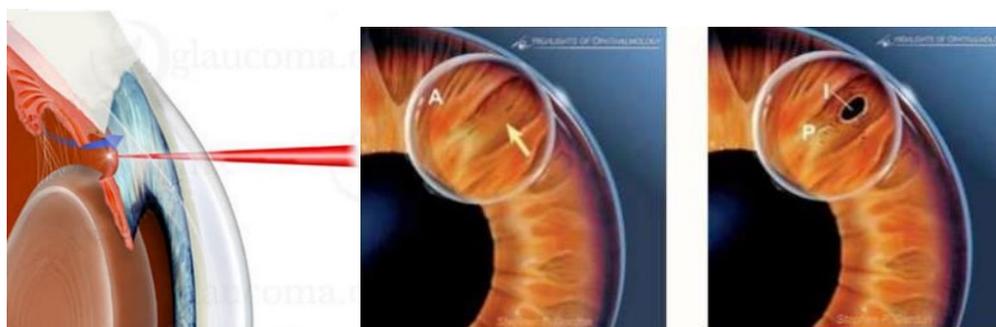


Imagen 7. Iridotomía periférica

Imagen 8. Perforación en las criptas del iris

2.4.3 EFICACIA Y SEGURIDAD

La LPI Nd-YAG frente a las técnicas quirúrgicas tradicionales supone dos ventajas: es un proceso no invasivo (no requiere cirugía intraocular) y posibilita la máxima precisión en la intervención. En general, proporciona pocas complicaciones, minimizando los riesgos que podría suponer su variante incisional quirúrgica. Además, no es necesaria la hospitalización después de esta intervención, ya que la recuperación es sencilla, y se puede realizar de forma ambulatoria en las consultas ¹⁴.

Con esta técnica se pueden prevenir más episodios de GPAC agudo y en ocasiones anticiparse a un glaucoma subagudo (formación lenta) en personas con riesgo de padecerlo en un futuro (ángulos iridocorneales estrechos).

2.4.4 COMPLICACIONES

Dentro de las complicaciones más características de la LPI se encuentran:

- Incremento pasajero de la PIO por inflamación intraocular. En ciertas ocasiones, aunque poco frecuentes, se podría requerir medicación e incluso una cirugía necesaria para el control de la tensión.
- Hifema, es decir, sangrado en la cámara anterior del ojo.
- Visión borrosa
- Opacidad del cristalino en el punto donde se ha llevado a cabo la intervención, que no suele acarrear repercusión.
- Quemaduras de la córnea y la retina, en caso de que el láser incida con una potencia demasiado alta.
- Iritis, es decir, inflamación del iris, si el número de impactos y la energía usada han sido muy elevados.

Otros riesgos, aunque menos frecuentes suelen ser la aparición de sinequias posteriores, diplopía monocular y visión de destellos luminosos ^{9,13}.

2.4.5 POSTOPERATORIO

La recuperación de un paciente intervenido con láser Nd-YAG es muy sencilla y prácticamente inmediata, a las 24 horas se podría llevar una vida normal. En ocasiones la visión puede reducirse transitoriamente debido a los restos de gel empleados en la interfase con la LC de Abrahams o a causa de la dispersión de pigmento de iris tras perforarlo. Otras veces el paciente puede presentar un aumento de la PIO transitorio debido al depósito de pigmento iridiano que taponan la zona de la malla trabecular impidiendo el correcto drenaje.

Es recomendable citar al paciente a una consulta unos días después de la intervención para realizar una revisión. Además, se pautan durante una semana aproximadamente gotas antiinflamatorias, generalmente corticoides tópicos.

2.5 TÉCNICAS DE ESTUDIO DEL ÁNGULO IRIDOCORNEAL

Existen diversas técnicas que nos ayudan a estudiar los parámetros característicos del ángulo iridocorneal, las más frecuentes para el diagnóstico de GPAC son:

- Gonioscopía: en la práctica diaria, se realiza cuando existe PACS. A través de una lente formada con un espejo de forma semilunar podemos identificar las estructuras angulares ⁵.
- Van Herick: nos permite valorar de forma rápida y no invasiva la profundidad de la CA (ACD) y, por tanto, obtener un valor aproximado del ángulo. Este método se realiza mediante la utilización de la lámpara de hendidura (LH), colocando la iluminación aproximadamente a 60° del sistema de observación en el limbo temporal. La sección corneal que se obtiene mediante la LH permite visualizar el espesor corneal, dato que se toma como referencia. Así, la anchura del ángulo puede determinarse por la distancia que existe entre el borde posterior de la sección y el borde externo del haz de luz reflejado en el iris ³⁸.

Existen otro tipo de técnicas que estudian el SA, como la Tomografía de coherencia óptica (OCT-SA), tomografía corneal (Pentacam), la biometría (A-Scan, Lenstar...); las cuales nos proporcionan con gran exactitud los distintos parámetros característicos del ángulo camerular, y de esta forma permiten poder llevar a cabo un estudio de la biometría del globo ocular.

2.5.1 OCT-SA

La OCT (Tomografía de Coherencia Óptica) es un instrumento basado en el interferómetro de Michelson, principio óptico de la interferometría de baja coherencia, donde se emplea una fuente de luz infrarroja que incide en el ojo a través de la pupila.

El funcionamiento está basado en generar imágenes tomográficas, tanto bidimensionales como tridimensionales, midiendo el tiempo de retardo del eco de la luz retrodispersada desde las estructuras tisulares oculares. Este instrumento emite un haz de luz inicial monocromática de 820 nm, la cual, se divide en dos haces, uno de ellos se dirigirá hacia espejo de referencia del instrumento y el otro a la estructura que queremos analizar. Después se compara la diferencia de caminos ópticos, es decir, la luz reflejada desde la estructura elegida con la luz reflejada por el espejo de referencia y, cuando ambos reflejos coinciden en el tiempo, se produce el fenómeno de interferencia, que es el captado por el detector ³⁹.

Hoy en día, en la práctica, existen tres tecnologías de OCT disponibles que se han adaptado para la obtención de imágenes del SA: OCT en el dominio del tiempo, OCT en el dominio espectral o Fourier y OCT de fuente de barrido.

- OCT de dominio tiempo → posee un espejo de referencia móvil, para medir el tiempo que tarda la luz en ser reflejada. La velocidad máxima es aproximadamente de 400 escáners por segundo.
- OCT de dominio espectral → es capaz de medir los ecos luminosos con diferentes retardos de manera simultánea y sin la necesidad de mover el espejo de referencia. Proporciona imágenes de mayor resolución y más reproducibles,

con una velocidad máxima de 27.000 a 40.000 escáners por segundo (dependiendo del modelo de instrumento empleado).

- OCT de fuente de barrido → Se trata de una variación de la OCT de dominio espectral, en su caso, detecta la señal de interferencia usando una fuente de luz monocromática.

La tecnología de la OCT se emplea con éxito en la evaluación del SA ofreciendo varias aplicaciones clínicamente relevantes. Consiste en una técnica de diagnóstico, control y seguimiento, que nos permite estudiar estructuras oculares “en vivo”, como son la córnea, CA, iris y cristalino, de una forma objetiva, con alta resolución y permitiendo una medición reproducible de las estructuras del SA. Esta técnica tiende a detectar ángulos anteriores estrechos o cerrados, en especial en los cuadrantes superior e inferior, así como indicarnos cuando es conveniente realizar una LPI y evaluar los factores que influyen en la en la eficacia de esta ³².

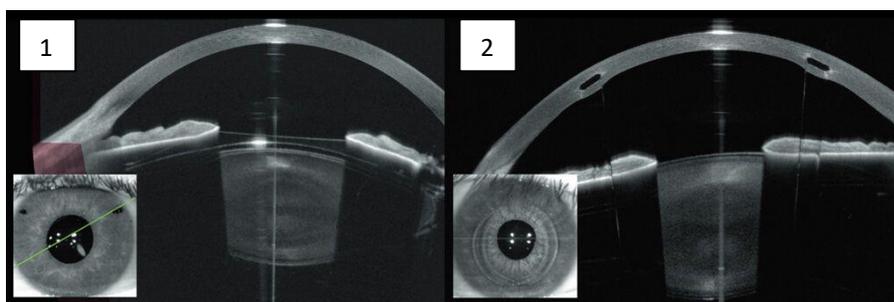


Imagen 9. Imágenes tomadas con OCT-SA, (1) Lente intraocular fáquica de cámara posterior y LPI; (2) Catarata densa

2.5.2 TOMOGRAFÍA CORNEAL PENTACAM

La tomografía corneal se emplea con frecuencia para analizar la CA, desde la cara anterior de la córnea hasta la cara posterior del cristalino, especialmente cuando se realizan cirugías refractivas e intervenciones en el SA. El Pentacam se caracteriza por generar una imagen en tiempo real mediante un proceso de medición no invasivo y sencillo, capturando 50 imágenes individuales de hendidura y evaluando 500 puntos de medida para cada imagen. Se encuentra basado en el principio óptico de Scheimpflug “una cámara de gran formato consigue la máxima profundidad de campo en el plano del motivo cuando las prolongaciones imaginarias de éste, el del objetivo y el de la imagen, coinciden en un punto común” ⁴⁰.

Este sistema nos proporciona mapas tridimensionales del polo anterior del ojo a través de dos cámaras divergentes, que, mediante unos espejos, permiten la convergencia de los rayos, lo que se traduce en una mayor precisión en el cálculo del espesor de las estructuras medidas. Una de las cámaras posee un centro fijo (controla la fijación del usuario y corrige los movimientos oculares) y la otra se encuentra montada sobre una rueda móvil (cámara de Scheimpflug), de tal modo que al girar captura las imágenes ⁴⁰. Gracias a esta tecnología evitamos descentramientos y podemos analizar toda la superficie corneal (sin escotomas centrales ni sombras nasales) proporcionando una mayor precisión, repetibilidad y reproducibilidad, así como obtener los mapas corneales de curvatura (topografía), elevación y potencia total, medida automática en 360° del ángulo iridocorneal, profundidad y volumen de la CA, medida blanco-blanco y la opacidad del cristalino y córnea. ³³

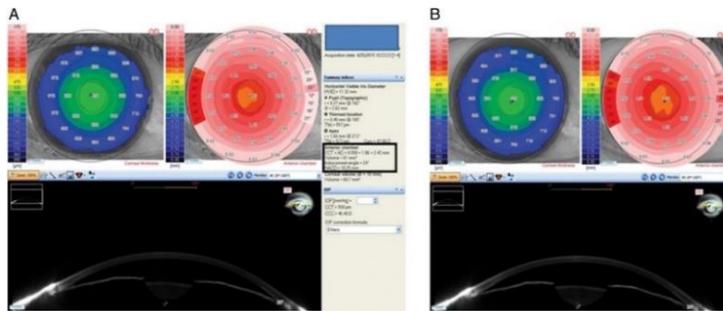


Imagen 10. Tomógrafo corneal PENTACAM

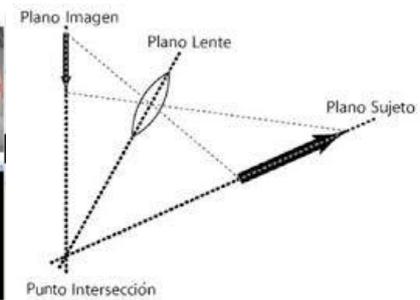


Imagen 11. Principio de Scheimpflug

2.5.3 BIOMETRÍA ULTRASONIDOS A-SCAN

El biómetro A-Scan es un equipo de medida para el sistema oftálmico basado en ultrasonidos, ondas acústicas de aproximadamente 20KHz, que viajan a distintas velocidades según la densidad del tejido que atraviesan. Esta velocidad será mayor cuanto más densos sean los medios, de tal modo que, cuando encuentran un cambio, es decir, un cambio en el índice de refracción, producirán un rebote o “eco”, que quedara registrado en el sistema, dando lugar a un gráfico denominado ecograma.

La biometría ultrasónica se basa en la emisión de un haz de ultrasonidos por un transductor, que al atravesar las diferentes estructuras oculares genera los ecos y los convierte en señales eléctricas que son procesadas por el propio biómetro, identificando las interfases acústicas según la intensidad del eco. Al pasar de un medio acústico a otro, parte del ultrasonido es reflejado, parte absorbido y parte transmitido.

Gracias a este instrumento obtenemos diferentes parámetros oculares como la longitud axial del ojo y otros diámetros longitudinales y transversales ³⁴.



Imagen 12. Biometría A-Scan y ecograma

2.5.4 BIOMETRÍA LENSTAR

Hoy en día existen nuevas técnicas de biometría como el LENSTAR LS900, la cual no depende de la aplanación de la córnea para la toma de medidas. Este tipo de biometría óptica está basada en la reflectometría de baja coherencia, proporcionando una medición precisa, rápida y fácil de las variables oculares.

Este instrumento es capaz de realizar 9 mediciones diferentes en un mismo disparo, y en un tiempo aproximadamente de 10 segundos. Actualmente es uno de los poco dispositivos que permite realizar mediciones de tantos parámetros simultáneamente: espesor corneal, profundidad de la CA, grosor del cristalino, espesor retiniano,

longitud axial, queratometría, diámetro pupilar, excentricidad del eje visual y distancia blanco-blanco.

El biómetro Lenstar emplea un sistema patentado para la detección de la correcta posición del paciente, garantizando que las medidas se realizan en el eje visual del mismo. Con esta técnica se evitan errores que pueden ser provocados por las variaciones en la posición de la sonda, el grado de sangría corneal y los movimientos propios del paciente ³⁵.

3. Justificación del tema

Dado que la crisis aguda de GPAC es una urgencia médica y es muy frecuente la necesidad de realizar LPI para revertir el cuadro, así como en pacientes predisuestos a sufrir un GPAC (como técnica de prevención); consideramos importante realizar una revisión bibliográfica de la técnica, estudiando los cambios en la biometría (amplitud de la CA y otros parámetros) así como en la refracción de los pacientes tras la realización de LPI con láser Nd-YAG.

4. Hipótesis y objetivos

La LPI Nd-YAG es una técnica no invasiva, que altera poco las estructuras del globo ocular, y de esta forma permite la recuperación de una buena calidad visual 24 horas después de la intervención. Los cambios en la CA serán significativos ya que través de esta técnica la distancia entre el iris y el trabéculo (ángulo iridocorneal) aumenta, por tanto, la biometría será previsiblemente también mayor.

Objetivos primarios:

- Analizar cuáles son los cambios biométricos producidos con la LPI Nd-YAG en las publicaciones analizadas, a nivel del SA.
- Analizar los cambios refractivos asociados a la LPI Nd-YAG, según los estudios publicados.

Objetivos secundarios:

- Realizar una revisión bibliográfica sobre las aplicaciones de la LPI para disminuir la posibilidad de desarrollar GPAC en pacientes que poseen un ángulo iridocorneal estrecho. Será necesario analizar las indicaciones actuales de las iridotomías, según los estudios publicados y estudiar cuales son las complicaciones asociadas a esta técnica.

5. Metodología

Se ha realizado una revisión bibliográfica consultando las principales bases de datos biomédicas en un periodo comprendido entre octubre 2020 hasta junio del 2021.

5.1 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

En primer lugar, la búsqueda de información se llevó a cabo en la base de datos biomédicos PubMed y con otros buscadores científicos como Google Scholar, Cochrane y Scopus, empleando palabras clave en inglés.

No se estableció una restricción en las fechas de publicación de los estudios, ya que la LI consiste en una intervención que se ha desarrollado recientemente y por ello todos los estudios que se han hecho sobre esta también lo son. Tampoco se han especificado otros factores como la edad, género o etnia de los pacientes.

En el caso de la página **PubMed**, la búsqueda se dividió en dos partes principales utilizando la herramienta “Advanced”:



- Para la información referida a **GPAC** se utilizaron las siguientes palabras clave: “glaucoma”, “optic nerve”, “intraocular pressure”, “optic neuropathy”, “angle closure glaucoma”.

En primer lugar, se recopiló una serie de búsquedas obtenidas de manera individual en el historial de búsqueda, empleando el descriptor *Medical Subject Heading* (MeSH Terms).

- Búsqueda 1 → Se introdujo el término “Glaucoma”
 - Búsqueda 2 → En el mismo descriptor se buscó el término “Intraocular pressure”.
 - Búsqueda 3 → Otras palabras como “angle closure glaucoma”, “optic neuropathy” o “optic nerve”.
- Para la técnica con **Iridotomía láser Nd-YAG** se emplearon las siguientes palabras clave: “glaucoma treatment”, “Iridotomy”, “Láser Iridotomy”, “Peripheral iridotomy”, “Glaucoma sugery”, “Láser Nd-YAG”.

Continuando con el procedimiento empleado anteriormente, se realizaron las siguientes búsquedas con el mismo descriptor MeSH

- Búsqueda 1 → Se introdujo “Peripheral iridotomy”
- Búsqueda 2 → Las palabras “Laser iridotomy” y “Láser Nd-YAG” también fueron introducidas empleando el descriptor MeSH
- Búsqueda 3 → Se introdujeron términos como “biometry” y “refractive changes” para extraer la información necesaria.

Se empleó el operador booleano “AND” para relacionar las palabras claves en los buscadores. En la primera búsqueda se asoció “iridotomy” con “glaucoma” y “closure angle glaucoma”, e “iridotomy” con “biometry” en la segunda, también se hicieron otras relaciones como “iridotomy” con “refractive changes”. Por último, se realizó una búsqueda más específica de artículos en Google Scholar y Cochrane.

5.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN/EXCLUSIÓN

Todos los artículos incluidos en este documento están revisados individualmente para poder determinar su validez en el estudio:

- Se han incluido los artículos en los que se emplea la iridotomía láser Nd-YAG en pacientes con PACS, PAC y GPAC.
- Se han excluido los artículos en los que se emplea la LPI para pacientes GPAA, GNT u otras neuropatías ópticas.

5.3 EXTRACCIÓN DE DATOS

Se encontraron 15.145 artículos relacionados con los temas propuestos, de los cuales 14 se seleccionaron finalmente para el estudio de la influencia de la LPI en la medida biométrica del SA y no se obtuvo ningún resultado en relación con los cambios refractivos asociados a la LPI. Para su selección se centró la búsqueda de las palabras claves en el título, resumen o palabras claves del propio artículo y se realizó un filtrado para asegurar la fiabilidad de las pruebas, que estuvieran realizadas en seres humanos y los artículos escritos en inglés o español. A partir de ahí se seleccionaron de manera más precisa estudiando los títulos y resúmenes de los artículos y, en caso de que fuera necesario, el texto completo.

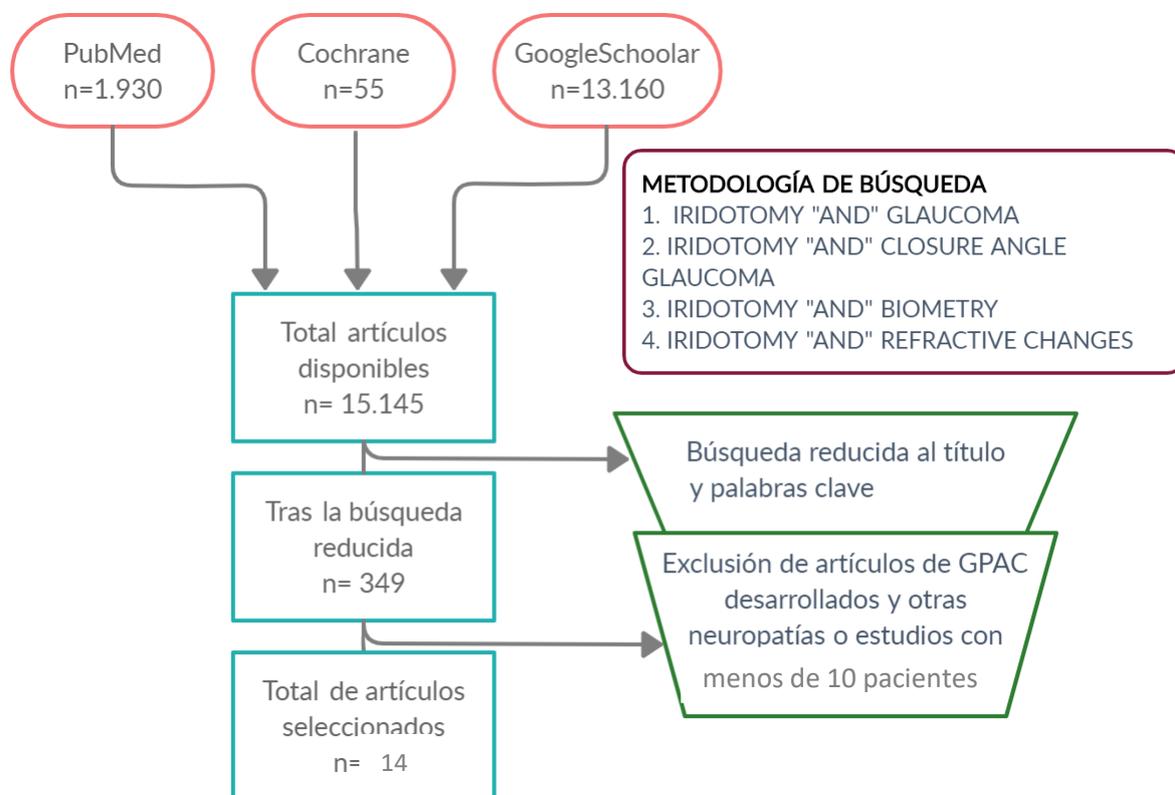


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología de búsqueda

6. Resultados

Se encontraron finalmente 14 artículos, y en todos ellos se relaciona la LPI con los cambios biométricos producidos en el SA y CA del globo ocular, sin embargo, no se encontraron estudios científicos acerca de los cambios refractivos asociados.

En la siguiente tabla se muestran los diferentes estudios, ordenados por fecha de publicación desde el más antiguo al más actual, algunos enfocados en pacientes con PACS, pacientes con GPAC o PAC. Estos estudios emplean instrumentos de análisis como son el OCT-SA, tomografía corneal Pentacam o Scheimpflug, biómetro A-SCAN y Lenstar LS900.

ESTUDIO	PARTICIPANTES	REGIÓN ESTUDIADA	OBJETIVO	RESULTADOS
Mingguang He et al. ²⁹ (2006)	72 participantes de la población china con PACS bilateral, edad entre 50 y 79 años.	ACD, ACD media límbica y AOD en todos los cuadrantes.	Evaluar efecto inmediato de la LPI y los mecanismos de cierre angular en PACS mediante biometría ultrasónica.	En la mayoría de PACS, tras la LPI la ACD apenas varía. La ACD media límbica y la AOD aumentan significativamente.
K Lei et al. ³⁰ (2009)	15 ojos con PAC.	ACD, PD, LT, ACV	Estudiar cambios morfológicos de SA tras LPI en PAC mediante OCT-SA.	ACD y ACV aumentaron. En DP y LT no hubo cambios significativos.
Ramani et al. ¹⁸ (2009)	82 ojos con PACS de origen indio asiático.	Distancia iris-ciliar, ACA, LT, AOD	Seguimiento de PACS tras LPI durante un periodo de 2 años, empleo de biometría A-Scan.	Un 28% de PACS progresó a PAC. ACA disminuyó tras LPI, en el resto de los parámetros no hubo cambios significativos. PIO constante.
Antoniazzi et al. ¹⁹ (2010)	20 ojos con PACS.	ACV, ACD, ACA	Medida de la CA con Pentacam tras LPI.	Aumento de ACV y ACA después de LPI. No hubo cambios en ACD.
C How et al. ²² (2012)	176 PACS de ≥ 50 años sometidos a LPI en 1 ojo.	ACA, ACV, ACW, LV, IT, IA, ACD	Cambios morfológicos del SA después de LPI con OCT-SA.	Aumento en ACA y ACV. No se experimentaron cambios en el ACD, ACW, LV, IT, IA.
Ce Zheng et al. ²⁸ (2013)	29 pacientes con PAC, el 90% de raza asiática y 62% mujeres.	ACA, AOD, TISA	Analizar la dinámica del SA mediante OCT antes y después de LPI en pacientes con PAC.	Aumento significativamente mayor en ACA, AOD y TISA tras LPI.
Faramarzi et al. ³¹ (2013)	40 pacientes con ojos clasificados como PACS.	ACD, LT, AL, CT	Evaluar efecto de LPI sobre los parámetros biométricos con Lenstar.	ACD aumentó. No hubo cambios significativos en LT, AL, CT tras la LPI.

Vryonis et al. ²⁰ (2013)	46 ojos de 46 pacientes blancos clasificados como PACS, PAC, GPAC, ojos contrarios a GPAC y configuración de iris en meseta.	ACV, ACD, ACA	Morfología de CA antes y después de LPI en ángulos estrechos, empleando el tomógrafo Pentacam.	ACA, ACD y ACV aumento significativo, más pronunciado en cierre angular aposicional.
C Talajic et al. ²¹ (2013)	37 ojos de 37 pacientes con PACS (contacto iridotrabecular en 3 cuadrantes o más).	ACA, ACV, ACD, PD, CT	Cambios en SA después de LPI en PACS, empleando cámara de Scheimpflug.	ACV y ACA aumento significativo, ACD ligero aumento, CT disminución leve. PD y PIO sin cambios.
Y Lee et al. ²³ (2014)	48 ojos de 28 pacientes caucásicos y 36 ojos de 24 sujetos chinos con PACS.	ACA, AOD, ACV, ACW, IC, ARA	Cambios SA después de LPI en ojos caucásicos y chinos, tecnología OCT-SA.	Mismos cambios en ambas etnias. Aumentos postláser en AOD, ACV, ACW, ARA, ACA. Disminuyó el valor de IC.
Rim Sung et al. ²⁴ (2015)	39 ojos sospechosos de cierre ángulo primario (PACS)	ACD, AOD, IC, ACW, IT, LV, IA, AA	Comparación de parámetros basales del SA a largo plazo con LPI láser, mediante OCT-SA	En el estudio postoperatorio tanto a las 2 semanas como a los 3 años, hubo evidencias de una disminución de IT y AOD. El resto de los parámetros no se tuvieron en cuenta.
CH Ang et al. ²⁵ (2016)	72 sujetos japoneses con cierre angular, incluye PACS, PAC y GPAC.	ACA, ACW, ACD, ACV, AOD, LV, IT, IA, IC, TISA, ARA	Cambios en los ojos japoneses después de LPI observados mediante tecnología OCT-SA.	Aumento de dimensiones en CA (ACA, ACD, ACV, AOD, ARA, TISA). El IC disminuyó y se mantuvieron constantes: ACW, LV, IT, IA.
Moghimi et al. ²⁶ (2016)	52 ojos de 52 pacientes con PAC agudo resuelto.	ACD, ACA, ACW, IT, IA, IC, LV, AOD, TISA	Cambios en SA después de LPI en cierre angular primario agudo, tecnología OCT-SA.	Aumento de ACD, ACA, AOD, TISA Y ACW tras la LPI. A nivel del iris, IC y LV disminuyeron. No hubo cambios en IT e IA.
Mansoori et al. ²⁷ (2017)	56 ojos de 56 pacientes indios asiáticos con PACS (75% mujeres).	CT, ACV, ACD, PD, AOD	Morfología SA después de LPI en pacientes con PACS, estudio con Pentacam.	Ensanchamiento del ángulo camerular por aumento de ACD, ACV y AOD. No hubo cambios en CT ni PD.

Tabla 1. Artículos que relacionan la biometría con la LPI. LPI = iridotomía láser periférica, ACD = Profundidad de Cámara Anterior, ACA= Área de Cámara Anterior, ACV =Volumen de Cámara Anterior, IT = Grosor del iris, ACW = Ancho de Cámara Anterior, AA = Apertura angular, PD = Diámetro pupilar, AOD = Distancia de apertura angular, IC = Curvatura del iris, IA = Área del iris, LV = Bóveda del cristalino, LT = grosor lente, CT= grosor corneal, TISA= Área de espacio entre iris-trabéculo, ARA= Área de receso del ángulo, AL= Longitud axial.

Los artículos relacionan los cambios en la biometría del globo ocular que se asocian con la LPI, midiendo las diferentes estructuras de la CA. Como podemos observar en la tabla de resultados, en algunos estudios se observa una ampliación significativa de esta, mientras que en otros apenas existen cambios morfológicos asociados.

No se encontraron artículos que estudiaran la relación entre la LPI y los cambios refractivos.

7. Discusión

En este trabajo nos hemos centrado en investigar, a partir de la bibliografía publicada, los posibles cambios biométricos y refractivos asociados a la técnica de LPI Nd-YAG en pacientes con PACS, PAC y GPAC. Mientras que se han encontrado multitud de artículos que relacionan la LPI con los cambios biométricos en CA; no se ha encontrado ningún resultado que relacione la LPI con los cambios refractivos. Aunque en la mayoría de los estudios obtenidos los participantes son de raza asiática, a la hora de la búsqueda no se ha tenido en cuenta la etnia, sexo y edad de estos.

7.1 LPI Y CAMBIOS BIOMÉTRICOS

En el caso de los cambios biométricos, desde sus inicios hasta la actualidad, diversos autores han estudiado los parámetros propios del SA como son: ACD, ACA, ACV, IT, ACW, AA, PD, AOD, IC, IA, LV, LT, CT, TISA y ARA; que forman parte de la CA y de esta manera, una alteración en cualquiera de los nombrados parámetros podría producir cambios significativos en la biometría.

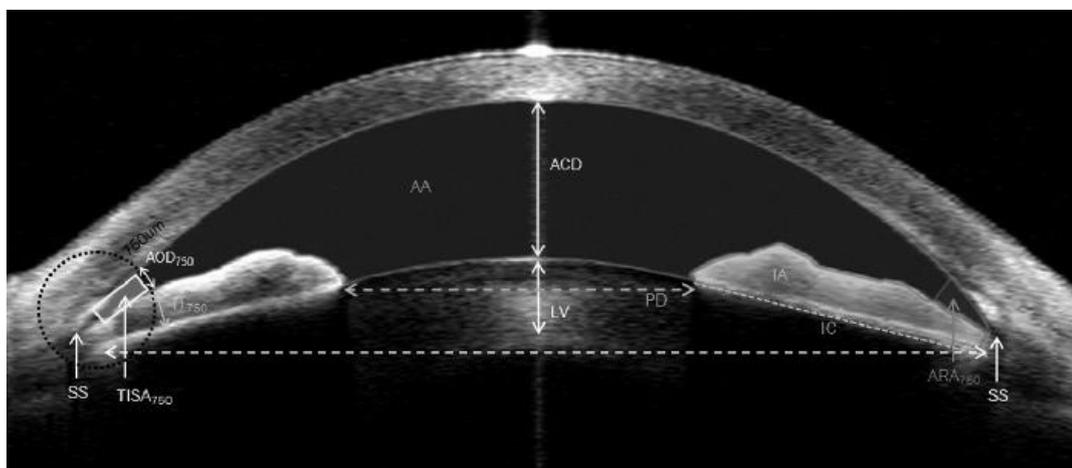


Imagen 13. Parámetros del SA determinados por OCT-SA

Imagen 9. Parámetros del SA determinados por OCT-SA. ACD = Profundidad de Cámara Anterior, AA = Apertura angular, PD = Diámetro pupilar, AOD = Distancia de apertura angular, IC = Curvatura del iris, IA = Área del iris, LV = Bóveda del cristalino, TISA= Área de espacio entre iris-trabéculo, ARA= Área de receso del ángulo, SS = Espolón escleral

La mayor parte de los estudios llegan a una misma conclusión, el aumento de la biometría ocular, puesto que empleando instrumentos como el OCT-SA, topografía corneal Pentacam o Scheimpflug, biometría A-Scan y Lenstar, se puede realizar una

buena exploración de la CA y ver las posibles alteraciones producidas a causa de la LPI.

A continuación, evaluamos los distintos estudios dependiendo de la técnica utilizada para el estudio de los parámetros biométricos:

OCT-SA

Una gran parte de nuestros artículos estudiados están basados en esta técnica. El primero según el orden cronológico fue llevado a cabo por **K Lei et al.**³⁰ en donde demuestra la eficacia de la LPI en pacientes con PACS, ya que este autor encuentra un incremento de la ACD en un 1,6% en todos los ojos examinados (excluyendo individuos con sinequias anteriores y cirugías), así como un mayor ACV y un aplanamiento del iris, permitiendo una mayor distancia iris-trabéculo. De esta forma, se ensancha el ángulo iridocorneal y se evita un bloqueo angular. **C How et al.**²² obtuvo evidencias similares en cuanto a los cambios de la morfología del SA en PACS tras la LPI.

Otros estudios como **Ce Zheng et al.**²⁸, basado en PAC; **Y Lee et al.**²³ enfocado en PACS y el de **CH Ang et al.**²⁵ basado en PACS, PAC y GPAC; analizaron imágenes con OCT-SA capturadas antes y después de LPI para medir los parámetros biométricos. En todas las investigaciones se observa un cambio significativo en el ángulo gonioscópico medio, aumentando las dimensiones de la CA y disminuyendo la convexidad del iris después de la intervención.

Rim Sung et al.²⁴ además de estudiar los cambios biométricos en general de un PACS tras LPI, informó acerca de las diferencias biométricas dependientes del IT periférico, mostrando un mayor cambio longitudinal cuanto más delgado es el iris.

Moghimi et al.²⁶, señaló que, a parte de todos los cambios a nivel de la CA y el aplanamiento del iris, también existe un desplazamiento posterior del cristalino después de la LPI, especialmente cuanto mayor sea la bóveda.

Toda esta recopilación de estudios basados en OCT-SA llegan a una misma idea, tanto en PACS, PAC y GPAC intervenidos con LPI Nd-YAD muestran un cambio significativo en los parámetros biométricos oculares, sobre todo un aumento angular y un aplanamiento del iris. La OCT-SA nos permite determinar la evolución del ángulo de CA a lo largo del tiempo para valorar la utilidad de la LPI en pacientes con ángulos estrechos.

TOMOGRAFÍA CORNEAL PENTACAM

Los estudios de **Antoniazzi et al.**¹⁹ y **Vryonis et al.**²⁰ en PACS mediante la cámara de Scheimpflug del Pentacam, investigaron los cambios morfológicos antes y después de la LPI, y los resultados obtenidos mostraron un aumento en la profundidad media de la CA, volumen y ángulo camerular.

Tanto **C Talajic et al.**²¹ como **Mansoori et al.**²⁷ llevaron a cabo una investigación sobre los PACS con contacto iridotrabecular por lo menos en tres cuadrantes (>270°). En el primero de ellos, con la ayuda del Pentacam se realizó 3 mediciones; al inicio, 45 minutos después de instilar la pilocarpina y 1 mes tras la LPI, con ello, se pudo concluir un aumento significativo en el ACV y ACD; y en el segundo, también se observaron aumentos significativos a nivel de la CA, excluyéndose a los individuos

con sinequias y neuropatías ópticas glaucomatosas, así como aquellos con tratamientos tópicos o sistémicos que afecten al ángulo de la CA o intervenidos con anterioridad de alguna cirugía.

Se puede concluir que el tomógrafo de Pentacam proporciona mediciones reproducibles del ángulo y otros parámetros de medición, por tanto, resulta clínicamente eficaz para la detección no invasiva de ángulos potencialmente ocluíbles. En todos estos estudios analizados, la medición de las estructuras de CA, antes y después de la LPI, como por ejemplo el ACV, el ACD y el ángulo iridocorneal aumentaron significativamente después de esta intervención.

BIOMETRÍA A-SCAN

Según **Mingguang He et al.** ²⁹ la LPI produjo un aumento significativo en el ancho del ángulo en pacientes chinos con PACS. Sin embargo, este mismo autor encontró que una quinta parte de los ojos tenían un PAC residual después de la intervención con láser. Aunque este informe llega a la conclusión de que la LPI amplía el ángulo de la CA en la mayoría de PACS, se requieren más pruebas a largo plazo con un tamaño de muestra más grande para determinar si los riesgos de GPAC se reducen de manera significativa después de una LPI.

Encontramos también, empleando la biometría A-scan, el estudio de **Ramani et al.** ¹⁸, en el cual, se lleva a cabo un seguimiento de los PACS intervenidos por LPI durante un periodo de dos años, tomando medidas antes de la intervención y después de esta durante 1 semana, 6 meses, 1 año, 1,5 años y 2 años. En este estudio hospitalario sobre la evolución de los PACS, se concluyó que el 28 % de estos progresaron a PAC. El factor predictivo de esta progresión fue la disminución de la ACA. Ninguno de los sujetos desarrolló un aumento en la PIO, antecedentes o síntomas de ataque agudo de glaucoma después de la LPI.

BIOMETRÍA LENSTAR

El estudio de **Faramarzi et al.** ³¹ evaluó el efecto de la LPI en los parámetros biométricos de los PACS, y en este caso se incluyeron 40 ojos en los que se midió los parámetros de ACD, LT, AL y el CT; antes de la intervención y 6 semanas después de esta, obteniendo unos resultados de la ACD iguales a $2,07 \pm 0,21$ mm antes y $2,08 \pm 0,19$ después, mientras que no existieron cambios significativos ni en la longitud axial, en LT ni el CT.

7.2 LPI Y CAMBIOS REFRACTIVOS

En lo relativo a los **cambios refractivos** asociados a la LPI, como hemos dicho anteriormente no se ha podido llegar a ninguna conclusión por no encontrar ningún estudio relacionado.

8. Conclusiones

1. Existen evidencias científicas encontradas en la literatura que demuestran la existencia de cambios biométricos a nivel ocular tras la realización de una LPI. Los cambios más significativos son:
 - Ampliación de la CA, por el aumento de ACA, AOD, ACV y/o ACW.
 - Disminución de la convexidad del iris, y, por tanto, se produce un aumento del TISA.
 - Desplazamiento posterior del cristalino, sobre todo, cuanto mayor sea el LV.

Hay que tener en cuenta que las diferencias biométricas dependen en cierta parte del IT, es decir, cuanto más delgado sea este, mayor cambio existirá en el SA.

2. No se han encontrado estudios científicos que respalden la idea de que se experimenten cambios refractivos tras la LPI.
3. La LPI con láser Nd-YAG tiene una gran utilidad como tratamiento preventivo en ángulos iridocorneales potencialmente ocluíbles. Además, ayuda a prevenir un episodio agudo de GPAC (y forma parte de su tratamiento). Sin embargo, hay que tener en cuenta que no en todas las ocasiones los resultados son favorables, y que, aunque es una técnica sencilla, puede acarrear ciertas complicaciones que han de ser tenidas en cuenta en el seguimiento de estos pacientes.

9. Referencias

- [1] Dr. Pérez Díaz L. “El glaucoma: un problema de salud mundial por su frecuencia y evolución hacia la ceguera” [En línea]. MEDISAN vol.18 n°2. Santiago de Cuba, 2014.
- [2] Maroto Jiménez P. “Glaucoma una vista al pasado con un futuro prometedor” [En línea]. Revista médica de Costa Rica y Centroamérica LXX1, 2016.
- [3] Boyd K.” *What is Glaucoma?*”. [En línea], American Academy of Ophthalmology, 9 octubre 2020. [Consulta 30 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.aaopt.org/salud-ocular/enfermedades/que-es-la-glaucoma>
- [4] “Tipos de glaucoma / Glaucoma” [En línea]- Research Foundation (n.d). [Consulta 1 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.glaucoma.org/es/tipos-de-glaucoma.php#:~:text=Existen%20diversos%20tipos%20de%20glaucoma,la%20presi%C3%B3n%20dentro%20del%20ojo.>
- [5] Lara-Medina FJ, Ispa-Callén MC, Núñez A, López-Romero S, López-Mondéjar E, Zarco JM et al. “Exploración del segmento anterior mediante tomografía óptica de coherencia 3”. [En línea], Arch Soc Esp Oftalmol, 2006; 81(11):647-652.
- [6] Rieger-Reyes C, Rubio-Galán FJ, “Glaucoma: implicaciones farmacológicas”. [En línea] Medicina de Familia SEMERGEN, Vol. 39. n° 1, 2013.
- [7] “Glaucoma de ángulo cerrado”. [En línea], Sociedad Española de Oftalmología, Oftalmoseo, 7 octubre 2020. [Consulta 4 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.ofthalmoseo.com/patologias-frecuentes-2/glaucoma-de-angulo-cerrado/>
- [8] Dr. Castañeda-Diez R, Dra. Mayorquín-Ruiz M, Dr. Jiménez-Román J. “Glaucoma de ángulo cerrado. Perspectiva actual”. [En línea] Rev Mex Oftalmol, 81(5):272-282; 2007.
- [9] Muñoz FJ, González-Martín J, Casas P, Urcelay JL, Rebollada G, Ussa F, Güerri N, Méndez C, Moreno J, Villegas MP, Pablo LE y García-Feijóo J. “Guía terapéutica del glaucoma crónico por cierre angular primario”. [En línea]. ELSEVIER, Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología, 2014.
- [10] Galvis Ramírez V, Tello Hernández A, Augusto Díaz C. “Diagnóstico del ojo rojo para el médico de atención primaria”. [En línea], MED UNAB 2008; (11:231-238).
- [11] Drs. Fernández R, Grenón F, Lazaroff J. “Tratamiento médico inicial del glaucoma agudo”. [En línea], Revista de Posgrado de la Cátedra de Medicina, n° 144, 2005, p.31-33.
- [12] Leffter CT, Schwartz SG. “*What was Glaucoma Called Before the 20th Century?*”. [En línea], Ophthalmology and Eye Diseases, 7, 2015.

- [13] “APPA YAG LASER 307” [En línea], Implatec S.A, República Argentina, enero 2017. [Consulta 13 noviembre 2020]. Disponible en: http://implantecinsumos.com/wp-content/uploads/2017/01/YagLaser_Manual_A5_web.pdf
- [14] Dra. López N, Dra. Darías G, Dra. Alina M. “Efectividad de la iridotomía Nd: YAG en el glaucoma por cierre angular primario “. [En línea], Hospital Universitario Clínico Comandante Faustino Pérez Hernández, Matanzas, Cuba.
- [15] Dr. Blanco JA, Prof. Adj. Dr. Sampaolesi JR, Prof. Adj. Dr. Sampaolesi R. “Láser en glaucoma, una guía práctica “. [En línea], Centro Oftalmológico Sampaolesi, Argentina. [Consulta 13 noviembre 2020]. Disponible en: <https://glaucomasampaolesi.com/files/descargas/tripticos/laser-en-glaucoma.pdf>
- [16] Coleman AL. “Glaucoma”. [En línea] Lancet. 1999; 354(9192):1803-10. doi: 10.1016/S0140-6736(99)04240-3. PMID: 10577657.
- [17] Furuya T, Kashiwagi K. “Longitudinal Change in Peripheral Anterior Chamber Depth of Eyes with Angle Closure after Laser Iridotomy” [En línea] J Ophthalmol. 2018; 2018: 9106247., Published online 2018 Dec 24. doi: 10.1155/2018/9106247PMCID: PMC6323459.
- [18] Ramani KK, Mani B, George RJ, Lingam V. “Follow-up of primary angle closure suspects after laser peripheral iridotomy using ultrasound biomicroscopy and A-scan biometry for a period of 2 years.” [En línea]. J Glaucoma. 2009; 18(7):521-7. doi: 10.1097/IJG.0b013e318193c12d. PMID: 19745666.
- [19] Antoniazzi E, Pezzotta S, Delfino A, Bianchi PE. “Anterior chamber measurements taken with Pentacam: an objective tool in laser iridotomy” [En línea]. Eur J Ophthalmol. 2010;20(3):517-22. doi: 10.1177/112067211002000325. PMID: 20037901.
- [20] Vryonis N, Nikita E, Vergados I, Theodossiadis P, Filippopoulos T. “Anterior chamber morphology before and after laser peripheral iridotomy determined by Scheimpflug technology in white patients with narrow angles” [En línea]. J Glaucoma. 2013 ;22(9):679-83. doi: 10.1097/IJG.0b013e318264b908. PMID: 22828006.
- [21] Talajic JC, Lesk MR, Nantel-Battista M, Harasymowycz PJ. “Anterior segment changes after pilocarpine and laser iridotomy for primary angle-closure suspects with Scheimpflug photography” [En línea]. J Glaucoma. 2013; 22(9):776-9. doi: 10.1097/IJG.0b013e318259505a. PMID: 22668977.
- [22] How AC, Baskaran M, Kumar RS, He M, Foster PJ, Lavanya R, Wong HT, Chew PT, Friedman DS, Aung T. “Changes in anterior segment morphology after laser peripheral iridotomy: an anterior segment optical coherence tomography study”. [En línea]. Ophthalmology. 2012; 119(7):1383-7. doi: 10.1016/j.ophtha.2012.01.019. Epub 2012 Mar 10. PMID: 22410350.
- [23] Lee RY, Kasuga T, Cui QN, Huang G, He M, Lin SC. “Comparison of anterior segment morphology following prophylactic laser peripheral iridotomy in Caucasian and Chinese eyes”. [En línea]. Clin Exp Ophthalmol. 2014 ;42(5):417-26. doi: 10.1111/ceo.12243. Epub 2013 Oct 29. PMID: 24119221; PMCID: PMC3975703.

- [24] Sung KR, Lee KS, Hong JW. Baseline “Anterior Segment Parameters Associated with the Long-term Outcome of Laser Peripheral Iridotomy”. [En línea]. Curr Eye Res. 2015;40(11):1128-33. doi: 10.3109/02713683.2014.986334. Epub 2014 Dec 12. PMID: 25495954.
- [25] Ang BC, Nongpiur ME, Aung T, Mizoguchi T, Ozaki M. “Changes in Japanese eyes after laser peripheral iridotomy: an anterior segment optical coherence tomography study”. [En línea]. Clin Exp Ophthalmol. 2016 ;44(3):159-65. doi: 10.1111/ceo.12673. Epub 2016 Feb 5. PMID: 26485668.
- [26] Moghimi S, Chen R, Johari M, Bijani F, Mohammadi M, Khodabandeh A, He M, Lin SC. “Changes in Anterior Segment Morphology After Laser Peripheral Iridotomy in Acute Primary Angle Closure”. [En línea]. Am J Ophthalmol. 2016; 166:133-140. doi: 10.1016/j.ajo.2016.03.032. Epub 2016 Mar 31. PMID: 27038894.
- [27] Mansoori T, Balakrishna N. “Anterior segment morphology after laser iridotomy in primary angle closure suspects” [En línea]. Clin Exp Optom, 2018; 101: 333-338.
- [28] Zheng C, Guzman CP, Cheung CY, He Y, Friedman DS, Ong SH, Narayanaswamy AK, Chew PT, Perera SA, Aung T. “Analysis of anterior segment dynamics using anterior segment optical coherence tomography before and after laser peripheral iridotomy”. [En línea]. JAMA Ophthalmol. 2013;131(1):44-9. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2013.567. PMID: 23307207.
- [29] He M, Friedman DS, Ge J, Huang W, Jin C, Lee PS., Khaw PT, & Foster PJ. “Laser Peripheral Iridotomy in Primary Angle-Closure Suspects: Biometric and Gonioscopic Outcomes”. [En línea]. The Liwan Eye Study. Ophthalmology, 2007; 114(3), 494–500.
- [30] Lei K, Wang N, Wang L. et al. “Morphological changes of the anterior segment after laser peripheral iridotomy in primary angle closure” [En línea]. Eye 23, 345-350 (2009).
- [31] Faramarzi A, Yazdani S., Pakravan M. “Central Anterior Chamber Depth Changes After Prophylactic Laser Iridotomy” [En línea] Optometry and Vision Science, Vol. 90, nº 7, pag 707-710, 2013.
- [32] Romera P, Carbonell M, Moll A, Romanic N, Castellvi J. “Utilidad de la tomografía óptica del segmento anterior (OCT-SA) en el glaucoma”. [En línea] Annals d’Oftalmologia 2015;23(4):27-33.
- [33] Motlagh MN, Moshirfar M, Murri MS, Skanchy DF, Momeni-Moghaddam H, Ronquillo YC, Hoopes “PC. Pentacam® Corneal Tomography for Screening of Refractive Surgery Candidates: A Review of the Literature”, Part I. Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol. 2019 Fall;8(3):177-203. PMID: 31598520; PMCID: PMC6778463.
- [34] Dra. Edith, Dra. Ibis. “Ultrasonido Ocular”. [En línea] Servicio de Oftalmología.
- [35] Jasvinder S, Khang TF, Sarinder KK, Loo VP, Subrayan V. “Análisis de concordancia de LENSTAR con otras técnicas de biometría” [En línea]. Ojo (Lond). 2011; 25 (6): 717-724. doi: 10.1038 / eye.2011.28.

- [36] García González F, Sedeño Cruz I, Novoa Sánchez E, Pérez Gómez D. “Evolución del glaucoma primario de ángulo estrecho postiridotomía periférica con Nd: YAG láser” [En línea] Rev cubana Oftalmol V.19 n.2 Ciudad de la Habana, 2006.
- [37] Pérez-González H, Garcia-Concha Y, & Gómez-Martínez N. “Cierre angular primario: opciones quirúrgicas.” Revista Mexicana de Oftalmología, 2014; 88(4), 182–185.
- [38] Trueba Castillo A, Negrodo Bravo LJ, Cardenas Valencia C, Gil de Gómez Barragán MJ, Arribas García RA. “¿Es útil la prueba de la linterna en atención primaria para detectar ojos con cámara anterior poco profunda?” [En línea]. Aten Primaria, 2010; 42(3): 149-153.
- [39] Ang M, Baskaran M, Werkmeister RM. “*Anterior segment optical coherence tomography*” [En línea] Progress in Retinal and Eye Reserch, vol.66, 2018.
- [40] Dra. Arredondo-Flores S, Dr. Ángel Castellanos M, Dra. Ruiz Quintero N. “Reproducibilidad de la medida del ángulo iridocorneal con el uso de Pentacam, cámara rotatoria tipo Scheimpflug” [En línea] Rev Mex Oftalmol; 2009, 83(2):106-109.

REFERENCIA DE LAS IMÁGENES

- [IMG 1] Dorrnoro E. “Operación de glaucoma: todo lo que debes saber” [En línea] Sanitas 2021. [Consulta 10 marzo 2021] Disponible en: <https://tusdudasdesalud.com/vision/enfermedades-ojo/operacion-de-glaucoma/>
- [IMG 2] López VM. “Glaucoma” [En línea]. 28 de junio de 2011. [Consulta 10 marzo 2021] Disponible en: <https://pt.slideshare.net/DrVictorMLD/glaucoma-8451025>
- [IMG 3] García Alcolea EE, Ortiz González E, Sánchez Miranda M, Rojas Álvarez E, González Sotero J, Pérez Ruiz A, “Gonioscopia: examen diagnóstico para glaucoma” [En línea] Rev Misión Milagro Vol.2 No.1, 2007.
- [IMG 4] Trobe J. “*What was Glaucoma Called Before the 20th Century?*”. [En línea] Ophthalmology and Eye Diseases. 2015; 7: 21–33.
- [IMG 5] “Iridectomía” [En línea] [Consulta 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.wikivevo.com/wiki/Iridectomy>
- [IMG 6] García Lebrigio T. “Iridotomía láser periférica en el síndrome de dispersión pigmentaria” [En línea] Rev Médica Multimed Vol 22. No. 1 2018. [Consulta 11 marzo 2021] Disponible en: <http://www.revmultimed.sld.cu/index.php/mtm/article/view/785>
- [IMG 7] “Iridotomía con YAG láser” [En línea]. [Consulta 12 marzo 2021] Disponible en: <https://nahui.com.pe/cirugia/iridotomia-con-yag-laser/>

- [IMG 8] “Trabeculoplastia con láser” [En línea]. [Consulta 13 marzo 2021] Disponible en: <https://pt.slideshare.net/adilenezaragoza1/laserterapia-43178382/4>
- [IMG 9] Asam JS, Polzer M., Tafreshi A., Hirschall N., Findl O. “Segmento anterior OCT”. En: Bille J. (eds) Imágenes de alta resolución en microscopía y oftalmología. Springer, Cham, 2019.
- [IMG 10] Mansoori, T. y Balakrishna, N. “*Anterior segment morphology after laser iridotomy in primary angle closure suspects*”. [En línea]. Clin Exp Optom, 2018; 101: 333-338.
- [IMG 11] Dra. Arredondo-Flores S, Dr. Ángel Castellanos M, Dra. Ruiz Quintero N. “Reproducibilidad de la medida del ángulo iridocorneal con el uso de Pentacam, cámara rotatoria tipo Scheimplflug” [En línea] Rev Mex Oftalmol; 2009, 83(2):106-109.
- [IMG 12] Dr. Prado-Serrano A. “Cálculo del poder dióptrico de lentes intraoculares ¿Cómo evitar la sorpresa refractiva?” [En línea] Rev Mex Oftalmol, 2009.
- [IMG 13] J Ophthalmol. 2015; 2015: 581719. . [Consulta 15 marzo 2021] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4550797/figure/fig1/>