



UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona

TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA
FACOEMULSIFICACION CONVENCIONAL COAXIAL Y
LA TECNICA BIMANUAL MICROINCISIONAL
EN LA CIRUGIA DE LA CATARATA**

J. Ramon Anglada i Escalona

2014

Dirigida por:

Prof. Dr. Julio de la Cámara Hermoso



Universitat Autònoma de Barcelona

Facultat de Medicina

Departament de Cirurgia

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA
FACOEMULSIFICACION CONVENCIONAL COAXIAL Y
LA TECNICA BIMANUAL MICROINCISIONAL
EN LA CIRUGIA DE LA CATARATA

Tesis doctoral

Autor: J. Ramon Anglada i Escalona

Director: Prof. Dr. Julio de la Cámara Hermoso

Barcelona, 2014

Para Paquita.

Porque juntos hemos llegado hasta aquí
y sin ti no hubiera sido posible.

Deseo que nuestros hijos, Martí y Enric,
entiendan el tiempo que no les hemos dedicado
para ofrecérselo a la Ciencia.

*Una furtiva lagrima,
negli occhi suoi spuntò...*

Che più cercando io vo?

Lo vedo, lo vedo.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Julio de la Cámara, por incorporarme a su Servicio, apoyarme en las situaciones difíciles, confiar en mí para operar desde la retina al cristalino y por su entusiasmo incondicional cuando le propuse esta aventura en un entorno todavía experimental.

A la Dra. M^a Angeles Parera. Infinitas gracias desde lo más profundo del alma. Por su paciencia y comprensión al poner el primer facó en mi mano. Por su soporte diario, su apoyo, su consejo siempre sabio y, por lo mejor, su amistad.

A Jordi Castellví, por ser el amigo constante más allá de las tareas del compañero. Le debo un reconocimiento extra pues su esfuerzo laboral suplementario permitió no perder ni un paciente de esta tesis cuando estuve enfermo.

Al Dr. Valentín Mazo, mi “anestesista favorito” tras 15 años compartiendo horas y horas quirúrgicas en la casa. Por su compañía y profesionalidad, por su paciencia sin el más mínimo reproche mientras probaba y probaba las múltiples variantes al inicio de la MICS.

A mi equipo de enfermería de quirófano: Victoria Pueyo, Laura Parra, Amanda Moreno, Juanjo Pomarol y Raquel Silva. Por su motivación y entrega desde el principio, por su ilusión con las cosas nuevas de cada sesión quirúrgica, por su ayuda constante y su sonrisa final incluso en las jornadas más duras.

A mis compañeros de Servicio con los que compartimos múltiples días y que han creado el entorno laboral, agradable y cómodo, del que podemos presumir.

Por último a nuestros Residentes que han tenido curiosidad por la técnica bimanual y todavía no han roto una cápsula con ella ¿verdad que no es tan difícil? Gracias.

INDICE

| | |
|--|----|
| CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.2. MOTIVO | 1 |
| 1.3. OBJETIVOS | 3 |
| 1.4. METODOLOGIA | 5 |
| 1.4.1. Transición técnica desde coaxial a MICS | 5 |
| 1.4.2. Diseño del estudio | 6 |
| 1.5. HIPOTESIS DE TRABAJO | 9 |
| | |
| CAPITULO 2. PERSPECTIVA HISTÓRICA | 13 |
| | |
| CAPITULO 3. COMO EFECTUAR CON SEGURIDAD LA TRANSICIÓN DESDE LA FACOEMULSIFICACIÓN CONVENCIONAL COAXIAL A LA TÉCNICA BIMANUAL MICROINCISIONAL (<1,8 MM) | 37 |
| 3.1. SOFTWARE Y FLUIDICA | 39 |
| 3.1.1. Software | 39 |
| 3.1.2. Flúidica | 46 |
| 3.2. TECNICA QUIRURGICA | 58 |
| 3.2.1. Incisiones | 58 |
| 3.2.2. Capsulorrexix | 64 |
| 3.2.3. Hidrodissección | 68 |
| 3.2.4. Facoemulsificación | 69 |

| | |
|--|-----|
| 3.2.4.1. Instrumento de la mano derecha | 71 |
| 3.2.4.2. Instrumento de la mano izquierda | 73 |
| 3.2.5. Irrigación – aspiración | 80 |
| 3.2.6. Implante de lentes | 84 |
| | |
| CAPITULO 4. MATERIAL Y METODO | 89 |
| 4.1. INCLUSION DE PACIENTES | 89 |
| 4.2. CONTROLES EFECTUADOS Y PARAMETROS DE ESTUDIO | 91 |
| 4.3. MUESTRA | 93 |
| 4.4. TECNICA QUIRURGICA COAXIAL | 97 |
| 4.5. TECNICA QUIRURGICA BIMANUAL | 102 |
| 4.6. ANALISIS ESTADISTICO | 108 |
| | |
| CAPITULO 5. CRITERIO DE SEGURIDAD: COMPLICACIONES QUIRURGICAS | 111 |
| 5.1. COMPLICACIONES DE LA TECNICA COAXIAL | 111 |
| 5.2. COMPLICACIONES DE LA TECNICA BIMANUAL | 114 |
| 5.3. COMENTARIOS A LAS COMPLICACIONES | 116 |
| 5.3.1. Hernia de iris (contexto de síndrome ifis) | 116 |
| 5.3.2. Incisiones anastigmáticas | 117 |
| 5.3.3. Complicaciones de las incisiones pequeñas | 118 |
| 5.4. CONCLUSIONES | 119 |

| | |
|---|-----|
| CAPITULO 6. CRITERIO DE SEGURIDAD: CUANTIFICACION DE LA VARIACION DEL GROSOR MACULAR Y ESTUDIO DEL EDEMA MACULAR CLINICO O SUBCLINICO | 123 |
| 6.1. COMENTARIOS A LOS RESULTADOS INDIVIDUALES | 127 |
| 6.2. ESTUDIO A LOS 7 DIAS | 129 |
| 6.3. ESTUDIO A LOS 15 DIAS | 131 |
| 6.4. ESTUDIO AL DIA 30 | 132 |
| 6.5. ESTUDIO AL DIA 90 | 140 |
| 6.6. ESTUDIO AL DIA 180 | 148 |
| 6.7. ESTUDIOAL DIA 365 | 149 |
| 6.8. CONCLUSIONES | 150 |

CAPITULO 7. CRITERIO DE SEGURIDAD:

| | |
|---|-----|
| REPERCUSION ENDOTELIAL | 157 |
| 7.1. ESTUDIOS PUBLICADOS EN RELACION A LA TECNICA MICS Y EL ENDOTELIO | 164 |
| 7.2. NUESTROS RESULTADOS | 168 |
| 7.3. ANALISIS DE LA PERDIDA ENDOTELIAL A LOS 3 MESES DE LA CIRUGIA | 171 |
| 7.4. ANALISIS DE LA PERDIDA ENDOTELIAL AL AÑO DE LA CIRUGIA | 191 |
| 7.5. ESTUDIO DE LA REPERCUSION ENDOTELIAL EN CATARATAS GRADO 4 | 212 |
| 7.6. CONCLUSIONES | 221 |

| | |
|---|---------|
| CAPITULO 8. ANALISIS DE LOS PARAMETROS INTRAQUIRURGICOS..... | 225 |
| 8.1. CONSIDERACIONES SOBRE LA DUREZA DEL CRISTALINO..... | 227 |
| 8.2. ESTUDIO DEL TIEMPO EFECTIVO DE FACO (EPT) | 233 |
| 8.2.1. Resultados de EPT | 236 |
| 8.2.2. Estudio estadístico | 242 |
| 8.2.3. Correlación con la pérdida endotelial | 253 |
| 8.2.4. Conclusiones..... | 259 |
| 8.3. SUERO FISIOLÓGICO | 260 |
| 8.3.1. Estudio estadístico | 265 |
| 8.3.2. Correlación entre el consumo de suero fisiológico y la pérdida endotelial | 267 |
| 8.4. TIEMPO QUIRURGICO | 271 |
| 8.4.1. Estudio estadístico | 276 |
| 8.4.2. Correlación entre el tiempo quirúrgico y la pérdida endotelial | 279 |
| 8.5. CONCLUSIONES | 283 |
| CAPITULO 9. CRITERIO DE EFICACIA: AGUDEZA VISUAL | 287 |
| 9.1. AGUDEZA VISUAL | 287 |
| 9.2. INDICES DE EFICACIA Y SEGURIDAD REFRACTIVOS | 291 |
| 9.3. TIEMPO DE REHABILITACIÓN VISUAL | 293 |

| | |
|--|-----|
| CAPITULO 10. CRITERIO DE EFICACIA: ASTIGMATISMO | 297 |
| 10.1. INTRODUCCION | 297 |
| 10.2. QUE CALCULAR Y COMO | 299 |
| 10.3. ESTUDIOS PUBLICADOS | 305 |
| 10.4. ASTIGMATISMO POR SUSTRACCION | 310 |
| 10.5. ASTIGMATISMO VECTORIAL | 314 |
| 10.5.1. Vector astigmático al día 30 | 316 |
| 10.5.2. Vector astigmático al día 90 | 324 |
| 10.5.3. Vector astigmático al día 180 | 331 |
| 10.5.4. Vector astigmático al día 365 | 337 |
| 10.6. CONCLUSIONES SOBRE EL ASTIGMATISMO VECTORIAL.... | 342 |
| | |
| CAPITULO 11. CONCLUSIONES..... | 349 |
| | |
| CAPITULO 12. BIBLIOGRAFIA | 355 |

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La cirugía de la catarata es el procedimiento más practicado en Oftalmología. En nuestro Hospital Universitario efectuamos no menos de 1200 procedimientos anuales. Probablemente es una de las cirugías más satisfactorias en la práctica médica, pues nos permite recuperar el sentido de la visión en muy poco tiempo y con unos riesgos quirúrgicos asumibles. Queda muy lejana toda la evolución histórica que resumo en el capítulo 2 y sería lógico pensar que la técnica actual quirúrgica ha llegado prácticamente a su perfección.

1.2. MOTIVO

En la literatura de esta última década han ido apareciendo trabajos aislados que ensayan la reducción del tamaño de la incisión por debajo de los 2 mm. La primera serie estudiada data del 2005 y no ha sido hasta principios de 2008 cuando diferentes casas comerciales han diseñado instrumental y consolas de facoemulsificación aptas para estas técnicas. El Profesor Jorge Alió patentó el concepto de MICS (microincisional cataract surgery) en octubre de 2003 como cirugías efectuadas por debajo de 2 mm. Al inicio de esta tesis la incisión habitual coaxial era de 3,2 mm.

Es preciso dejar claro unos conceptos para comprender el presente trabajo. La cirugía actual de la catarata se realiza prácticamente siempre mediante emulsificación con ultrasonidos (US) del núcleo y córtex del cristalino. Posteriormente se efectúa su aspiración, así como la de las masas restantes, con el objeto de obtener un saco capsular perfectamente transparente, lugar

donde implantaremos la lente intraocular (LIO). La técnica habitual se efectúa con la aguja de ultrasonidos centrada en el instrumento de mano y la infusión de suero con un manguito de silicona a su alrededor. Por ello la denominamos coaxial. Las incisiones han ido disminuyendo desde los 3,2 mm a los 2,8 mm. Recientemente disponemos de equipos que pueden disminuirla hasta 2,4 mm, umbral del que no podrá bajar tal como explico ampliamente en el capítulo 3, “Cómo efectuar con seguridad la transición desde la facoemulsificación convencional coaxial a la técnica bimanual microincisional”.

La técnica microincisional (MICS) tiene como característica básica la separación de las funciones. Ambas manos son operantes por definición. En la fase de facoemulsificación una mano gobierna la aguja de US y la otra mano la irrigación. En la fase de aspiración una mano controla la irrigación y otra la aspiración, pudiendo intercambiar los instrumentos a través de las incisiones de abordaje para un mejor acceso a las zonas subincisionales. A esta técnica la denominamos bimanual o bien MICS por estar patentado el concepto. Se efectuaban dos incisiones que inicialmente eran de 1,4 mm. Una de ellas se ampliaba a 2 mm para implantar la lente. La mayoría de este trabajo sólo amplía a 1,7 para efectuar el implante. No obstante nuestra técnica actual es de dos incisiones de 0,7 mm con ampliación a 1,7 mm para el implante asistido por la incisión.

Realicé mi primera cirugía de catarata con técnica bimanual microincisional a finales de 2007, con instrumental improvisado y con parámetros de faco totalmente inadecuados. No obstante hubo algo que me atrajo, tal vez el concepto de minimizar la incisión, tal vez la idea de que ambas manos fueran totalmente funcionales o, tal vez, la desmotivación de un cirujano senior que repite constantemente a sus residentes una técnica estancada, aunque por otro lado efectiva.

Lo comentamos con mi Jefe de Servicio, Profesor Julio de la Cámara, y vimos una serie de obstáculos que había que superar, como la tecnología, material, la propia dinámica quirúrgica... En suma todo un reto y un interesante trabajo de investigación. La duda existencial era si estábamos presenciando un momento histórico como la técnica extracapsular de Jacques Daviel, los implantes de Harold Ridley o la facoemulsificación de Charles Kelman. Todos estos avances indudables en la Oftalmología actual del siglo XXI precisaron más de cien años en el primer caso o décadas en los dos últimos, para ser aceptados. También podríamos estar delante de un procedimiento más sin tanta trascendencia, pero que merecía ser evaluado adecuadamente.

1.3. OBJETIVOS

Consecuentemente decidimos establecer una pregunta como objetivo resumen de esta tesis, ¿realmente hemos de reconvertir nuestra técnica de la catarata a la cirugía bimanual MICS? Para responderla debíamos evaluar a largo plazo y exhaustivamente parámetros de seguridad y eficacia quirúrgicos.

Como parámetros de seguridad consideramos básicas las complicaciones durante el acto quirúrgico y su postoperatorio, la incidencia de edema macular clínico o subclínico y la pérdida endotelial a medio y largo plazo.

Como criterios de eficacia valoramos como principal el astigmatismo vectorial pues es el criterio más exacto para cuantificar la predictibilidad de la cirugía. También el astigmatismo substractivo y, aunque con menor interés, la agudeza visual pues la presumimos excelente en todos los grupos.

Todos ellos comparados con la mejor técnica coaxial que podía efectuar un cirujano experto al momento del estudio.

Se estudiaron otros objetivos secundarios. El primero fue la correlación entre energía liberada (US) según el grado de dureza de la catarata y la técnica empleada. Teóricamente el tiempo efectivo de ultrasonidos (EPT) es menor con la técnica MICS.

El segundo fue el consumo de suero fisiológico (SF) también según el tipo de catarata y técnica utilizada. La fluídica optimizada del procedimiento bimanual permitiría una menor circulación de SF por la cámara anterior y tal vez una menor iatrogenia.

Ambas variables deberían ser estadísticamente significativas y decidimos valorar si tenían significación clínica.

Una menor incisión debería tener una cicatrización más rápida, por lo que estudiamos si los enfermos intervenidos con técnica bimanual podrían ser dados de alta antes que los operados con coaxial.

Por último se estudió el tiempo quirúrgico real de cada una de las técnicas, es decir desde la incisión hasta la retirada del blefarostato.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Transición técnica desde coaxial a MICS

En primer lugar debíamos solucionar todos los problemas de la técnica microincisional bimanual para poder equipararla con una técnica tan segura como es la coaxial. Para comenzar nos encontramos graves problemas de fluídica.

No todo es tan sencillo como separar los calibres y de este modo tener dos incisiones más pequeñas. Los flujos que circulan por estas tubuladuras de menor diámetro obedecen a la ley de Poiseuille, por lo tanto los efectos de las variaciones de presión estarán afectados a la cuarta potencia. Esto explica que todos los parámetros de vacío, presión, altura de la botella... los tuvimos que calcular de nuevo y, además, eran cambiantes en relación a cada pieza chóper irrigador que probábamos. Asimismo encontrar el chóper definitivo y fiable, de buen flujo y con un diseño adecuado fue una tarea titánica pues cada cambio de modelo alteraba el comportamiento de la fluídica y se multiplicaban las variables que condicionaban la estabilidad de la cámara anterior. Como ejemplo actualmente llevamos 9 meses colaborando con la Fundació Institut d'Investigació en Ciències de la Salut Germans Trias i Pujol para el diseño de un chópper de alta fluídica para la cirugía MICS a través de incisiones de 0,7 mm, pues no existe un instrumento comercializado que cumpla estos criterios.

Por otro lado la aguja de ultrasonidos carece de protección plástica, pues en la técnica bimanual se retira el manguito con el fin de ajustar la aguja al tamaño de la incisión. Los ultrasonidos generan energía y ésta calor. Para evitar quemaduras por el contacto directo del metal con el tejido corneal tuvimos que aprender a utilizar los programas de modulación de ultrasonidos, sus diferentes modos y su capacidad eficiente. Asimismo las diferentes agujas disponen de un

diámetro externo y uno interno efectivo. El conocimiento de su comportamiento, la elección y las variaciones en los programas que hay que efectuar con cada una de ellas, es crucial para el buen funcionamiento de la técnica.

Todo este proceso requirió de más de un año de trabajo con una dura curva de aprendizaje. Asumir de nuevo roturas capsulares por inestabilidad camerular no fue sencillo. Los resultados los comunicamos en diversos foros y fue el capítulo básico de la “Comunicació digital sol.licitada 2012” de la Societat Catalana d’Oftalmologia que tuve el privilegio de coordinar. Se incluye como capítulo 3 de esta tesis.

1.4.2. Diseño del estudio

Tras este tiempo dispusimos de un procedimiento seguro y eficaz que poder comparar con la técnica coaxial. Diseñamos un estudio prospectivo en que randomizamos sesiones quirúrgicas de 5 pacientes entre coaxiales o bimanuales. Inicialmente el material MICS era experimental por lo que el laboratorio (Bausch & Lomb) aportaba instrumental, fungibles y lentes necesarios para la sesión bimanual. La técnica coaxial era estándar en el Hospital y con material disponible en stock. Nuestra consola de faco ya disponía del programa de software adaptado y customizado para ambos procedimientos.

Los pacientes se incluían en las sucesivas sesiones quirúrgicas según estricto orden de entrada en lista de espera dependiendo de la primera visita por parte de Atención Primaria Especializada. El seguimiento hospitalario fue de un año, con controles a las 24 h, 7, 15, 30, 90, 180 y 365 días.

En el estudio preoperatorio efectuamos exploración oftalmológica completa con refracción, biomicroscopia, tonometría y funduscopía. La biometría se realizó siempre por inmersión. También se practicaron tomografía óptica de coherencia (OCT), topografía corneal y recuento endotelial.

Durante la cirugía se cuantificaron las complicaciones quirúrgicas, parámetros de facoemulsificación como la potencia utilizada, tiempo absoluto de faco y la energía de faco liberada. El objetivo era su correlación con el tipo de catarata (clasificación LOCS III) y la técnica utilizada. También se cuantificó el suero utilizado y el tiempo quirúrgico total. Se describieron las complicaciones de ambos grupos.

En los controles postoperatorios de 24h, 7 y 15 días se determinaron las lecturas del autorefractómetro y queratómetro para valorar si los grupos de MICS estabilizaban la refracción final antes del periodo habitual de 30 días de la técnica coaxial. Sirvió de control la refracción y topografía del día 30 donde se suprimía el tratamiento corticoideo postoperatorio. También se practicó en cada visita de las citadas y en las ulteriores, OCT macular para detectar engrosamientos maculares clínicos o subclínicos.

En el control del día 30 se efectuó refracción subjetiva y topografía corneal para evaluar el astigmatismo vectorial inducido y por substracción. Esto se repitió en los días 90, 180 y 365, para poder comparar los diferentes vectores astigmáticos y la estabilidad de cada caso entre sí.

Además se realizó nuevo recuento endotelial los días 90 y 365 para cuantificar y comparar estadísticamente la pérdida endotelial atribuible a la cirugía (medio plazo, día 90) y su comportamiento a largo plazo en el control anual.

El estudio consta de 6 grupos de pacientes, aunque inicialmente se plantearon sólo 2, uno por técnica.

En el primer grupo de pacientes realicé la técnica coaxial que consideraba estándar y más eficiente en ese momento (inicio de 2008). La incisión era de 3,2 mm siempre en el meridiano más curvo. Concluyeron 34 pacientes el seguimiento al año.

El segundo grupo lo formaron 33 pacientes y practiqué cirugía MICS bimanual con dos incisiones de 1,2 mm. La situada en el meridiano más curvo se amplió a 1,8 mm para implantar la lente.

No obstante observamos que la fluídica bimanual era muy superior a la coaxial, en parte por los conocimientos adquiridos al efectuar la transición a la técnica MICS. Consideramos que podía ser un sesgo por defectos técnicos. Así que incorporamos los programas de software con modulación de ultrasonidos en el grupo coaxial y mejoramos la fluídica. Aprovechamos para reducir la incisión a 2,8 mm pues habían aparecido cuchilletos en el mercado de este calibre. Así pues el tercer grupo lo formaron 32 pacientes con cirugía coaxial e incisión de 2,8 mm, siempre en el meridiano más curvo para un estudio adecuado del astigmatismo vectorial. Este grupo es muy interesante pues incorpora soluciones técnicas de software y fluídica que no se utilizan habitualmente en la facoemulsificación coaxial.

El cuarto grupo lo formaron 34 pacientes con cirugía bimanual en que la incisión se redujo a 1,7 mm para implantar la lente. Insisto en la incisión más potente en el meridiano más potente de la topografía, pues es un concepto básico para el estudio astigmático. Ello implicó aprender a implantar las lentes tanto con la mano derecha como con la izquierda, dependiendo del meridiano. En este grupo la fluídica no se modificó y los parámetros de facoemulsificación se variaron ligeramente atendiendo a la media de los datos del grupo bimanual anterior.

Con la presente tesis bastante avanzada y la estadística aportando datos, una seria enfermedad me apartó de los quirófanos y de la actividad profesional durante casi un año. Afortunadamente quedó atrás y, sin la premura curricular que la madurez me permite, decidimos añadir dos grupos más que incluían los procedimientos más novedosos de la literatura del momento:

Un grupo coaxial con incisión de 2,4 mm (34 pacientes) y un grupo bimanual con incisiones de 0,7 mm (57 pacientes) que he de reconocer es mi técnica actual y esta tesis argumentará mi decisión. Con estas características la literatura es muy escasa y el trabajo realmente actual e interesante.

1.5. HIPOTESIS DE TRABAJO

La técnica coaxial convencional está suficientemente probada y acreditada como segura y eficiente. La técnica microincisional bimanual (MICS) debe ser un procedimiento mínimamente invasivo. Mediante el presente exhaustivo estudio ha de demostrar que es igual de segura y más eficiente en los diferentes parámetros que analizaremos a continuación. De cumplirse ambos criterios hemos de plantearnos el cambio de técnica quirúrgica para la cirugía de la catarata.

CAPITULO 2. PERSPECTIVA HISTÓRICA

CAPITULO 2. PERSPECTIVA HISTÓRICA

El abordaje quirúrgico del cristalino no se inició hasta conseguir el conocimiento anatómico y funcional del mismo. La escuela aristotélica negaba la existencia del cristalino en un ojo vivo pues sería “flema” acumulada *post mortem* o tras la enucleación del ojo¹. Una vez confirmado que el cristalino formaba parte de la estructura natural del globo ocular fue ubicado en la región central del ojo. La visión se produciría por un “humor visual” que se originaría en los ventrículos cerebrales y, a través del nervio óptico, pasaría al interior del globo ocular, fluyendo sobre el cristalino hacia el espacio vacío precristaliniano (“*locus vacuus*”). La coagulación del humor visual caería por delante del cristalino y bloquearía la transmisión de luz.

La palabra “catarata” deriva del griego antiguo *Katarráktés*, que significa “algo que desciende desde arriba”. Sin embargo, en los textos médicos griegos se alude a la catarata como *hypókhyma*, que tiene el mismo significado. En su paso a la lengua latina el término *Katarráktés* se mantuvo prácticamente invariable, mientras el término *hypókhyma* se transformó en latín en *suffusion*. Con el paso de los siglos se asiste al desplazamiento de la *suffusion* por la *Katarráktés*, manteniendo el significado². La escuela árabe lo tradujo como *nusul-el-ma*, que también quiere decir caída de agua.

La referencia más antigua que hemos encontrado del procedimiento que nos ocupa es, curiosamente, una condena. En el babilónico Código de Hammurabi, datado sobre el año 1750 antes de Cristo, se menciona el castigo que ha de recibir el cirujano que provoque la pérdida de la vida o de un ojo de un paciente durante una intervención: la pérdida de la mano derecha³.

Posiblemente, la primera evidencia escrita de una cirugía de cataratas sea la que podamos encontrar en el *Sushruta Samshítá*. Maharshi Sushruta vivió en la India en torno al año 600 antes de Cristo. Su obra capital está escrita en sánscrito y en verso. Fue encontrada por Hamilton Bower en el Turkistán chino

en el año 1890. Se conserva el manuscrito original, el manuscrito del propio Bower y las tres traducciones que se han realizado hasta la actualidad: Bishagra (1907), Hoernle (1997, incompleta) y Singhal (1972). Según estos traductores, Sushruta describe la cirugía de cataratas de la siguiente manera: “se atraviesa el ojo con un instrumento puntiagudo, que es dirigido hacia el orificio natural (la pupila), la lesión (la catarata) es puncionada y raspada con la punta del instrumento. En ese momento, el paciente debe exhalar fuertemente tras ocluir la fosa nasal contralateral. El instrumento debe ser retirado cuando el paciente es capaz de ver”⁴. Como cuidados postoperatorios recomienda realizar un vendaje y decúbito supino estricto durante 10 días, evitando toser o sonarse.

Este tipo de postoperatorio se asemeja bastante al recomendado para la cirugía intracapsular de la catarata, no tan lejano en el tiempo. Desde nuestra perspectiva del siglo XXI, es fascinante la descripción de un procedimiento tan elaborado hace 2700 años.

En el mundo occidental, las primeras referencias a la cirugía de la catarata las realiza Aulo Cornelio Celso (*De Re Medicinae*, año 29 AC). En su libro 6, capítulo IV, y en el libro 7, capítulo VII, escribe sobre las enfermedades oculares y su tratamiento. Sin embargo, pese a tratarse del primer tratado disponible en la literatura médica occidental, no gozó de amplia difusión en su época.

Celso compara las *Suffusio* con los *Glaucomas*. En las primeras la pupila es blanca y reacciona a la luz, lo que identifica como un signo de buen pronóstico. En los glaucomas (derivado de la palabra griega *glaukos*, que significa gris), la pupila tiene un color gris-verdoso, y al exponerlas a modificaciones en la intensidad luminosa no se aprecian modificaciones en su tamaño. En estos casos, no se recomendaba la cirugía, dadas las nulas posibilidades de mejoría.

Rufo de Efeso, que vivió entre los siglos I y II, escribía: “glaucoma e hipoquimia eran considerados por los antiguos como la misma cosa. Sin embargo, las

generaciones posteriores han identificado que los glaucomas son enfermedades que afectan el fluido del cristalino, ocasionando un cambio de color hacia un gris azulado, mientras que las hipoquimias serían efusiones de fluido que más tarde se coagularían entre el iris y el cuerpo del cristalino. Los glaucomas con incurables, pero las hipoquimias son tratables en algunos casos”⁵.

En el siglo II, Galeno identifica el cristalino como el elemento más importante del ojo, sirviendo todos los otros elementos para sustentarlo y ayudarlo a realizar su función. Según Pitágoras, el cristalino generaría unos corpúsculos que saldrían al exterior a través de la pupila y serían reflejados por los objetos, siendo de nuevo captados por el cristalino y portando consigo información luminosa acerca del objeto.

Se introducen nuevas técnicas, como la aspiración de cataratas blandas a través de una aguja o la discisión de la catarata: con ayuda de instrumentos cortantes, se rompía el cristalino opacificado en múltiples fragmentos de pequeño tamaño, que pueden ser reabsorbidos con mayor facilidad por el ojo.

El legado de Sushruta pasó a la medicina occidental, probablemente, a través de traducciones al árabe, realizadas durante el califato abasí (año 750 después de Cristo), y de ahí se extendió a toda Europa. Numerosos fragmentos de la obra de Rufo de Efeso y Galeno fueron preservados por la literatura médica árabe, especialmente por Rhazes (*Contenido de medicina*)⁵. Esto resulta de gran importancia, ya que tras el colapso del Imperio romano, la cultura árabe fue la depositaria de la herencia médica hipocrático-galénica.

Se consideraba un éxito conseguir una visión que permitiera la deambulaci3n. Diferentes autores calculan que alrededor de un 40% de los pacientes no presentaban infecciones u otras complicaciones serias que amenazaran gravemente la visi3n.

En el año 1000, Ammar ibn Ali Al-Mawsili, médico iraquí, desarrolla la jeringa de vidrio y la aguja hipodérmica con la finalidad de usarla para aspirar la catarata. No tuvo éxito entre sus coetáneos, pero su invención de la aguja hipodérmica quedó para la posteridad, aunque no para su uso oftálmico exclusivo.

El primero en usar la palabra catarata con la finalidad actual fue Constantino el Africano (Cartago 1015 – Montecassino 1087). Miembro de la escuela de traductores de Salerno, fue el autor de las primeras versiones latinas de los textos médicos árabes. La palabra “catarata” aparece en el título del capítulo 27 de su obra *Liber de oculis*, escrito alrededor del año 1070⁶.

Esta identificación del cristalino como la parte más noble del ojo perdura a través de los tiempos de Guy de Chauliac (*Chirurgia Magna*, 1363) y Vesalio (*De Humani Corporis Fabrica*, 1543), y no es hasta 1583 cuando Félix Platter identifica al cristalino como un medio únicamente óptico (*De corporis humani structura*). Fabrizio de Acquapendente, profesor de anatomía en Padua, sitúa por primera vez el cristalino en su lugar correcto dentro del globo ocular, justo detrás de la pupila (*De visione, Voce et Auditu*, 1600)⁷.

Celso permaneció completamente en el olvido, hasta que un ejemplar de su obra fue encontrado en una iglesia de Milán en 1443. A partir de este momento sí que se ganó merecidamente un amplio reconocimiento, siendo uno de los primeros libros médicos en poder ser impresos en 1478⁸. Se inspiró en la literatura médica helenística, especialmente en los anatomistas de Alejandría. Su traducción del griego de las partes del globo ocular, entre otras muchas aportaciones, se mantiene todavía en la actualidad.

Esta consideración del cristalino como la parte más importante para la visión tiene una importancia crucial, ya que las técnicas quirúrgicas que se realizaban en esas épocas iban necesariamente dirigidas a apartar la catarata del eje pupilar, pero manteniéndola dentro del ojo, ya que se creía que en caso

contrario el ojo perdería de forma definitiva e irreversible la visión. Una vez superado este punto de inflexión, los nuevos abordajes ya pueden ir dirigidos a la extracción de la catarata, ya sea de forma total o parcial, como sucederá a partir de Jacques Daviel.

El movimiento de la catarata en sentido posterior se podía realizar de dos formas: depresión o reclinación.

- En la depresión la catarata se luxaba hacia atrás de forma perpendicular, quedando liberada de la zónula y libre en el interior de la cavidad vítrea a una cierta profundidad. Finalmente se desplazaba hacia el cuerpo ciliar o a la superficie retiniana, rodeada de humor vítreo. En algunos casos la catarata podía regresar a su posición original.
- En la reclinación la catarata se luxaba únicamente por su parte superior, de forma que la superficie anterior del cristalino quedaba dirigida hacia arriba y la superficie posterior dirigida hacia abajo. Esta técnica era menos agresiva y mantenía el cristalino más cerca de su lugar original, por lo que se cree que era preferida por la mayoría de los autores.

Con el paso de los siglos, las diferentes estructuras del ojo empezaron a ser correctamente ubicadas dentro del globo ocular, al mismo tiempo que se comenzó a conocer mejor su estructura y función. Scheiner (1575-1650) eliminó parte de la esclera en el polo posterior de ojos de animales y humanos, localizando correctamente el cristalino en el segmento anterior y observando la formación de una imagen en la retina. Posteriormente, Kepler (1571-1630) determinó que la imagen que se formaba en la retina estaba enfocada por el cristalino⁹. A partir de este momento, el cristalino pasa a ser considerado ya un medio exclusivamente óptico, y como tal puede ser extraído del ojo. Rolfink, en 1656, demuestra que la catarata es una opacificación del cristalino¹⁰ y no la condensación de ningún fluido o humor a su alrededor. Grandes médicos y

anatomistas de la época como Maitre Jan, Boerhaave o Morgagni apoyan esta idea.

De forma esporádica se han identificado evidencias que demuestran la realización de extracciones extracapsulares antes de la primera cirugía extracapsular planeada de Jacques Daviel. Son evidencias datadas en los años 1688 (Blaukaart), 1690 (Freytag) o 1707 (Saint-Yves). Se trataba en todos los casos de cirugías realizadas después de una cirugía fallida de reclinación, o la catarata había quedado libre en la cámara anterior del ojo o bien la catarata se había dividido en varios fragmentos que habían pasado a la cámara anterior.

Jacques Daviel nació cerca de Rouen donde fue enviado como aprendiz de su tío cirujano. A los 20 años se incorporó al Ejército francés como estudiante-cirujano y recibió un reconocimiento por parte del Rey por su trabajo durante las plagas del siglo XVIII. Gracias a ello llegó a Marsella donde comenzó a realizar sus primeras intervenciones de cataratas mediante la técnica de la reclinación. Los buenos resultados le proporcionaron fama y se dedicó de forma exclusiva a la Oftalmología. En 1746 se trasladó a París donde fue nombrado Cirujano-Oculista Real¹¹.

En su artículo de la Académie Royale des Sciences de 1748, menciona la evolución de dos casos en los que la técnica habitual fracasó. Primero el caso del hermano Félix, un monje de Provenza que ya había sido operado del ojo derecho con mal resultado. Al intentar la depresión de la catarata del ojo izquierdo con ayuda de una aguja puntiaguda, se encontró con grandes dificultades para el procedimiento. La catarata se rompió en varios fragmentos que pasaron a la cámara anterior, al mismo tiempo que se producía un sangrado que llenaba la cámara anterior impidiendo la visualización de los restos del cristalino y de los propios instrumentos. Entonces suspendió la intervención.

Daviel conocía las experiencias de Petit, quien en 1708 había publicado en la misma revista su experiencia sobre la apertura de la córnea para la extracción de cristalinos luxados a la cámara anterior. Decidió reintervenir al paciente utilizando una técnica muy similar: agrandó la incisión corneal con bisturí y con unas tijeras curvadas. De esta forma consiguió evacuar todo el contenido de la cámara anterior, recuperó de forma inmediata la visualización del iris y el paciente fue capaz de distinguir los objetos que se le presentaban. Lamentablemente, según las palabras del propio Daviel, el globo ocular había quedado debilitado por el primer procedimiento y apareció la temida supuración dos días más tarde.

El segundo caso es el de Monsieur Garion, el 8 de abril de 1747. En primer lugar operó el ojo izquierdo donde la catarata parecía más dura. Le resultó imposible abordar la catarata pues la pupila comenzó a contraerse dificultando la visualización e impidiendo la continuación del procedimiento. Posteriormente intentó realizar la intervención en el ojo derecho. De nuevo falló el intento de depresión de la catarata, que se dividió en varios fragmentos. Recordando el caso del hermano Félix, Daviel abrió la parte inferior de la córnea, extrayendo la catarata y produciéndose la salida de vítreo. El resultado, sin embargo fue excelente.

Desde esta fecha ya se puede hablar con propiedad de “extracción” de la catarata.

De forma cada vez más frecuente Daviel comenzó a practicar planificadamente la cirugía extracapsular de la catarata y se convirtió en su técnica habitual sobre 1750. En su famoso trabajo publicado en 1753¹² menciona que había practicado su técnica en 206 ocasiones, obteniendo el éxito esperado en 182 casos. Posteriormente esta casuística mejoró hasta 305 resultados satisfactorios de un total de 354 intervenciones. Además, dado que ya existía la posibilidad de corregir la afaquia con gafas, los resultados en muchos casos eran prácticamente milagrosos.

La técnica del artículo original de Daviel consistía en realizar una incisión en la región inferior de la córnea, exactamente en su unión con la esclera. Con la ayuda de un bisturí triangular, que no difiere mucho de los actuales, conseguía el acceso a la cámara anterior. Posteriormente retiraba este instrumento e introducía un bisturí estrecho, puntiforme, de doble corte, que permitía ampliar la incisión en ambos sentidos. Cuando la tensión de la córnea no permitía continuar con el bisturí, utilizaba unas tijeras curvadas en ambos sentidos, hasta alcanzar el tamaño deseado ligeramente por debajo de la pupila. En este momento levantaba la córnea con una espátula e incidía la cápsula anterior con una aguja afilada. Situaba la espátula entre la catarata y el iris y una suave presión sobre los labios de la incisión favorecía la salida de la catarata. En los casos en que la catarata era blanda y se fragmentaba, una pequeña cureta facilitaba la extracción de los remanentes cristalinos. Reponía la pupila a su lugar anatómico si había habido prolapso, aposicionaba la córnea, limpiaba la herida y aplicaba un vendaje no muy apretado. Prefería condiciones de baja iluminación con la finalidad de que la pupila tuviese el máximo tamaño posible.

El postoperatorio inmediato consistía en vendaje oclusivo y reposo, que en algunos casos se llevaba al extremo. Wenzel¹³ confinaba a sus operados en reposo absoluto en decúbito supino durante entre 2 y 3 semanas, aunque posteriormente redujo este tiempo a una semana. Otros cirujanos, como Phipps, inspeccionaban el ojo intervenido al día siguiente y permitían al paciente levantarse. El humor acuoso normalmente filtraba a la parte exterior del ojo durante unas 40 horas, aunque en algunos pacientes este período se alargaba durante semanas. Precisamente por este flujo continuo de acuoso, la mayoría de autores no recomendaban un vendaje ocular más allá de las primeras horas o días. Se daban estrictas instrucciones sobre las condiciones de luminosidad de la habitación del paciente, así como sobre la dieta para evitar los peligros de las maniobras de Valsalva.

Jacques Daviel falleció en 1762 y su herencia fue considerable aunque se precisó casi un siglo para que su técnica se impusiera. Diferentes autores dejaron su contribución en forma de multitud de formas para la capsulotomía, variaciones en el lugar o la forma de la incisión, o bien diseñando bisturís que facilitasen la técnica de extracción.

Una de las aportaciones más importantes en esta época post-Daviel fue la de von Graefe, quien diseñó el que durante mucho tiempo se consideró el bisturí ideal para la cirugía de cataratas (1865). Su técnica consistía en realizar una incisión limbar, atravesar la cámara anterior sin tocar el iris y sin pérdida de humor acuoso, salir por el lado contralateral y, posteriormente, realizar un suave movimiento oscilante para acabar de abrir toda la córnea. Posteriormente realizaba una iridectomía en sector, capsulotomía anterior con cistitomo y expresión del núcleo mediante irrigación o con otro instrumento. Esta técnica pasó a ser considerada la estándar para la cirugía de cataratas. Otro de los puntos de interés de von Graefe fue el disminuir, en la medida que fuera posible, el tamaño de la incisión, llegando a realizar la cirugía por incisiones de 6 mm

La técnica quirúrgica permanece relativamente invariable hasta el siglo XIX. Resulta interesante tener en cuenta que, hasta la invención del oftalmoscopio por von Helmholtz en 1851 y de la lámpara de hendidura por Gullstrand en 1910, la única forma de examinar clínicamente el globo ocular era mediante el examen externo del ojo y la pupila. Los cambios en su forma y su coloración fueron, por lo tanto, vitales en la historia de la cirugía de cataratas.

Las primeras citas en relación al astigmatismo datan de 1801. Thomas Young, mientras utilizaba el optómetro de Sheiner para comprobar el mecanismo de acomodación, describió su propio defecto astigmático al observar que era incapaz de enfocar nítidamente líneas verticales y horizontales. Concluyó que la potencia dióptrica era distinta dependiendo del meridiano en que se medía¹⁴.

Donders analizó en 1864 todos los defectos refractivos y su corrección con lentes esféricas y cilíndricas¹⁵.

Los años finales del siglo XIX y primeros del siglo XX vivieron notables avances: se diseñaron gran número de blefarostatos, Koller introdujo la anestesia con cocaína en 1884, y hacia el 1900 se introdujo la anestesia retrobulbar. En 1914 van Lint propone la técnica de aquinesia que lleva su nombre. También en estos años, Beard comienza a utilizar la irrigación de los restos del cristalino a partir de un suero que su ayudante mantiene a diferentes alturas en función de la necesidad de cada momento.

La primera experiencia con una sutura tras una cirugía de cataratas no se encuentra hasta el año 1865¹⁶, aunque en otros tipos de cirugía se había introducido bastante antes. Hasta entonces se había intentado simplemente buscar la máxima aposición de los labios de la herida corneal.

Williams utilizaba una aguja recta y una hebra fina de seda que parecía que no generaba una reacción inflamatoria excesivamente importante y podía permanecer en su lugar durante semanas sin generar problemas. Sin embargo, se trataba de una técnica complicada, que no daba los mismos buenos resultados en manos de otros cirujanos que preferían no comprometer el resultado de una cirugía exitosa realizando unas suturas complicadas e innecesarias. Bastantes años después se adaptó la cirugía realizando un flap conjuntival que se suturaba con más facilidad que la córnea. Era una mejor alternativa que dejar la herida simplemente aposicionada aunque no proporcionaba las condiciones óptimas de estanqueidad y resistencia.

A finales del siglo XIX, incluso con el uso de la técnica de Graefe, la agudeza visual con mejor corrección de la afaquia era solamente de un 20/200 o mejor en el 63% de pacientes y de 20/40 o mejor en el 5%. Se desarrollaba una catarata secundaria en aproximadamente el 30% del total. La cámara anterior permanecía atalámica más de dos días en el 20% de casos. Los prolapsos de iris eran habituales. El astigmatismo se incrementaba de forma notable tras la intervención y era difícil de corregir¹⁷. Era frecuente que el paciente necesitara volver a quirófano por restos corticales persistentes en cámara anterior (20% de todas las extracciones extracapsulares)¹⁸. La estancia media en el Hospital era de unas dos semanas, con oclusión de ambos ojos durante los primeros 5-6 días.

El componente refractivo ya se empieza a estudiar. Donders describe un caso de astigmatismo contra la regla después de una cirugía de catarata¹⁹. Von Reuss y Woinow emplean el queratómetro para medir el astigmatismo preoperatorio en 1869. Javal se interesa por los astigmatismos provocados por la cirugía de la catarata. Reutler describe la aparición de astigmatismo contra la regla en un 88% de los pacientes operados de catarata²⁰.

Pero el abordaje de la cirugía del cristalino no siempre se realizó de la misma manera y se realizaron diferentes intentos de realizar la extracción *in toto* del cristalino con la finalidad de evitar las complicaciones de la cirugía extracapsular, principalmente la pérdida de vítreo o las opacificaciones posteriores que sufrían los remanentes capsulares. Beer (1799) extraía la catarata ensartándola en una aguja. Di Luca (1866) describe su técnica de rotura de las fibras zonulares para facilitar la extracción de la catarata. En 1870, Terson sugiere extraer la catarata atrapando su superficie fuertemente y sacándola fuera del ojo de esta forma.

Vard Hullen en 1910 y Barraquer en 1917 desarrollan equipos de succión que son capaces de fijar y extraer la catarata con relativa facilidad. El equipo diseñado por Barraquer pretendía evitar la introducción de instrumentos

cortantes en el interior del globo ocular y disminuir la presión sobre el órgano, siendo “la única forma de ver desaparecer con toda seguridad la pérdida de humor vítreo”. Se utilizaba anestesia retrobulbar y un blefarostato. Efectuaba la incisión corneal con el cuchillete de Graefe y realizaba una iridectomía periférica. Levantaba la córnea y aposicionaba la cara cóncava del instrumento sobre la cara anterior del cristalino. Sujetaba la córnea, aplicaba el vacío y posteriormente extraía la catarata²¹.

Gracias a avances como el erisífacio o la zonulolisis enzimática (Barraquer, 1958)²², la cirugía intracapsular se consolidó como la técnica más habitual. Barraquer utilizaba en su primera serie de pacientes una concentración de alfa-quimiotripsina 1/5000, aplicada detrás del iris, a través de la pupila o de una iridectomía periférica. Sin embargo, frecuentemente se presentaban problemas cuando el grosor o la resistencia de la cápsula anterior no eran suficientes para poder soportar la presión que implicaba el procedimiento.

Con la finalidad de reducir los problemas derivados de este tipo de extracción de la catarata, en el año 1961 Krwawicz²³ presentó su técnica de crioextracción para la catarata intumesciente. Utilizaba un terminal de cobre recubierto de níquel, que se mantenía en hielo seco y alcohol metílico donde alcanzaba una temperatura de -79°C. Tras aplicar una sutura corneolimbar, y de separar el iris para evitar el contacto con la sonda, aplicaba el terminal a la superficie del cristalino y producía su congelación. Un suave movimiento circular a derecha e izquierda era suficiente para romper las adherencias zonulares. Los resultados de los 50 primeros pacientes intervenidos por el autor hablan de 48 cirugías sin incidencias, dos casos con remanentes capsulares o corticales que pudieron ser extraídos sin excesivos problemas, un caso de vitreorragia durante la sutura de la herida corneal, y dos desprendimientos de coroides. En 49 casos la visión recuperada fue óptima y en un caso fue de 5/10. Con mínimas modificaciones, esta técnica se ha utilizado hasta no hace muchos años como recurso quirúrgico ante cataratas densas subluxadas.

La posibilidad de sustituir el cristalino por una lente de cristal había estado en la mente de muchos cirujanos y más entrado el siglo XX. Hasta entonces la labor del cirujano había sido únicamente extirpar el órgano enfermo. En los años 30 se desarrollaron las lentes de contacto de material plástico, pero introducir un cuerpo extraño intraocular producía un enorme rechazo. Contra esto tuvo que luchar Harold Ridley.

Harold Ridley desarrolló su trabajo como oftalmólogo en el Moorfields Hospital de Londres. En el año 1938, a la edad de 32 años, es nombrado oftalmólogo cirujano y Fellow del Royal College of Surgeons. Se distinguió a la hora de mejorar el currículum de los oftalmólogos en formación. Entró como oftalmólogo en la Royal Air Force al iniciarse la segunda guerra mundial y fue enviado a diferentes destinos en Africa y Oriente Medio. Especialmente importante fue su trabajo en Ghana sobre la ceguera de los pantanos. En la RAF se encuentra de nuevo con su antiguo jefe en el Moorfields, sir Stewart Duke-Elder, con quien previamente había tenido algunas diferencias de opinión sobre el tratamiento de algunos pacientes.

Al acabar la guerra volvió al Moorfields y se distinguió como un profundo innovador en muchas áreas. En el año 1948 fue el primero en televisar intervenciones quirúrgicas y también colaboró en el diseño de equipos electrónicos destinados a la exploración del interior del globo ocular²⁴. Todas estas innovaciones le pusieron en contacto con técnicos de otras disciplinas, como John Pike, técnico de la casa Rayner, cuya ayuda sería fundamental para el desarrollo de la primera lente intraocular.

La elección del material fue el fruto de años de observación en pilotos de la Royal Air Force que habían sufrido daños oculares durante la guerra. Muchos de ellos presentaban cuerpos extraños intraoculares, que en función de su naturaleza generaban intensas reacciones inflamatorias. Sin embargo, uno de estos cuerpos extraños era aparentemente bien tolerado incluso años después del accidente. Se trataba de fragmentos de plástico de las carlingas de aviones

modelo Spitfire. Por ejemplo siguió al teniente Gordon Cleaver durante más de 8 años tras presentar traumatismo perforante bilateral por fragmentos de plástico, que ocasionaron de forma inmediata la ceguera en un ojo y daños severos en el otro. Requirió hasta un total de 18 operaciones en sus ojos y cara, hasta conservar una visión útil de ese ojo único y regresar a la vida civil.

El plástico en cuestión era un producto de la Imperial Chemical Industries (ICI), una variedad de metilmetacrilato patentado con el nombre de Perspex. Además de ser un producto inerte, demostró tener una densidad específica similar a la del fluido ocular con características óptimas para la transmisión de la luz

Sin embargo, la variedad comercial de Perspex contenía impurezas que no permitían su utilización como implante intraocular. Por ello, Ridley y John Pike, junto con John Holt, de la casa ICI, desarrollaron un PMMA de calidad clínica denominado Perspex CQ Clinical Quality). Rayner aportó la fabricación de la lente intraocular a precio de coste. El trabajo de todos ellos se mantuvo en el máximo secreto, ya que no solamente iban a realizar un implante innovador y generador de controversia, sino que necesitaban volver a la antigua técnica extracapsular, ya que la intracapsular no proporcionaba soporte para la lente. Las lentes de apoyo en iris o de cámara anterior todavía estaban muy lejos.

El día 29 de noviembre de 1949, Harold Ridley implantó la primera lente intraocular en el St Thomas Hospital de Londres, a Elisabeth Atwood, una enfermera de 45 años, enfermera del mismo hospital que se había ofrecido voluntaria. La intervención se realizó en dos fases separadas de tres meses, primero la intervención extracapsular, y posteriormente el implante de la lente. Aunque los cálculos teóricos para la potencia de la lente se habían basado en los trabajos del premio Nobel Allvar Gullstrand y en las medidas del cristalino natural, los diferentes índices refractivos de las proteínas del cristalino y el PMMA hicieron que el diseño de la lente fuera finalmente demasiado grueso. La refracción final de la primera paciente reveló una miopía residual de -14 dioptrías, aunque su agudeza visual central final fue de 20/60. El segundo

implante lo realizó en 1950, de nuevo quedando con una refracción residual excesivamente miópica. Afortunadamente, los nuevos cálculos realizados permitieron calcular una lente con una refracción residual de una dioptría, que durante un tiempo fue utilizada como estándar. Se calcula que en los siguientes años realizó más de 1000 implantes.

Las primeras lentes eran gruesas y pesadas (2,4 mm de grosor y 8,3 mm de diámetro). Además estaban torneadas a mano por lo que había variaciones de potencia de unas a otras. También estaba el problema de la esterilización que Ridley solucionó en 1957 con la introducción del hidróxido de sodio como agente esterilizador. La inestabilidad de la lente provocaba complicaciones como luxaciones posteriores con relativa frecuencia. En el año 1970 Ridley estima que ha sido necesario extraer el 15% de las lentes implantadas.

La implantación de lentes intraoculares tuvo un apoyo limitado en la Gran Bretaña de su época. Ridley intentó mantener su técnica en secreto todo el tiempo posible con la finalidad de valorar la estabilidad de la lente a medio plazo. La primera presentación de su procedimiento la realizó en la Conferencia Oftalmológica de Oxford en 1951. En ese momento, su primer implante había permanecido estable en la cámara posterior de la paciente durante más de 20 meses. Llegó a la sala donde tendría lugar la presentación acompañado de dos pacientes, uno de los cuales presentaba una visión de 20/20 en un ojo y 20/15 en el otro. Los oftalmólogos presentes en la sala rechazaron el ofrecimiento de examinar a los pacientes y la presentación se dio por terminada de forma abrupta. Al margen de cirujanos como Peter Choyce o Edward Epstein, junto con algunos oftalmólogos de otros países como Binkhorst, la recepción de sus colegas fue negativa hasta el extremo.

En 1952, el editor del American Journal of Ophthalmology Derrick Vail, en una conferencia realizada en la American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology, describió el implante de una lente intraocular como “una temeridad, cuyos riesgos superan ampliamente sus beneficios”. Duke Elder,

uno de los oftalmólogos más preeminentes de todo el siglo XX, presionó a algunos de los oftalmólogos que apoyaban a Ridley, hasta el punto de manifestarles que su carrera se encontraba en serio peligro si continuaban por ese camino²⁵. No obstante, y fuera de sus fronteras, otros autores como Binkhorst estudiaron la reacción inflamatoria de las lentes de Ridley²⁶ y la utilización del iris como lugar de implante alternativo^{27,28,29}. La posibilidad de una acción legal en su contra forzó a Ridley a abandonar su procedimiento. En 1964, escribió “el riesgo de un eventual fallo con la lente de cámara posterior es demasiado grande como para ser aceptado, aunque en muchos casos los resultados obtenidos hayan sido extremadamente gratificantes para el cirujano y para el paciente”. Concluyó con un revelador “en los próximos años, esta innovación en la cirugía de la catarata tendrá el lugar que le corresponde”, que nos recuerda muchísimo el “eppur si muove” de Galileo. A pesar de esta corriente adversa, Binkhorst consiguió publicar en el British Journal su primera serie de 50 casos con implantes para afaquia en 1962³⁰.

En 1966 tiene lugar el Congreso Internacional de Oftalmología en Munich. Peter Choyce, liderando a un grupo de oftalmólogos que se mostraban favorables a las lentes intraoculares, intentó que éstas tuviesen su lugar en el programa, fallando en el intento. Decepcionados, decidieron pasar a la acción y crear su propia Sociedad, la Intraocular Implant Club. Tras organizar una reunión paralela durante el Congreso Internacional de Oftalmología de París, en 1974, el nombre fue cambiado por el de International Intraocular Implant Club. Pocos años después se fundó la Intraocular Lens Implant Society, que hoy conocemos como ASCRSA³¹.

Obtener la autorización de la FDA para implantar lentes intraoculares no fue un trabajo sencillo. Finalmente, en el año 1981, se consiguió que fuera declarada una técnica “segura y efectiva”, obteniendo la autorización para su comercialización en implante. Estas primeras lentes aprobadas por la FDA eran los modelos Choyce Mark VIII y Choyce Mark IX, dos tipos de lentes de cámara anterior que también habían sido fabricados por Rayner.

Desde un punto de vista teórico, una lente de cámara anterior podría evitar algunos de estos problemas aunque con el riesgo de crear otros nuevos. Baron, en 1952, implantó la primera lente de cámara anterior. Posteriormente, cirujanos de fuera del Reino Unido, como Strampelli y Barraquer, realizaron nuevos diseños que tuvieron una más amplia aceptación, aunque se pusieron de manifiesto los problemas asociados a la nueva técnica, como la descompensación endotelial o la inflamación del ángulo. En el caso de las lentes de Strampelli, se calcula que aproximadamente el 80% de las lentes implantadas hubieron de ser retiradas³².

El siguiente paso fue la lente intraocular de apoyo iridiano desarrolladas por Epstein (1953) y Binkhorst (1958), y más tarde por Fyodorov y Worst. Sin embargo, estas lentes tampoco estaban exentas de problemas relacionados con estabilidad en su apoyo iridiano o inflamación local. Entre los años 70 y 80 asistimos a una progresiva desaparición de este tipo de lentes del arsenal de implantes disponible.

En nuestro propio país se efectuaron interesantes estudios comparativos sobre los procedimientos extracapsular e intracapsular³³, la pérdida de células endoteliales³⁴, experiencias pioneras con implantes de cámara anterior³⁵ y sus complicaciones³⁶, hasta la descripción de la moderna combinación de técnica extracapsular con implante de lente intraocular³⁷ y la experiencia a largo plazo³⁸. Desgraciadamente toda esta amplia experiencia no está al alcance de los tecnológicamente avanzados cirujanos noveles del siglo XXI pues la revista de referencia nacional, Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología, se indexó en el año 2000 y los trabajos anteriores no están referenciados en los motores de búsqueda electrónicos actuales.

La historia de los implantes intraoculares es apasionante y ha sido muy eficiente en cuanto a su capacidad de resolver una gran parte del defecto esférico residual en relación a la afaquia. No obstante otros autores

contribuyeron al avance en cuanto al tratamiento refractivo de la cirugía de la catarata. En 1936 Groengolm observó que el astigmatismo contra la regla se podía reducir incrementando el número de puntos de seda²⁰. Quince años después Floyd³⁹ observó que el astigmatismo inicial a favor de la regla cambiaba en un 50% a contra la regla si se empleaba solo uno o dos puntos de sutura. A principio de los 60 aparecieron las suturas monofilamento de nylon que permitieron un control más preciso del astigmatismo postoperatorio⁴⁰ aunque no evitaba la tendencia a contra la regla a largo plazo⁴¹. Kelman vaticinó las incisiones de pequeño tamaño y astigmáticamente neutras para la cirugía de la catarata⁴². A mediados de los 70 Jaffe y Clayman profundizan en la fisiopatología del astigmatismo inducido y lo consideran formalmente una complicación que debe evitarse²⁰.

Y nos aproximamos a la cirugía moderna con Charles Kelman.

De forma más o menos simultánea que Krwawicz, Charles Kelman había desarrollado un dispositivo de crioextracción. Habiendo tenido conocimiento de que en la John Hartford Foundation estaban interesados en una técnica de cirugía de catarata por una incisión más pequeña de la habitual, solicitó en 1965 una beca a la con la finalidad de investigar las posibilidades de aplicación clínica del frío a la cirugía de la catarata⁴³.

En su formulario de solicitud menciona que “el autor también intentará encontrar una vía para extraer la catarata a través de una pequeña incisión, eliminando la necesidad de hospitalización, anestesia general y disminuyendo de forma dramática el tiempo de recuperación”⁴². El mismo Kelman reconoce que “el propósito quedaba muy bien sobre el papel, pero no tenía ni idea de cómo llevarlo a cabo”. Al cabo de unos días el director de la Fundación, E. Pierre Roy, le llamó para comunicarle que no estaban interesados en el efecto del frío sobre el ojo, pero que le darían la beca para la nueva técnica de cirugía de cataratas. Obtuvo una beca de 250.000 \$ para un total de tres años (el equivalente actual, en dólares constantes, sería de unos 2.000.000 \$).

Su primer intento de extraer la catarata mediante una incisión pequeña fue con la ayuda de una estructura similar a una manga cazamariposas zonular y con la ayuda de enzimas (no menciona la zonulolisis enzimática de Barraquer). Posteriormente ponía al paciente boca abajo y aplicaba sobre la cabeza un vibrador manual hasta que la catarata caía a la cámara anterior. Administraba un miótico e introducía la red de látex colapsada. Una vez en la cámara anterior, capturaba el cristalino, que era fragmentado con la ayuda de una aguja, y extraía el conjunto a través de una pequeña incisión.

Tras el fracaso de esta técnica comenzó a probar dispositivos capaces de romper la catarata y, al mismo tiempo, realizar irrigación y aspiración. Los primeros dispositivos probados eran rotatorios, similares a brocas de taladro, y provocaban movimientos incontrolados del cristalino y la pupila, así como daño al endotelio de los animales de experimentación. Con la finalidad de estabilizar el cristalino, probó con agujas y dispositivos adicionales de succión, que tampoco dieron el resultado esperado. También probó con un cepillo dental eléctrico, que proporcionaba movimiento longitudinal en vez de rotatorio, con los mismos malos resultados.

Hacia el final del período de tres años había probado multitud de dispositivos y el problema principal que había identificado era la dificultad para mantener el cristalino estable en la cámara anterior. Solo unos meses antes del plazo previsto, llegó a la conclusión de que necesitaba un instrumento dotado de la suficiente aceleración como para poder vencer la inercia del cristalino. Concluyó que la única fuente capaz de proporcionar la suficiente aceleración es la energía ultrasónica y lo encontró en la consulta de su dentista, Larry Kuhn, que tiempo atrás había adoptado un dispositivo ultrasónico para realizar tartrectomías.

Utilizó el dispositivo del Dr Kuhn para tallar surcos en la catarata. Un mes más tarde había introducido un movimiento longitudinal y un sistema apropiado de

irrigación y aspiración. Pero la cirugía prácticamente hacía hervir los ojos de los gatos de prueba. Finalmente utilizó un dispositivo piezoeléctrico generador de ultrasonidos que generaba menor temperatura y trabajó en la refrigeración de la pieza de mano²⁵.

En 1967 realizó su primera intervención en un ser humano. La intervención duró 4 horas, pero Kelman consiguió eliminar el cristalino. El ojo se infectó y fue enucleado como estaba previsto. Aproximadamente un año después realizó su segunda intervención en un ojo con una agudeza visual de percepción luminosa difícil, con una catarata madura y el antecedente de una embolia de arteria central de la retina. El resultado fue algo mejor y consiguió percepción luminosa. Finalmente se presentó el 25 de julio de 1967 la patente del primer facoemulsificador por Kelman y Banko, ingeniero que trabajaba para la empresa Cavitron.

La técnica inicial de Kelman consistía en realizar una capsulotomía amplia en árbol de Navidad, luxar el cristalino a la cámara anterior y realizar ahí la facoemulsificación para evitar la rotura de la cápsula posterior. Realizaba el procedimiento con una sola mano. Dada la ausencia de viscoelásticos el sufrimiento endotelial que provocaban estas intervenciones no contribuyó a acelerar su difusión y entre los años 1967 y 1975 apenas gana adeptos.

Su propio centro de trabajo, Manhattan Eye and Ear, no está de acuerdo con el procedimiento, al igual que muchos de sus coetáneos. En un intento más de hacerle desistir, Medicare declara la técnica “experimental” y, por tanto, no reembolsable para sus pacientes. La American Academy of Ophthalmology encargó un ensayo clínico, teóricamente imparcial, que concluyó (sin sorpresa para Kelman, ya que el coordinador del ensayo era uno de los que más se habían significado en su contra), que la cirugía intracapsular era “infinitamente superior” a la facoemulsificación.

Posteriormente, un nuevo análisis (esta vez sí que independiente) de los resultados permitió que el veredicto final de la AAO fuera que la

facoemulsificación era “al menos” tan segura y efectiva como la cirugía intracapsular.

En 1975 John H. Little da un paso adelante con la capsulotomía anterior circular en abrelatas, que por su mayor estabilidad permite manejar el cristalino en el plano pupilar y no en cámara anterior. Algunos cirujanos como Kratz, Shearing o Sinskey, comienzan a creer en la “nueva” técnica y la confirmación definitiva llega a mediados de los 80 con las publicaciones de Neuhann⁴⁴ y Gimbel^{45,46,47} sobre la capsulorrexis continua circular.

En esa época Faust y cols⁴⁸ describen por primera vez la hidrodisección como medio para separar e hidroexpresar el núcleo en el contexto de una cirugía extracapsular. Posteriormente Howard Fine⁴⁹ FINE perfecciona este concepto al introducir la hidrodisección con ruptura de adherencias corticocapsulares, elemento sin el cual no se entenderían las actuales técnicas de facoemulsificación endocapsular. En 1993, Kunihiro Nagahara introduce la técnica de chop, reconocida como una forma eficiente de fragmentar el núcleo antes de emulsificarlo⁵⁰.

También en los años 80 Danièle Aron-Rosa y colaboradores⁵¹ publican los resultados de la capsulotomía posterior con láser Nd:YAG, que va a cambiar de forma definitiva la forma de tratar las opacidades de la cápsula posterior hasta nuestros días.

Los últimos años 90 fueron escenario propicio para el desarrollo de equipos como el vitrectomo láser erbio-YAG, sistemas de facoemulsificación basados en láser de erbio-YAG⁵² o el sistema de facolisis de Dodick⁵³ sin prácticamente emisión de calor y con técnicas bimanuales⁵⁴.

Y ya en el siglo XXI vemos aparecer una nueva técnica de microcirugía ocular. Agarwal publica en el 2001^{55,56} los primeros trabajos en que realiza la facoemulsificación a través de dos puertos de 0,9 mm. Por primera vez se

separan las vías de infusión-aspiración de la aguja de facoemulsificación, lo cual permite minimizar las incisiones. Es el primer paso que distancia la facoemulsificación coaxial de la bimanual. Encontró problemas serios como la quemadura de las incisiones y la ampliación de una de ellas para efectuar el implante.

En 2005 el Prof Alió⁵⁷ publica la primera serie de cirugías efectuadas con esta nueva técnica. Patenta el concepto de MICS (microincision cataract surgery) como cirugías efectuadas por debajo de 2 mm. Pero más que minimizar las incisiones, se trata de un concepto global de mínimo traumatismo del globo ocular, ello incluye el uso de material específico, software de faco que evite las quemaduras, lentes plegables implantables por incisiones más pequeñas⁵⁸.... Su seguridad, eficacia y utilidad es el motivo de la presente tesis.

**CAPITULO 3: COMO EFECTUAR CON SEGURIDAD LA
TRANSICIÓN DESDE LA FACOEMULSIFICACIÓN
CONVENCIONAL COAXIAL A LA TÉCNICA BIMANUAL
MICROINCISIONAL (<1,8 MM)**

CAPITULO 3: COMO EFECTUAR CON SEGURIDAD LA TRANSICIÓN DESDE LA FACOEMULSIFICACIÓN CONVENCIONAL COAXIAL A LA TÉCNICA BIMANUAL MICROINCISIONAL (<1,8 MM)

El concepto de MICS (Micoincision Cataract Surgery, registrado por el Prof Alió en 2003) no se reduce a la práctica de la cirugía a través de incisiones de 2 mm o menores. Es un concepto global que implica reducir el tamaño de la incisión pero también una transformación global de la cirugía hacia un procedimiento de mínima agresión⁵⁸.

La filosofía básica de MICS es disminuir la energía necesaria para la emulsificación del cristalino e implantar la lente intraocular con menor daño endotelial. Para ello muchos autores han trabajado en el diseño de nuevos instrumentos con el objetivo de que fueran más eficientes⁵⁹.

La clave para la transición es el instrumental. Desde los primeros trabajos publicados en 2001 por Agarwal^{55,60,61} y Tsuneoka⁶² se observó la necesidad de un material específico que permitiera un correcto aporte de fluido y una estabilidad de la cámara correcta. El uso adecuado de este material y una configuración correcta de la fluídica permiten operar cualquier grado de catarata, incluso los casos complicados⁶³.

Es interesante recordar las palabras de Fine “all of these investigators are novices at biaxial phaco and their initial experiences cannot be compared to other techniques that they have mastered over a period of decades”⁶⁴. La inadecuada selección de los instrumentos ha llevado al rechazo de la técnica por algunos cirujanos. No siempre disponemos del suficiente tiempo y recursos que nos faciliten una curva de aprendizaje dificultosa para un cirujano experto, ya poco avezado a las complicaciones.

En este capítulo repasamos los pasos de la técnica, así como el instrumental necesario, para poder efectuar una cirugía segura. Este deseo de compartir la experiencia que habíamos adquirido fue publicado en la Comunicación Digital de la Societat Catalana d'Oftalmologia 2012 que tuve el placer de dirigir⁶⁵. La curva de aprendizaje es el obstáculo mayor que tiene la técnica bimanual y el objetivo de la publicación era el de minimizar este periodo de transición, para que cada cirujano pudiera valorar personalmente las bondades en cuanto a resultados y seguridad de la técnica bimanual microincisional.

Dividiremos este capítulo en dos grandes bloques, primero conceptos de software y fluidica, y en segundo lugar, los materiales necesarios específicos para cada paso quirúrgico.

3.1. SOFTWARE Y FLUÍDICA

3.1.1. Software

El principio básico de las máquinas de ultrasonidos consiste en una computadora que genera señales electrónicas y un transductor que las convierte en energía ultrasónica⁶⁶. Esta se transfiere a través de una aguja hueca que emulsifica el núcleo mediante tres mecanismos, todavía discutidos, como son el mecánico, acústico y de energía cavitacional⁶⁷. Las plataformas actuales han mejorado notablemente siendo mucho más seguras y permitiendo un mayor control e individualización de los parámetros de faco. El control de la fluídica lo trataremos más adelante para facilitar la comprensión de los conceptos.

Para conseguir cirugía microincisional realmente eficiente deberemos separar las funciones de irrigación y aspiración o faco. Esto implica la retirada del manguito de silicona que cubre la aguja y por lo tanto el contacto obligado de ésta con la córnea. Precisarémos pues de un sistema que evite quemaduras corneales en los momentos de aplicación de ultrasonidos (US) y la solución es la modulación de la potencia de ultrasonidos.

Aclaremos un concepto básico de forma breve: la potencia de US que libera nuestra plataforma es una interacción entre la frecuencia de US y la longitud del movimiento de la aguja. El rango de frecuencias útiles para la eficiente emulsificación del núcleo se sitúa entre los 27 y 50 KHz. La utilización de una menor frecuencia resulta inefectiva y si es mayor genera demasiado calor. La frecuencia es la velocidad de movimiento de la aguja. Por otro lado las agujas se desplazan en un movimiento oscilante cuya carrera oscila entre 50 y 100 μm . A mayor recorrido se genera más calor y mayor posibilidad de quemaduras. Las actuales máquinas son capaces de detectar las diferencias de resistencia entre el humor acuoso y córtex, por ejemplo, y efectuar automáticamente pequeñas variaciones de frecuencia y de carrera de la aguja

con el objetivo de generar menos calor. Todo ello independientemente de los ajustes preferidos por el cirujano.

La energía que emulsifica el núcleo es una mezcla de dos procedimientos, físico y cavitacional⁶⁸. El mecanismo físico se ha comparado con el símil de la acción de un martillo neumático en cuanto a la forma que tiene de destruir el núcleo.

La energía cavitacional es más compleja. En principio hay que dividir entre baja y alta frecuencia. La baja frecuencia es la que selecciona el fabricante (27-50 Khz), puede repercutir en otras superficies como córnea y esclera pues viaja a grandes distancias. Esta energía crea las burbujas cavitacionales que, cuando implosionan, generan alta frecuencia de energía que se extiende en forma de cono entre 1 y 10 mm de la punta del faco.

El movimiento de la aguja crea zonas de altas y bajas presiones en su movimiento en un medio líquido. El movimiento de retroceso disuelve gases de la solución y produce microburbujas. El movimiento de avance las comprime hasta que implosionan. Se calcula que se generan 7,2°C, una onda de choque de 5000 bar y son efectivas el 75% de las burbujas producidas.

Se cree que esta forma de energía cavitacional es la responsable de la emulsificación del núcleo. Es temporal, fugaz, y se calcula que esta forma tan violenta de energía dura 4 ms y se extiende en forma de cono por la aguja y en su interior. Si alargamos la energía más de 4 ms, esta forma fugaz que genera microburbujas y ondas de choque, desaparece y las burbujas grandes vibran sin implosionar. Por lo tanto si podemos utilizar estos 4 ms y despreciar la cavitación sostenida que es ineficaz para la facoemulsificación, tendremos periodos de energía muy útiles y pausas sin energía que nos ayudarán a bajar la temperatura de las agujas de faco⁶⁹. Es la base del concepto de micropulsos⁷⁰.

La cirugía microincisional implica la utilización de la mínima cantidad de energía de faco. Un exceso puede provocar quemaduras en la herida, daño en la malla trabecular e iris, pérdida de células endoteliales y alteración de la barrera hematoacuosa^{66,71}. El control de esta energía se puede efectuar de modo sencillo reduciendo el recorrido de la aguja, es decir, reduciendo la potencia absoluta en la consola de faco de modo que no tengamos más liberación de potencia al final de la fase 3 que la necesaria para este núcleo.

Un modo más elaborado es efectuar un control mediante software de la duración del US. Consiste en fragmentar la energía continua de US en un ciclo de trabajo que contenga periodos “on” de ultrasonidos efectivos, con periodos “off” sin ellos. Esto se puede configurar con dos modos de trabajo típicos: el modo ráfaga o “burst múltiple” y el modo pulsado o “burst fijo” (figura 1).

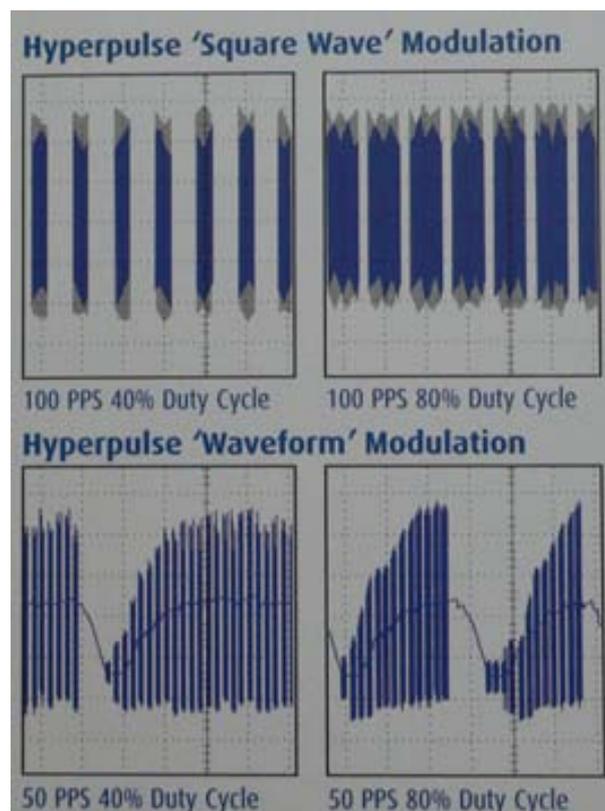


Figura1: Dos modos de modulación de ultrasonidos. Esquema superior o burst múltiple: potencia de US fija, al solicitar más potencia disminuyen los periodos “off”. Esquema inferior o burst fijo: los periodos “on” y “off” están prefijados, al solicitar más potencia aumenta la misma hasta el máximo prefijado.

En el modo ráfaga o “burst múltiple” el cirujano selecciona una potencia máxima de la cual la plataforma no puede exceder. Conforme se aprieta el pedal en posición 3 los intervalos “off” se reducen. El símil para recordarlo es un acordeón, donde la medida de altura del fuelle es la potencia de faco que nunca varía. En posición 3 inicial el fuelle del acordeón está totalmente extendido siendo las pausas “off” más evidentes. Al solicitar más potencia el músico cierra sus brazos comprime el fuelle del acordeón y las pausas “off” disminuyen siendo el total de la onda de US más potente, pero sin superar la potencia inicial máxima que ha seleccionado el cirujano.

En el modo pulsado o “burst fijo” se selecciona una combinación fija de un número de milisegundos (ms) para el periodo “on” y para el periodo “off”. Esta onda siempre es estable y si el cirujano demanda más potencia, ésta realmente aumenta de modo proporcional a la presión del pedal. Se limita el porcentaje de potencia máxima para la depresión total del pedal, de un modo bastante similar a los programas habituales. Nosotros utilizamos este sistema de modulación con 6 ms de periodo “on” y 8 ms de “off” que nos garantiza la ausencia de quemaduras en la incisión, pues los periodos “off” se encargan de refrigerar la aguja. Es una combinación próxima a los 4 ms teóricos y que nos funciona bien casi con cualquier tipo de dureza de núcleo. Es un programa bastante “frío” pues el total de US activo (ciclo de trabajo) es de sólo un 43%. Para las cataratas de dureza LOCS III grado 6 subimos el ciclo de trabajo a un 60% al aumentar el periodo “on” a 12 ms.

En resumen hay que explicitar que todas las plataformas de faco permiten programas de modulación de ultrasonidos. Las ráfagas cortas “on” son muy efectivas para emulsificar el núcleo. Los periodos “off” permiten arrastrar el material nuclear hacia la aguja del faco aumentando así su efectividad. También permiten el intercambio de fluido alrededor de la microcavidad formada por el núcleo y la aguja, y así la cavitación se ve favorecida. Por último permite la refrigeración de la aguja al ahorrar energía de US, no superando los

55°C que son necesarios para crear una quemadura corneal^{72,73}. El modelo animal establece la cifra de riesgo en unos 18s a 63°C⁷² y los primeros signos no se observan por debajo de 40 °C⁷⁴. Los inadecuados ajustes de las plataformas pueden conducir a quemaduras en las incisiones, trauma corneal o inestabilidad en la cámara anterior⁶³.

Nuestra evolución en cuanto a programas de modulación de US es la siguiente (tabla 1). Partimos de 40% de potencia máxima en el programa utilizado de forma rutinaria en la faco coaxial. Probamos primero la modulación con el programa de “burst múltiple”. Utilizamos en las primeras cirugías un 15% de potencia con un periodo “on” de 20 ms, “off” de 13,3 y un ciclo de trabajo resultante de un 60%. Nos quedamos impresionados pues podíamos emulsificar adecuadamente un cristalino con una potencia de US muy baja. Este programa partía pues de un ciclo de trabajo (período efectivo de US del total de milisegundos) de un 60%. Si necesitábamos más potencia se reducían los periodos “off” pero nunca pasábamos del 15% de potencia máxima. La sensación con cataratas duras (LOCS III mayor a 4) fue que nos faltaba potencia, lo cual era lógico dentro de las potencias previas utilizadas en coaxial. Las variaciones en cuanto a fluídica las comentamos más adelante.

El programa de burst fijo nos resultó más cómodo. Inicialmente utilizamos potencias de 30% de US, pero con un periodo “on” de 6 ms y “off” de 24 ms, lo cual es un ciclo muy conservador de sólo un 20%. Para cataratas blandas era más que suficiente, pero en nuestro medio con cataratas 4, 5 y 6 de LOCS III, decidimos modificar parámetros.

Tras sucesivas pruebas aumentamos primero el ciclo de trabajo para ajustar la potencia máxima después. Un periodo “on” de 6 ms y un “off” de 8 ms, con un ciclo de trabajo resultante de un 43% nos dio muy buen resultado. De este modo la refrigeración de la aguja era óptima y podíamos abordar cualquier tipo de catarata. Tras cuantificar más de 100 procedimientos en esta fase de ajuste del software observamos que raramente pasábamos de un 15% de potencia utilizada absoluta. Por lo tanto bajamos la potencia máxima del pedal del 30% al 20% y así podemos ser más precisos y eficientes en la liberación de energía.

En la transición a microMICS (0,7 mm de incisión) hemos utilizado estos parámetros, confiando en el burst fijo con 6 ms y 8 ms de intervalo. Al cambiar la plataforma de Millenium a Stellaris, más moderna en su diseño, mantenemos la misma onda pero hemos podido rebajar el porcentaje de US máximos a 14%. Tras comentar la fluídica incorporamos las fotografías de estas pantallas. Nuestra experiencia personal en cuanto a los programas de modulación de ultrasonidos nos ha permitido reducir la emisión de los mismos notablemente, de un 40% inicial a un 20% en la misma plataforma y un 14% en la nueva plataforma Stellaris. Además los periodos “off” de los programas nos permiten trabajar cómodamente y de modo efectivo con sólo un 43% del tiempo total de pedal. Para cataratas de grado 6 aumentamos el ciclo al 60% y las podemos emulsificar sin problemas de falta de potencia.

| | Programa original | Burst múltiple | Burst fijo | Programa micromics (0,7) | Stellaris micromics (0,7) |
|------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| US máx % | 40 % | 15 % | 30 baja a 20 % | 20 % | 14 % |
| On ms | | 20 ms | 6 ms | 6 ms | 6 ms |
| Off ms | | 13,3 ms | 24 baja a 8 ms | 8 ms | 8 ms |
| Ciclo trabajo | 100 – 50 % | 60 % | 20 sube a 43 % | 43 % | 43 % |
| Vacío mmHg | 90 a 120 mmHg | 400 sube a 450 mmHg | 400 sube a 450 mmHg | 400 mmHg | 450 mmHg |
| Presión mmHg | 40 mm Hg | 40 sube a 60 mmHg | 40 sube a 60 mmHg | 60 mmHg | 50 mmHg |
| Altura frasco cm | 45 cm | 80 sube a 90 cm | 80 sube a 90 cm | 110 cm | 140 cm |

Tabla 1: Evolución de los parámetros desde el programa inicial de faco coaxial, MICS bimanual y MICS 0,7mm. Todas las columnas con plataforma Millenium B&L, excepto la última Stellaris B&L.

3.1.2. Fluídica

Inicialmente separaremos la línea coaxial convencional resultando así independientes la vía de infusión y aspiración, según la idea del primer trabajo publicado por Shearing⁷⁵. Aparentemente permite reducir la magnitud de las incisiones pues repartimos el calibre de la línea coaxial entre dos líneas. Pero si utilizamos los registros habituales de nuestro programa de faco veremos que tanto la irrigación como la aspiración no son efectivas. Para mantener la fluídica, el flujo de entrada debe ser igual o superior al de salida⁵⁸ compensando así el leakage de las incisiones.

$$\Delta P = \frac{8\mu LQ}{\pi r^4} .$$

La explicación se encuentra en la ley de Poiseuille

La presión de aspiración está inversamente relacionada con el radio de la tubuladura de salida, pero a la cuarta potencia. Esto indica que una pequeña disminución del calibre precisa de unos mayores parámetros de vacío para conseguir la misma presión real de succión. En suma deberemos regular nuestra máquina a unos parámetros mayores a los que estamos acostumbrados a trabajar, e insistimos en la cuarta potencia pues el aumento no es lineal.

Este aumento de la aspiración implicará un aumento del flujo de infusión. Por lo que será imprescindible aumentar la altura de la botella de suero. Básicamente el ajuste de la altura de la botella regula la profundidad de la cámara anterior. El aumento de presión intraocular mantiene la cámara a pesar del flujo de aspiración, por lo que altos flujos requieren mayores alturas⁶⁷.

Actualmente ya no se concibe la fluídica bimanual sin la presurización de la botella de suero⁶⁰. Aumentar la altura de la botella tiene unos márgenes finitos en cuanto a la altura de los quirófanos y la longitud de los equipos de infusión. La presurización de la citada botella permite disponer de la presión necesaria para efectuar cirugías seguras sin *surge*⁷⁶. La infusión forzada se puede activar para que el cirujano no deba estar pendiente de ello y se puede controlar digitalmente para mantener los parámetros ideales durante toda la cirugía.

El procedimiento de ajuste básico para las primeras cirugías podría ser el siguiente: colocamos el irrigador en la cámara anterior y después la aguja de faco. Presionamos el pedal de faco hasta el máximo de la posición 2, es decir, aspiración máxima sin ultrasonidos. En este punto regulamos la presión de infusión para que sea la mínima en que no se produzca un colapso de la cámara anterior. De esta manera la cirugía será segura y estable durante todo el procedimiento⁶⁷.

Pero puede suceder que el flujo de entrada no sea capaz de compensar los altos vacíos que necesitaremos y tendremos una cámara inestable. Para ello podemos reducir el calibre de la línea de salida y aprovechar en nuestro beneficio la ley de Poiseuille. Se pueden utilizar sistemas comerciales como el “Stable chamber” de Bausch & Lomb o el Cruise Control de STAAR (figuras 2, 3 y 4). Estos sistemas intercalan un filtro restrictor en la línea de aspiración. Están diseñados para trabajar con flujos altos, por ejemplo de 500 mmHg, y son eficientes para prevenir el surge. El filtro está situado en el centro de la línea y retiene los restos del núcleo. El suero fluye a través de los poros del filtro hacia el diámetro exterior y se eliminan las posibilidades de bloqueo de la línea. Al ser el diámetro algo inferior ayuda a compensar el flujo de entrada⁵⁸. Véanse figuras 2, 3 y 4.



Figura 2: Tubuladuras de Bausch & Lomb para cirugía bimanual, véase el filtro en la línea de aspiración.

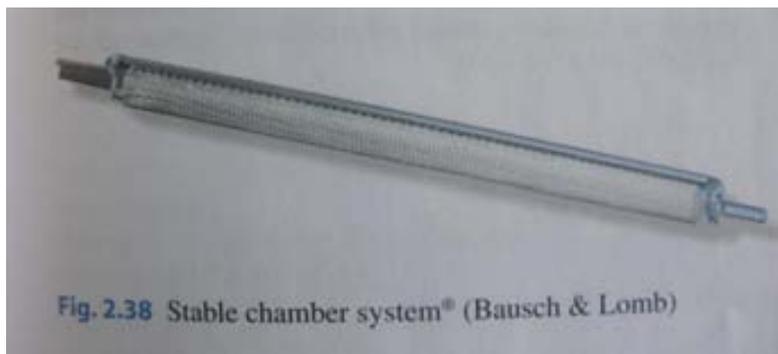


Figura 3 : Esquema del Stable chamber de Bausch & Lomb.

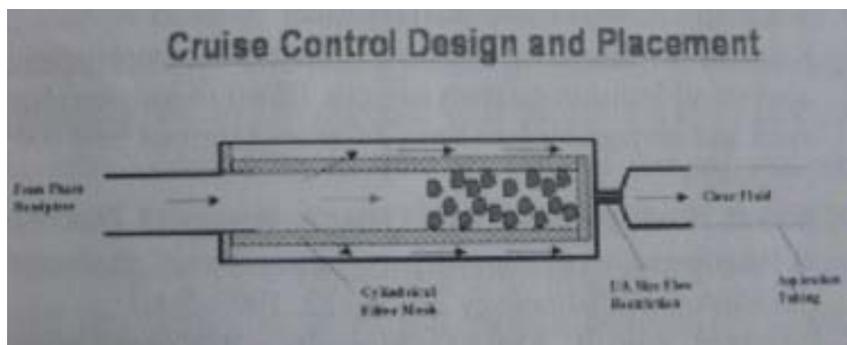


Figura 4: Cruise control de STAAR. En ambos hay un filtro interno que retiene los restos de núcleo y una cámara externa que permite el flujo libre de suero, pero con un diámetro real menor que la vía de infusión.

Nuestra transición desde nuestro programa de faco coaxial convencional con un Millenium de bomba venturi y utilizando la técnica divide y vencerás, partió con un vacío de 90 mmHg en la fase de esculpido y de 120 mmHg para la fase de eliminación de fragmentos (tabla 2). Los diferentes programas que ensayamos de modulación de ultrasonidos no se ven afectados por la fluídica, por lo tanto los parámetros que probamos fueron similares para el burst múltiple y fijo. La recomendaciones del fabricante eran aumentar el vacío a, unos inicialmente espectaculares 400 mmHg. Si recordamos de nuevo la ley de Pouiseille veremos que la diferencia es aritmética pues la sensación de vacío en la aguja del faco era todavía inferior a los 120 habituales y nos obligaba a variar nuestra técnica habitual.

Para compensar estas cifras de vacío es necesario aumentar la infusión como hemos citado arriba. El fabricante recomienda registros de 80 cm de altura del frasco (utilizábamos 45 cm) y aumentar la presión a 40 mmHg (previamente 30 mmHg). Como el vacío no nos parecía tan efectivo como al que estábamos acostumbrados, lo aumentamos a 450 mmHg y compensamos esta variable con la altura de botella a 90 cm y un aumento de presión a 60 mmHg. Recordamos que el vacío representa la fuerza con que se sujetan los fragmentos y el flujo la velocidad con que se atraen⁶⁷. Como utilizamos una bomba venturi ambos ajustes son proporcionales y no se seleccionan por separado como en una bomba peristáltica.

Estas pruebas las efectuamos con instrumentos de 19G y 20G, por lo que cada cirujano debe probar según el material de que disponga. Posteriormente hemos utilizado diferentes calibres con una tendencia franca a la disminución de los mismos. Una vez establecidos los parámetros básicos iniciales bastan pequeñas variaciones según los diferentes diseños que utilicemos. Siempre son ajustes de menor intensidad, muy intuitivos y que se pueden realizar perfectamente en el transcurso de la cirugía.

Por ejemplo cuando, ya convencidos de las bondades de la técnica bimanual, iniciamos la transición a microMICS (incisiones de 0,7 mm) nos encontramos que los calibres eran todavía más reducidos. La presión la mantuvimos a 60 mmHg y compensamos la altura del frasco a 110 cm, pero el máximo vacío que pudimos conseguir con el Millenium fue de 400 mmHg, si lo incrementábamos la cámara anterior se volvía inestable. La nueva plataforma Stellaris nos permitió recuperar este vacío e incluso superarlo.

Es interesante diferenciar los dos parámetros de presión que utilizamos, la presión del frasco y la altura de la botella. En un sistema venturi que no tiene el stop del rodillo de la bomba peristáltica, la columna de presión del suero incide directamente en el irrigador y esto lo hace de forma instantánea. Por lo tanto es más rápido y efectivo ajustar la presión de infusión con la altura de la botella que con la presión intraocular. Si ajustamos mediante la presión intraocular dependemos de la capacidad de la bomba y de su rapidez de respuesta. El ejemplo son los parámetros que utilizamos en Stellaris para realizar microMICS 22G (mismo instrumental). Esta plataforma nos permite una altura de botella de 140 cm y con 50 mmHg de presión intraocular tenemos cirugías estables con 450 mmHg de aspiración. Por lo tanto el cambio de máquina nos permite recuperar los 450 mmHg de aspiración que utilizábamos en la técnica bimanual y que teníamos reducidos a 400 al realizar microMICS. Por un lado disponemos de una máquina más avanzada tecnológicamente y con una bomba de más rendimiento, pero por otro podemos aumentar más la altura de la botella, cosa que nos resulta mucho más eficaz. En la tabla 2 se resumen los parámetros de irrigación/aspiración.

| | Programa original | Burst múltiple | Burst fijo | Programa micromics (0,7) | Stellaris micromics (0,7) |
|---|--------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Vacío mmHg | 550 mmHg | 550 mmHg | 550 mmHg | 550 mmHg | 550 mmHg |
| <ul style="list-style-type: none"> • Presión • mmHg | 28 mm Hg | 40 mmHg | 40 mmHg | 40 mmHg | 50 mmHg |
| Altura frasco cm | 45 cm | 80 cm | 80 cm | 80 cm | 140 cm |

Tabla 2: Evolución de los parámetros de irrigación aspiración, es este caso las diferencias son menores. Todas las columnas con plataforma Millenium B&L, excepto la última Stellaris B&L.

A continuación adjuntamos la serie de capturas de pantalla de nuestra plataforma Millenium donde se observan las variaciones que efectuamos desde nuestro programa original de faco coaxial. Los ajustes de facoemulsificación se ilustran en las figuras 5 a 12 y los de irrigación/aspiración en las figuras 13 a 15.

a) Capturas de faecoemulsificación:



Figura 5: Programa previo a la microincisión bimanual, fase de esculpido.



Figura 6: Programa previo a la microincisión bimanual, fase de eliminación de fragmentos. A recordar: vacío máximo de 120 mmHg, potencia de US 40%, altura del frasco 45 cm y presión 30 mmHg.

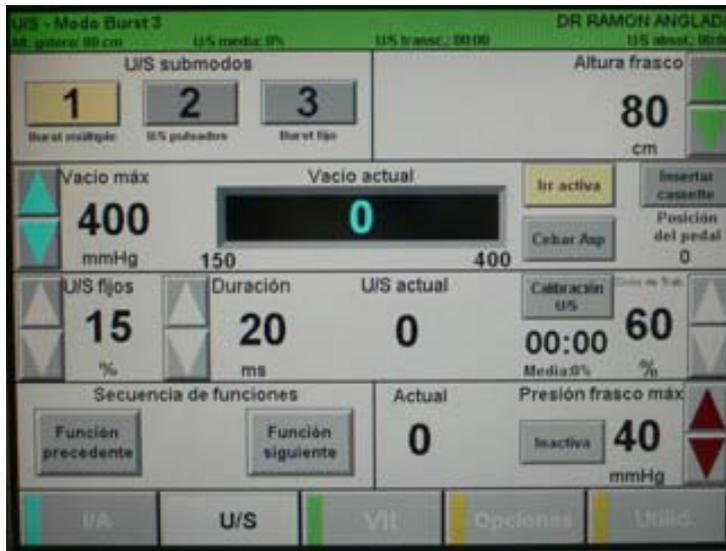


Figura 7: Programa MICS inicial de burst múltiple. Vacío máximo de 400 mmHg, potencia de US 15%, altura del frasco 80 cm y presión 40 mmHg. Periodo “on” de 20 ms y ciclo de trabajo de 60%.



Figura 8: Modificaciones al programa: aumento del vacío de 400 a 450 mmHg, altura del frasco, de 80 a 90 cm, presión de 40 a 60 mmHg.

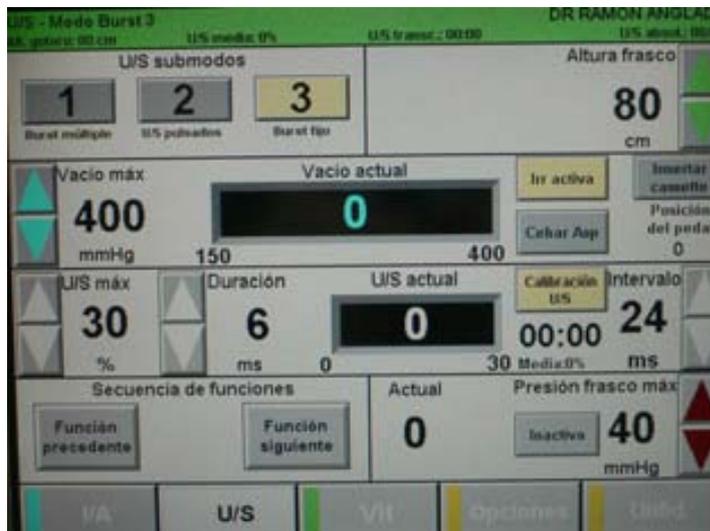


Figura 9: Programa MICS inicial de burst fijo. Vacío máximo de 400 mmHg, potencia de US 30%, altura del frasco 80 cm y presión 40 mmHg. “on” de 6 ms, “off” de 24 ms, ciclo de 20%.

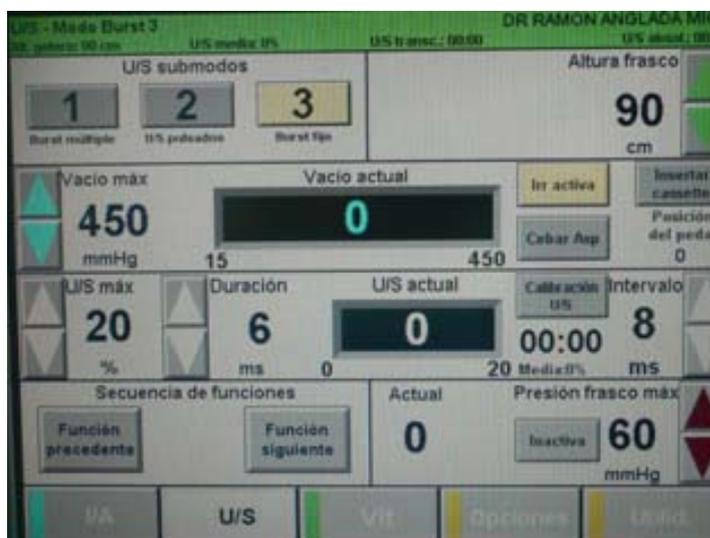


Figura 10: Modificaciones al burst fijo. Vacío de 400 a 450, potencia de 30 a 20%, “on” de 6 ms y “off” de 8ms, ciclo de 43%. Altura del frasco de 80 a 90 cm y presión de 40 a 60 mmHg.



Figura 11: Modificaciones al burst fijo para micromics 0,7 mm. Vacío máximo de 400 mmHg, potencia de US 20%, altura del frasco 115 cm y presión 60 mmHg. Onda con “on” de 6 ms y off” de 8 ms. Inestabilidad de la cámara con mayores vacío por falta de infusión.



Figura 12: Programa actual micromics en Stellaris. Vacío máximo de 450 mmHg, potencia de US 14%, altura del frasco 140 cm y presión 50 mmHg. Onda “on” de 6ms, “off” de 8 ms.

b) Capturas de Irrigación / Aspiración:



Figura 13: Programa inicial. Altura de botella 45 cm y presión 28 mmHg.

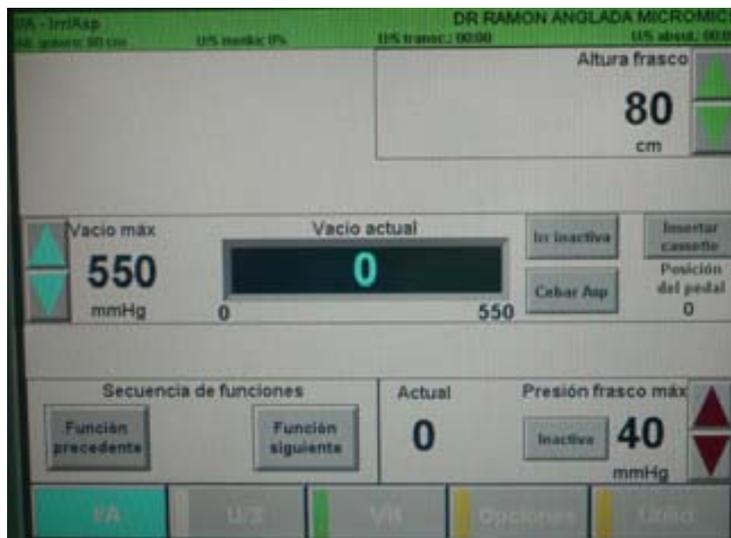


Figura 14: Programa de MICS y microMICS Millenium, mantenemos el vacío máximo pero compensando infusión con 80 cm de altura del frasco y PIO de 40 mmHg.



Figura 15: Programa actual en nuestra técnica habitual de micromics en Stellaris, vacío de 500 mmHg, altura de botella 140 cm y presión de 50 mmHg.

3.2. TÉCNICA QUIRÚRGICA

3.2.1. Incisiones



Figura 16: Mesa completa de cirugía bimanual, el instrumental específico es mínimo.



Figura 17: Instrumental específico de cirugía bimanual: cuchillote calibrado, pinza de rexis, dos choppers irrigadores en pruebas (se precisa sólo uno), tips de irrigación y aspiración.



Figura 18: Primer plano del cuchillito inicial, actualmente es una lanceta de 0,7 mm.

Es el aspecto principal de toda la transición a la microincisión y tal vez el más característico pues diferencia el procedimiento del coaxial al efectuar dos incisiones en lugar de una (figuras 16, 17 y 18). El concepto principal es que deben ser lo más estancas posible y ajustadas al diámetro de los instrumentos que las utilizarán. Si son demasiado anchas provocarán “leakage”, inestabilidad de la cámara anterior por fugas de fluido y roturas de la cápsula posterior. Por el contrario, si son demasiado estrechas dificultarán las maniobras, deformarán la córnea y bajarán la visibilidad.

| Gauge | Milímetros |
|-------|------------|
| 14 | 2 / 2,1 |
| 15 | 1,8 |
| 16 | 1,6 |
| 17 | 1,4 / 1,5 |
| 18 | 1,2 / 1,3 |
| 19 | 1 / 1,1 |
| 20 | 0,9 |
| 21 | 0,8 |
| 22 | 0,7 |
| 23 | 0,55 |
| 25 | 0,5 |

Tabla 3: equivalencias de gauges y milímetros.

Fuente: Atlas of Retinal and Vitreous Surgery; Travis A. Meredith; 1999; Mosby

Por lo tanto deben adaptarse a la instrumentación de que dispongamos por lo que es muy útil tener presente las equivalencias de la tabla 3. Una buena regla inicial es que sean de 1,2 mm si utilizamos 20G y de 1,4 mm si se trata de 19G. Esta es la clave que utilizamos para las primeras cirugías con nuestros residentes y permite un buen equilibrio para efectuar la transición. Posteriormente se adaptarán a los calibres tanto de hidromanipuladores y agujas que utilicemos (figura 19). Actualmente realizamos dos paracentesis de 0,7 mm perforantes que verificadas efectúan una incisión de 1 mm y por ellas trabajamos con instrumentos de 22G.



Figura 19: Se ofrecen diferentes cuchilletes calibrados para ajustar las incisiones.

La longitud del túnel corneal es de 1,5 mm para que no prolapse el iris⁷⁷ y su forma se recomienda que sea trapezoidal (figura 20 y 21). Esto permite mover los instrumentos con un amplio margen de maniobra siendo la herida del lado endotelial lo más pequeña posible, lo que favorece la introducción de los instrumentos⁵⁸ y dificulta la salida del fluido⁷⁸. Se discutieron diferentes formas de la incisión⁷⁹ como el túnel recto o el trapecio con base externa más amplia o en la zona epitelial la estrecha. El trapecio de base estrecha epitelial se ve traumatizado por los movimientos de los instrumentos y esta boca se abre y amplía durante la cirugía. También era más proclive a las quemaduras. La incisión con túnel recto se produce al utilizar lancetas o esclerotomos. Son las que utilizamos en microMICS o MICS por debajo de 1 mm y se aconsejan a cirujanos entrenados en la técnica y no para la transición (figura 22). Efectuaremos una configuración de válvula en su recorrido para que sea autosellante al finalizar la cirugía^{63,80}.

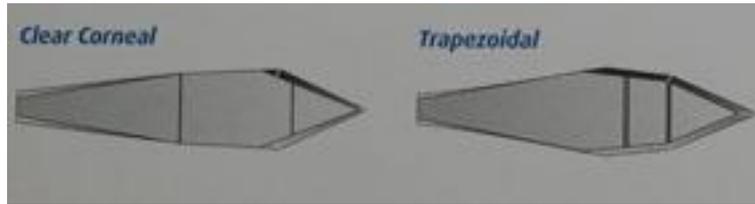


Figura 20: Forma trapezoidal de los cuchilletes. Algunos disponen de sistemas de marcado para el lado epitelial y endotelial.

Para ello se disponen en el mercado de múltiples tipos de cuchilletes, la mayoría trapezoidales, que nos facilitarán la labor. Unos disponen de dos marcas en su superficie que se deben ajustar a los lados endotelial y epitelial respectivamente. Al estar calibrados permiten ajustar mucho la incisión. Si el cuchillote penetra totalmente en el lado endotelial produce un agrandamiento de la incisión al retirarlo. Esto es claramente objetivable si utilizamos galgas calibradas para comprobar el calibre real de las incisiones. Fácilmente un cuchillote trapezoidal de diámetro máximo 1,7 convierte la incisión a 1,9 o incluso 2 mm si lo introducimos totalmente. Conviene realizar este tipo de comprobaciones para ajustar los calibres proporcionados por la industria a nuestras incisiones personalizadas, a la vez que asegurar incisiones reales y efectivas para el implante de las lentes intraoculares.

Debemos escoger la medida y la forma entre los muchos del mercado. Aconsejamos no realizar las incisiones con otro tipo de material (paracentesis, cuchilletes de vitrectomía) en las primeras cirugías pues la inestabilidad de la cámara provocará inseguridad. Una vez dominada la técnica el cirujano obrará según su práctica y, en nuestros días de recesión, es muy valorado el bajo coste de las lancetas o esclerotomos frente a la falta de materiales desechables exclusivos de MICS.



Figura 21: Incisión trapezoidal con cuchillete de diamante.

Habitualmente se recomienda para las cirugías iniciales que las incisiones se efectúen sobre las 10 y 2 horas. Es interesante que se realicen separadas de 90° por lo que el efecto sobre la arquitectura corneal y el astigmatismo inducido es prácticamente nulo. Nuestra experiencia es que variaciones entre 90° y 115° no influyen decisivamente en el astigmatismo inducido. Una incisión compensa a la gemela y exclusivamente influirá en el astigmatismo la ampliación para el implante de LIO que es fácilmente situable en el meridiano más curvo. A este respecto cabe comentar una ventaja añadida de la cirugía bimanual respecto a este aspecto anastigmático. En cirugías situadas con el meridiano más curvo entre los 90 y 180° es sencillo pues la mano directora (habitualmente la derecha) puede ampliar sin dificultad para implantar la lente. En cirugías con el meridiano más curvo situado entre los 0 y 90° habitualmente nos colocamos temporales en la cirugía coaxial con los inconvenientes que ello conlleva. En la técnica MICS y microMICS bimanuales basta con colocar la incisión secundaria (la del irrigador) sobre el eje más curvo y ampliar ésta. La lente se implanta por esta incisión y es realmente sencillo inyectar la lente con la mano izquierda. De este modo la posición del cirujano nunca varía respecto a la cabecera del enfermo y la posición del microscopio y de ambos pedales es la misma para todos los procedimientos.

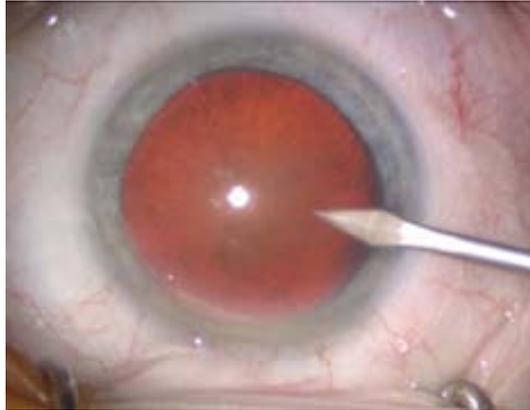


Figura 22: Nuestra incisión actual mediante paracentesis de 0,7 mm. Implantamos la lente mediante una incisión en el meridiano más curvo de 1,7 mm.

Finalmente se hidratarán ambas incisiones para sellarlas definitivamente. Esto es obligatorio en la cirugía MICS y no lo es tanto en las incisiones de 0,7 mm o sub 1 mm⁶³ de modo que el cirujano decide según su práctica habitual. Este sellado minimizará el riesgo de endoftalmitis⁸¹.

3.2.2. Capsulorrexia

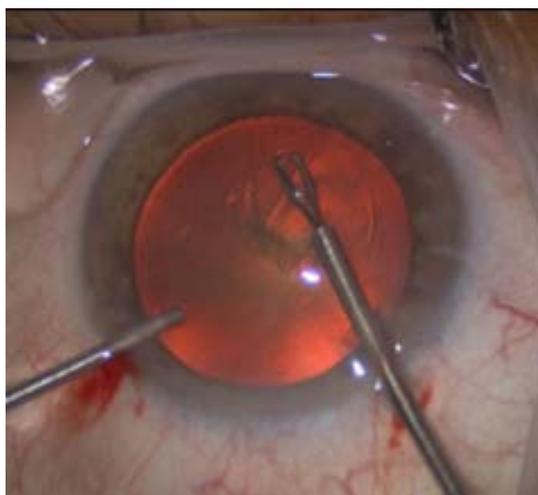


Figura 23: Pinza de para capsulorexis.

La capsulorexis circular continua (figura 23) se complica por la reducida movilidad propia de la incisión inferior a 2 mm pues dispondremos de menos espacio para abrir las puntas de las pinzas. Igualmente se puede efectuar mediante mecanismo de rasgado o de arrastre⁷⁹ según las preferencias habituales del cirujano. Además moveremos los instrumentos en un plano superior y más anterior de lo habitual, por lo que el tránsito por la zona subincisional será más complicado.

La podemos efectuar con práctica y habilidad con los cistitomos habituales en el mercado. Si no estamos habituados a ellos podemos utilizar pinzas específicas. Existen pinzas de capsulorrexis similares a las convencionales pero con apertura limitada de sus ramas y ajustadas a estos tamaños de incisión como las de Gianetti (figuras 24 y 25). También existen otras de diseño y características similares a las de vitrectomía (figuras 26 a 31) que nos facilitan la precisión y el control.



Figura 24: Pinzas de Gianetti.

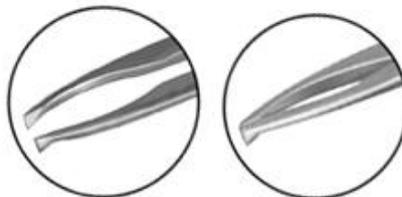


Figura 25: Abertura limitada de las pinzas de Gianetti.

Poseen un mecanismo de apertura y cierre en su cuerpo, un alma rígida de diámetro inferior a 1 mm que circulará por la incisión sin provocar surge y unas ramas pequeñas que se abrirán en su extremo. Los diferentes fabricantes ofrecen los más variados diseños, siendo las más interesantes las que las ramas de la pinza son muy cortas para no entorpecer su trayecto con la incisión ni distender la misma, por ejemplo de 1,5 mm. Es interesante que los extremos sean puntiagudos para efectuar el rasgado de la cápsula anterior^{58, 82} simplemente pinchando en el saco y produciendo el rasgado con un movimiento lateral.



Figura 26: Pinzas de Bausch & Lomb con puntas intercambiables.



Figura 27: Ampliación del extremo. Ramas muy cortas.

La dificultad de trabajar en pequeños espacios queda compensada por la estabilidad de la cámara anterior. Incluso en cámaras estrechas son pocas las ocasiones en que se necesita más viscoelástico que el inicial, pues al no haber fugas por la adaptación del tamaño de la herida al diámetro del vástago de la pinza, no se expulsa y se controla mucho mejor. Tampoco es tan importante la selección del viscoelástico cohesivo o dispersivo⁷⁷. Por lo tanto las posibilidades de un rasgado descontrolado de la rexis son mucho menores⁸³ lo cual es de particular interés en casos de compromiso zonular como la

pseudoexfoliación, diálisis zonular traumática o catarata intumescente por ejemplo.



Figura 28: Pinzas de Katena.



Figura 29: Ramas muy cortas y con extremo punzante.

Los movimientos habituales circulares de la muñeca se deben transformar en movimientos de la punta de los dedos⁸⁴. Por último recordar que podemos cambiar de mano si existe una zona en que la rexis sea complicada de realizar. Podemos retirarnos de la incisión en que estamos trabajando y salir sin efectos traumáticos sobre la misma. Al no haber fugas de viscoelástico no deberemos rellenar la cámara anterior y podremos proseguir la rexis desde la otra incisión, con un abordaje más favorable. Esto es muy útil en los inicios para superar la zona subincisional y para redirigir la rexis centralmente en caso de desgarro⁸⁵.



Figura 30: Pinzas de Janach.



Figura 31: Diseño con ramas muy cortas y punzantes.

3.2.3. Hidrodissección

Es muy importante recordar en este punto que estamos trabajando casi en cámara estanca, por lo que deberemos vaciar parte del viscoelástico que equilibre el suero que inyectaremos en esta maniobra^{78,79}. Nuestra técnica es la siguiente: eliminación de parte del viscoelástico, inyección a través de una incisión y buscando el punto de entrada subincisional de la siguiente incisión inyectamos suero. Repetimos desde la otra incisión también buscando la zona subincisional de la primera y finalmente se inyecta suero a las 6h. De este modo creemos que la hidrodissección es más efectiva bajo las incisiones al comenzar por ellas pues la “ola” disectora es más estrecha y potente. Verificamos la correcta rotación del núcleo. Se debe prestar atención a no presurizar en exceso el ojo, es mejor repartir el volumen en diferentes puntos de acceso.

3.2.4. Facoemulsificación

Hasta ahora la única novedad era el hecho de disponer de dos incisiones y que éstas eran más pequeñas, por lo que hemos comentado la dificultad de trabajar por ellas y las soluciones para hacerlo por espacios más limitados. A partir de ahora ambas incisiones, y por extensión nuestras manos e instrumentos, serán funcionantes.

Hay dos reglas principales a considerar para efectuar una transición segura:

1. Mano izquierda primero. Estamos acostumbrados en la cirugía coaxial que el fluido que mantiene la cámara se introduce y retira al mismo tiempo que el faco, pues la infusión rodea a la aguja del faco a través del manguito. Aquí es importante recordar que el fluido está separado y habitualmente en la mano izquierda. Por lo tanto deberemos introducir primero esta mano con el instrumento irrigador en la cámara anterior y después el faco. De lo contrario no tendremos presión y podemos dañar la cápsula. Asimismo debemos retirar el faco primero y el irrigador en última posición o tendremos un colapso de cámara. Es frecuente al principio retirar la mano izquierda primero pues estamos habituados a un tip manipulador, siendo esto un acto reflejo. Hemos de olvidar este mecanismo automático y espontáneo y tener muy presente que el fluido se introduce por otra vía que la habitual. Por lo tanto su secuencia es vital y es necesario recordar que la mano izquierda entra primero y sale la última.

2. No cambiar de técnica de fractura. Sobretudo si venimos del “divide y vencerás”. La técnicas de chóper⁸⁶ (figura 32) son las que mejor se ajustan como concepto si pretendemos una cirugía mínimamente invasiva y con un menor daño tisular al liberar menos ultrasonidos. Pero es aconsejable cambiar los procedimientos paulatinamente para facilitar la transición. Se puede efectuar perfectamente divide y vencerás, si es nuestra costumbre, pero sumar

el aprendizaje a un procedimiento bimanual y a técnicas de chóper duplicará nuestra curva de aprendizaje y con ello la tasa de fracaso.

Varias consideraciones al divide y vencerás según nuestra experiencia con cirujanos noveles: El surco debe ser profundo para poder efectuar su fractura con poco esfuerzo, de un 90% aproximadamente. En la cirugía coaxial estamos acostumbrados a que el tip de nuestra mano izquierda (no directriz) es muchísimo más pequeño que la aguja de faco con el manguito. Por lo tanto, a poco que ampliamos el surco, se puede introducir con facilidad el tip junto a la aguja para la fractura. En la técnica bimanual ambos instrumentos son del mismo calibre. Por lo tanto el surco que talla la aguja no permite que ambos instrumentos se acomoden adecuadamente para ejercer las fuerzas tangenciales que fracturen el núcleo. Debemos recordar efectuar un surco 1,5 veces o incluso el doble del tamaño de la aguja que visualizamos.

Por otro lado los que efectúen técnicas de chóper deberán recordar que han de ajustar los parámetros de vacío para que la fuerza de sujeción sea similar a la que están acostumbrados. Necesitarán una mayor aspiración de la habitual para poder inmovilizar el núcleo.



Figura 32: Stop & Chop en micromics.

3.2.4.1. instrumento de la mano derecha

Tendremos una aguja de faco sin el manguito irrigador, ésta es la gran novedad y diferencia. Calibraremos el faco con el procedimiento estándar de la plataforma con la irrigación en su funda específica. Una vez completado y verificado el procedimiento romperemos el manguito de silicona dejando la aguja descubierta (figura 33). Esta no produce quemaduras en la incisión pues las evitan los programas de software de modulación de ultrasonidos que hemos comentado arriba, por lo que la función de irrigación del manguito se traslada a la segunda mano.



Figura 33: Aguja sin manguito.

| | Estándar | | Thin Tip |
|---|--------------------|---|--------------------|
|  | T.I.R.* 1.6-1.8 mm |  | T.I.R.* 1.4-1.6 mm |
| | DE* 1.07 mm | | DE* 0.90 mm |
| | DI* 0.90 mm | | DI* 0.67 mm |
| | 30° DP8130 | | 30° DP8415 |
| | 45° DP8145 | | 45° DP8430 |

Figura 34: Comparación entre las medidas de la aguja estándar y las primeras de MICS. A observar el “DE” diámetro externo y el “DI” diámetro interno.



Figura 35: Si comparamos el diámetro útil de la aguja estándar (0,9 mm) y el de microcoaxial de B&L (0,5 mm) entenderemos las variaciones de fluídica por la ley de Poiseuille.



Figura 36: Comparación entre la aguja estándar de coaxial y la de microMICS bimanual.

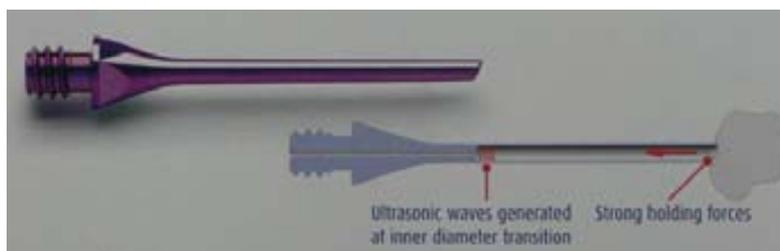


Figura 37: Aguja de 0,7 mm de MST, diámetro interno de 0,57 mm.

Las agujas son especiales para microincisión pues tanto el calibre externo como interno son más reducidos (figuras 34 a 37). Véase las diferencias entre nuestras agujas habituales de Bausch & Lomb. El diámetro externo habitual de la aguja coaxial es de 1,07 mm y se reduce en MICS a 0,9 mm (20G). Esto nos permite minimizar la incisión. Actualmente nuestras agujas son de 0,7 mm en

diámetro externo y de 0,57 de diámetro interno, lo que nos permite efectuar tanto MICS como MICS sub 1 mm. En el caso de la aguja de MST se consiguió al adelgazar la pared metálica según diseño de Athiya Agarwal⁸⁷.

Esta diferencia externa de 0,17 mm (recordemos la ley de Poiseuille y su importancia pues los radios se aumentan a la cuarta potencia) aumenta hasta 0,23 mm en su diámetro interno, pues se reduce la luz de la aguja de 0,9 a 0,67 mm. Esto justificará todas las variaciones de fluídica y el comportamiento del núcleo al efectuar la transición. Es decir, como tenemos un diámetro sensiblemente inferior, para tener la misma capacidad de succión, de fuerza en el vacío, deberemos aumentar las presiones de aspiración, siendo a primera impresión altísimas. Realmente el rendimiento es el mismo y podemos efectuar facoemulsificación sin problemas incluso en las cataratas más duras con agujas estrechas.

3.2.4.2. instrumento de la mano izquierda

Insistimos en que debe introducirse primero pues el error más frecuente que se comete al coordinar la bimanualidad. La idea es conectar la irrigación en el tip que habitualmente utilizamos en la mano izquierda, y de este modo se convierte bien en un chóper, bien en un manipulador pero ambos irrigadores⁵⁸. Existen en el mercado múltiples instrumentos irrigadores (Olson, Alió, Fine, Nagahara, Vergés...) (figuras 38 a 41) para que cada cirujano se sienta cómodo con su práctica habitual y el no avezado no debe obligatoriamente utilizar instrumentos chóper, ya que existen manipuladores de todo tipo. El reto auténtico es combinar pequeños diámetros con grandes flujos de salida⁵⁸.

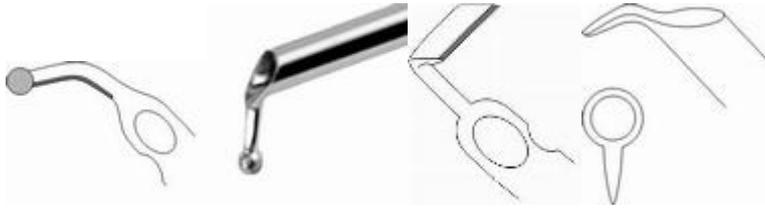


Figura 38: Diferentes tipos de diseños de choppers irrigadores: Janach, Alkmaar, Capuccini, Orduña, Packard.



Figura 39: Gran variedad de diseños disponibles según autores.



Figura 40: Diseños de Vejarano.



Figura 41: Chóper irrigador de Packard en una pieza rígida.

Es importante probar unos cuantos de ellos pues la cirugía puede cambiar según su comportamiento. En el primer parámetro que nos hemos de fijar es en su capacidad de irrigación y se acostumbra a medir en cc/min. Flujos por debajo de 50 cc/min son desaconsejables y los más recomendables son por encima de 70 cc/min. Este concepto es muy importante y cobra más importancia al reducir los calibres (figuras 42 y 43).

El segundo punto es en su diseño como irrigador y se resume fundamentalmente al número de orificios de salida y en su localización. La salida inferior es muy aconsejable en nuestra experiencia, pues separa la cápsula posterior del extremo del manipulador y la protege de su rotura o rasgado. Otros instrumentos disponen de salida inferior y lateral, lateral en forma de dos orificios similares a la irrigación convencional y, por último, otros en disposición de salida única y frontal. Por lo tanto es interesante cierta salida inferior que aleje y proteja la cápsula posterior. Notar también que la salida inferior siempre está alejando el fluido saliente del endotelio, independientemente de las manipulaciones que efectuemos con el chóper. Además añadir que últimamente aparecen en el mercado mangos intercambiables con diferentes tipos de puntas (figuras 44 a 46). Es interesante pues abarata el coste de mantenimiento en relación a las piezas rígidas habituales. En caso de sustitución, la punta es más económica que la pieza entera y nos permite probar nuevos diseños.



Figura 42: Stinger de Alió en su versión de MICS. Agujón manipulador y orificio inferior de gran flujo.



Figura 43: Stinger para 22 G (microMICS) para el sistema Duet de MST.

La rotación sobre el eje permite dirigir el chorro de irrigación. Es un jet orientable que conduce los fragmentos de núcleo hacia la aguja del faco. Esto es de extrema utilidad pues permite utilizar la fluídica bimanual y convertir la cirugía de la catarata en una cirugía inteligente. La manipulación de los fragmentos, del córtex, se puede efectuar sin contacto necesario con ellos. En los irrigadores de salida frontal y opuestas es más difícil, pero también útil. Recordar que el suero fisiológico se aprovecha mejor pues no existe el fenómeno de shortcut que se da en la técnica coaxial y no en la bimanual⁷⁶.

Nosotros usualmente colocamos la aguja del faco más central en relación a la rexis y el irrigador algo retrasado si utilizamos chóper frontal. De este modo la corriente de suero limpia los fragmentos situados por detrás de la aguja y los lleva a su parte anterior. Entonces se aspiran por su extremo con más facilidad y podemos ajustar el tiempo de faco únicamente para su emulsificación.

El tercer aspecto es el diseño del extremo de corte. Al igual que los chópers habituales, existen múltiples diseños de diferentes autores, con láminas de corte horizontales o sagitales, con extremos romos o triangulares, con brazos más largos o simplemente insinuados. Una buena opción es buscar uno similar a nuestra técnica habitual y con función de irrigación. También recordar que la introducción de la hoja del chóper no es tan inmediata e intuitiva como a través

de una incisión más amplia. Simplemente no acostumbra a poder ser introducida, pues la altura de la hoja de corte puede ser mayor que el tamaño de la propia incisión. Por lo tanto es un buen recurso introducir la hoja del chóper plana a través de la incisión, inclinarla inferiormente, activar entonces la irrigación y, aprovechando la presurización de la cámara anterior, acabarlo de introducir, rotándolo, para situarlo en su posición final de trabajo⁸³. Si son manipuladores menos angulados, 30° por ejemplo, se pueden introducir de una maniobra, primero con el bisel inferior y rotándolos posteriormente.

Por último hay que recordar un recurso útil en las primeras cirugías: utilizar como irrigador un diámetro mayor al de la aguja (19G y 20G por ejemplo), esto nos asegurará un mayor flujo en cámara anterior y consecuentemente su estabilidad. De este modo la cirugía será segura y entenderemos las ventajas de la técnica.



Figura 44: Sistema DUET de MST con puntas intercambiables. En la fase de faco se conecta la tubuladura al mango azul y a él se enrosca el chóper o manipulador de nuestro gusto. En la fase de aspiración se conecta la línea de irrigación al mango azul con la punta de irrigación y la línea de aspiración al mango amarillo con su punta específica rugosa.



Figura 45: Punta de Agarwal para el sistema DUET.



Figura 46: Punta de Fine-Nagahara.



Figura 47: prechóper en forma de cimitarra con detalle de su extremo, utilizable en incisiones de 0,7mm.

En resumen la técnica de facofragmentación es similar a la que estamos habituados a utilizar, con instrumentos habituales a nuestro tipo de técnica preferida. Incluso existen prechópers para todo tipo de incisiones MICS (figura 47). La irrigación separada permitirá manejar un flujo de suero que se comportará como un instrumento más ayudándonos en zonas complicadas como las subincisionales. Esto se convierte en una herramienta muy útil y fundamental que tenderá a que no volvamos a querer técnicas habituales de faco coaxial. Por ejemplo los núcleos blandos se pueden luxar a cámara anterior, orientarlos mediante la corriente de irrigación y aspirarlos con la técnica del carrusel a través de una aguja de menor sección que la habitual⁸⁸ utilizando simplemente las ventajas fluídicas de la técnica mics bimanual. Esto nos permite un menor uso de ultrasonidos y por lo tanto una técnica más segura y efectiva. Además podremos intercambiar instrumentos si tenemos una zona de difícil acceso o que se resiste a la faco convencional (figura 48).



Figura 48: Técnica bimanual con Stinger de Alió.

3.2.5. Irrigación y aspiración

En esta fase de la cirugía de la catarata la técnica bimanual sólo proporciona ventajas. Dispondremos de dos terminales específicos que conectaremos a las tubuladoras de irrigación y aspiración sustituyendo así la pieza coaxial convencional (figura 49). Disponen de entradas diferenciadas y universales tipo

macho hembra para que no se puedan confundir las funciones. Esto fue importante cuando utilizábamos un calibre mayor en la infusión que en la aspiración, actualmente y con el uso de calibres pequeños ya no tiene tanta importancia.

Existen también diferentes diseños, pero en esta fase de la cirugía es menos crítico. Podemos encontrar terminales desechables o metálicos reesterilizables (figura 50) y también mangos universales con puntas intercambiables como el sistema Duet de MST (figuras 51 y 52). Fundamentalmente tendremos una pieza de aspiración con un orificio superior y otra de irrigación con uno o dos orificios irrigadores que suelen estar en posición horizontal. Esta pieza es importante que disponga de un flujo excelente pues así se asegura la estabilidad de la cámara anterior.

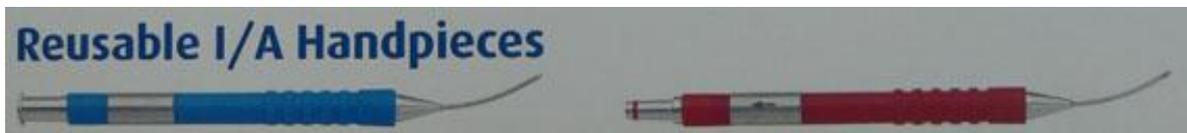


Figura 49: Instrumentos de irrigación y aspiración.

En casi todos los diseños la forma adoptada es la de tipo bala⁸² y la elección se debe efectuar en función al tipo de incisión que utilizemos ajustando el instrumental al máximo. En este tipo de terminales la industria permite instrumentos de hasta 22G. El menor no es el más adecuado sino que lo será el que ajuste más a nuestra incisión (recordar que es útil una tolerancia de 0,3 mm). Dentro de este calibre elegiremos el que nos aporte más fluido.



Figura 50: Instrumentos de irrigación aspiración de Janach.

La separación de funciones permite el intercambio de manos y facilita la eliminación de las masas subincisionales, fragmentos de epinúcleo o núcleo, la retirada de viscoelástico bajo la lente y el pulido de la cápsula posterior con mayor seguridad. Para ello existen terminales de aspiración con puntas rugosas, sean o no de polvo de diamante.

Esta posibilidad de intercambio de manos y el abordaje por dos puntos a toda la cámara anterior casi justifican por sí mismo el cambio de técnica. La estabilidad de la cámara junto con el abordaje seguro de toda la superficie del saco convierten la aspiración de las masas en una tarea con muchos menores riesgos para el cirujano. Recordar que utilizaremos parámetros de vacío mayores a lo habitual pues los calibres son menores, pero como el material a aspirar es menos denso, las diferencias no son tan críticas.



Figura 51: Punta de irrigación MST Duet.



Figura 52: Punta de aspiración rugosa de MST Duet.

En resumen recordar que en la técnica coaxial el instrumento de mano es mucho más pequeño que la incisión principal, hay fugas de fluido y esto favorece la desestabilización de la cámara anterior. Por su diseño el acceso a las masas o restos subincisionales es más complejo siendo su eliminación el momento más crítico para los cirujanos noveles.

Con la técnica MICS bimanual ambos instrumentos están diseñados para adaptarse al calibre de ambas incisiones, luego la estabilidad de la cámara será siempre óptima. Recordar la regla de la mano izquierda que comentamos en la facoemulsificación: el instrumento irrigador debe introducirse primero y retirarse el último. De lo contrario tendríamos un colapso de la cámara con la pieza de aspiración situada intraocular. Por último podemos acceder a los 360° del saco capsular intercambiando ambos instrumentos. De este modo piezas ligeramente curvadas que permitan una buena fluídica pueden acceder a cualquier punto del saco.

Dispondremos de dos instrumentos habitualmente iguales en calibre. Para facilitar la estabilidad de la cámara anterior el instrumento de irrigación suele tener uno o dos orificios de mayor diámetro que el instrumento de aspiración que suele tener uno y de menor diámetro. También es frecuente encontrar diseños con los extremos rugosos para facilitar, mediante roce mecánico, la fragmentación y aspiración de pequeños restos que puedan quedar.

3.2.6. Implante de lentes

La técnica del implante es sensiblemente diferente en la técnica bimanual microincisional. Inicialmente no existían lentes o eran muy pocas las que pudieran ser plegadas para ser introducidas por incisiones de 1,8 mm o menores. Afortunadamente en este momento el abanico de lentes es amplio y podemos elegir entre lentes esféricas, tóricas, bifocales y trifocales. Se trata el tema de lentes en un capítulo aparte de esta monografía.

En la técnica habitual introducimos un cartucho de unos 2,2 ó 1,8 mm de diámetro externo por la incisión corneal (figura 53), lo dirigimos hacia la rexis e implantamos la lente en saco previamente relleno de viscoelástico. Estos cartuchos tienen un diámetro interno de 1,65 mm aproximadamente por lo que no podremos introducirlo en la cámara anterior si no ampliamos la incisión, luego no son válidos para el implante MICS. Por lo tanto variaremos la técnica para implantar la lente (figuras 54 a 56):

El primer paso será ajustar la incisión trapezoidal a una rectangular calibrada mediante un cuchillete de 1,7 ó 1,8 mm, dejando los lados endotelial y epitelial con la misma medida. A continuación posicionaremos el cartucho inyector en el borde de la herida para poder implantar la lente a través del túnel corneal. El bisel se debe colocar hacia abajo de manera que el borde del cartucho levanta ligeramente la incisión. Esta maniobra requiere presión y decisión las primeras ocasiones. Es de gran ayuda estabilizar el ojo con la mano izquierda realizando una maniobra de contrapresión o simplemente sujetándolo. Si la inyección de la lente se efectúa perpendicular a la incisión todas las lentes de MICS entran perfectamente por incisiones no mayores a 1,8 mm. Se puede efectuar con anestesia tópica y el paciente no refiere molestias suplementarias en el momento del implante.



Figura 53: Esquema del implante de LIO coaxial.



Figura 54: Esquema del implante de LIO MICS. El inyector no se introduce en el túnel corneal y la lente discurre a través de él sin traumatismos.



Figura 55: Lente MI60 de Bausch & Lomb para incisiones menores de 1,8 mm.



Figura 56: Implante asistido por el túnel corneal, 1,7 mm, meridiano más curvo a 50° y accesible fácilmente con la mano izquierda.

CAPITULO 4. MATERIAL Y MÉTODO

CAPITULO 4. MATERIAL Y MÉTODO

4.1. INCLUSION DE PACIENTES

Una vez que dispusimos de un procedimiento seguro y eficaz, diseñamos un estudio prospectivo con el que poder comparar las técnicas coaxial y bimanual. Planteamos el seguimiento hospitalario de un año para poder estudiar variables de seguridad y eficacia a largo plazo.

Los pacientes se valoraban dependiendo de la primera visita efectuada en Atención Primaria. Para ser incluidos debían presentar catarata nuclear o corticonuclear grado mayor o igual a 3 según la Lens Opacities Classification System III (LOCS III) y el protocolo preoperatorio completo. Se ordenaban según estricto orden de entrada en lista de espera y firmaban el consentimiento informado de nuestro Hospital.

Se excluyeron pacientes con ambliopía, leucomas o distrofias corneales, glaucoma avanzado que hubiera precisado cirugía ocular, enfermedad macular o retiniana que limitara el pronóstico visual, diabetes mellitus con signos de retinopatía, evidencia de pseudoexfoliación o densidad endotelial inferior a 1000 células/mm². No se excluyeron los pacientes con astigmatismo elevado. La catarata subcapsular posterior también se excluyó pues podría sesgar la cuantificación de la energía liberada de faco.

Randomizamos sesiones quirúrgicas de 5 pacientes entre coaxiales o bimanuales. Inicialmente el material MICS era experimental por lo que el laboratorio (Bausch & Lomb) aportaba instrumental, fungibles y lentes necesarios para la sesión bimanual, retirándolos después. Por lo tanto estas sesiones quirúrgicas debían estar previstas con antelación para que la potencia

de la LIO estuviera disponible en el quirófano. Logísticamente no podíamos randomizar los procedimientos individualizados sino las sesiones por bloques completos de quirófano. La técnica coaxial sí que era estándar en el Hospital y con material disponible en stock. Nuestra consola de faco ya disponía del programa de software adaptado y customizado para efectuar cualquiera de los dos procedimientos.

Por lo tanto los pacientes se incluían según estricto orden de entrada en lista de espera para asegurar la aleatoriedad. Una vez concluido el estudio preoperatorio, los pacientes se asignaban en grupos de 5 correlativos, a la sesión quirúrgica que se había randomizado.

4.2. CONTROLES EFECTUADOS Y PARAMETROS A ESTUDIO

Efectuamos para cada paciente un registro preoperatorio, otro tras acabar la cirugía y siete controles postoperatorios (a las 24 h, 7, 15, 30, 90, 180 y 365 días). Todas las cirugías se registraron en vídeo.

En el estudio preoperatorio efectuamos exploración oftalmológica completa con agudeza visual y refracción subjetiva, biomicroscopia, tonometría de aplanación (AT900®, Haag-Streit, Koeniz, Switzerland) y funduscopia. Se determinó además el grado de dureza de la catarata según la clasificación LOCS III.

La biometría se realizó por personal experto y siempre por inmersión (OcuScan®, Alcon Laboratories Inc, Fort Worth, TX, USA).

También se practicaron tomografía óptica de coherencia (OCT) con el objeto de evaluar futuros engrosamientos maculares subclínicos o edema macular (Spectral Domain Cirrus HD-OCT, Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany), topografía corneal para calcular el astigmatismo vectorial (ATLAS®, Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany) y recuento endotelial para determinar la pérdida endotelial a medio y largo plazo (Specular microscope Noncon ROBO series, Konan Medical Inc, Hyogo, Japan).

Durante la cirugía se cuantificaron y describieron las complicaciones quirúrgicas, parámetros de facoemulsificación como la potencia utilizada, tiempo absoluto de faco y la energía de faco liberada. El objetivo era el estudio de su correlación con el tipo de catarata y la técnica utilizada. También se cuantificó el suero utilizado y el tiempo quirúrgico total.

En los controles postoperatorios de 24h, 7 y 15 días se determinaron las lecturas del autorefractómetro y queratómetro para valorar si los grupos de MICS estabilizaban la refracción final antes del periodo habitual de 30 días de

la técnica coaxial. Sirvió de control la refracción y topografía del día 30 donde se suprimía el tratamiento corticoideo postoperatorio. También se practicó en cada visita de las citadas y en las ulteriores, OCT macular para detectar engrosamientos maculares clínicos o subclínicos.

En el control del día 30 se efectuó refracción subjetiva y topografía corneal para evaluar el astigmatismo vectorial inducido y por substracción. Esto se repitió en los días 90, 180 y 365, para poder comparar los diferentes vectores astigmáticos y la estabilidad de cada caso entre sí.

Además se realizó nuevo recuento endotelial los días 90 y 365 para cuantificar y comparar estadísticamente la pérdida endotelial atribuible a la cirugía (medio plazo, día 90) y su comportamiento a largo plazo en el control anual.

4.3. MUESTRA

La presente tesis consta de 222 ojos intervenidos con seguimiento completo a un año, aunque inicialmente se incluyeron 228 pacientes. La edad media es de $72,9 \pm 7,8$ años. La distribución por sexo fue 104 hombres de $72,4 \pm 8,9$ años y 118 mujeres de $72,6 \pm 8,2$ años. La distribución por lateralidad fue de 117 ojos derechos y 105 ojos izquierdos.

Según la clasificación LOCS III se dividió en 35 cataratas grado 3 con 0,36 de agudeza visual media corregida (AVcc), 137 cataratas grado 4 con 0,29 de media y 50 cataratas grado 5 con 0,19 de media.

No se suspendió ni modificó el tratamiento de base de 25 pacientes con tratamiento antiprostático, 11 anticoagulante (Sintrom®) ni 28 con diferentes antiagregantes.

Las causas de no completar el seguimiento anual previsto fueron: una paciente de Marruecos que regresó a su país repentinamente, otra paciente cambió de Comunidad Autónoma y no acudió a los controles, y tres pacientes fueron éxitos durante el año de control, ambos ojos de uno de ellos formaban parte del estudio.

Se planteó dividir la muestra en los dos grupos a comparar, es decir técnica coaxial y técnica bimanual. Finalmente hemos realizado 6 grupos de pacientes, 3 coaxiales y 3 bimanuales, por las razones que comentamos a continuación.

En el primer grupo de pacientes realicé la técnica coaxial que consideraba estándar y más eficiente en ese momento (inicio de 2008). La incisión era de 3,2 mm siempre en el meridiano más curvo. Concluyeron 31 pacientes de los

33 que se habían incluido (la paciente marroquí y una paciente éxitus). Los parámetros de cirugía se explicitan en el apartado de técnica quirúrgica que consta a continuación. Lo denominaremos grupo 1 Coaxial 3,2 mm.

El segundo grupo lo formaron 32 pacientes de los 33 incluidos (paciente desplazada a otra Comunidad). Practiqué cirugía MICS bimanual con dos incisiones de 1,2 mm. La situada en el meridiano más curvo se amplió a 1,8 mm para implantar la lente. Lo denominaremos grupo 2 Bimanual o MICS 1,8 mm.

En este momento observamos que la fluídica bimanual era muy superior a la coaxial. Los conocimientos adquiridos al efectuar la transición a la técnica MICS hacían que los valores de energía liberada fueran claramente inferiores en el grupo bimanual. Consideramos que podía ser un sesgo por defectos técnicos y no por el procedimiento en sí mismo. En lugar de seguir incluyendo pacientes en ambos grupos según la randomización previa, decidimos crear dos grupos más por cada técnica, una vez conseguida la significación estadística.

Así que incorporamos los programas de software con modulación de ultrasonidos en el grupo coaxial y mejoramos la fluídica. También aprovechamos para reducir la incisión a 2,8 mm pues habían aparecido cuchilletas en el mercado de este calibre. Así pues el tercer grupo lo formaron 32 pacientes con cirugía coaxial e incisión de 2,8 mm, siempre en el meridiano más curvo para un estudio adecuado del astigmatismo vectorial. Este grupo es muy interesante pues incorpora soluciones técnicas de software y fluídica que no se utilizan habitualmente en la facoemulsificación coaxial. Lo denominaremos grupo 3 Coaxial 2,8 mm.

El cuarto grupo lo formaron 33 pacientes de los 34 incluidos (un paciente éxitus). Efectué cirugía bimanual con dos incisiones de 1,2 mm y en ella la incisión se redujo a 1,7 mm para implantar la lente. Insisto en la incisión más potente en el meridiano más potente de la topografía, pues es un concepto básico para el estudio astigmático. Ello implicó aprender a implantar las lentes tanto con la mano derecha como con la izquierda, dependiendo de la localización del meridiano más potente. En este grupo no se modificaron ni los parámetros de facoemulsificación ni de la fluídica. Lo denominaremos grupo 4 Bimanual 1,7 mm.

Con 133 pacientes intervenidos por el mismo cirujano y con seguimiento personalizado a un año, inicialmente dimos por concluida la muestra de esta tesis. No obstante seguí operando pacientes con el mismo protocolo de inclusión y seguimiento, mientras analizaba resultados y redactaba los capítulos. Una seria enfermedad me apartó de los quirófanos y de la actividad profesional durante casi un año. Afortunadamente quedó atrás y, sin la premura curricular que la madurez me permite, decidimos añadir dos grupos más que incluían los procedimientos más novedosos de la literatura del momento. Con estas características la literatura es muy escasa y el trabajo realmente actual e interesante.

Bausch & Lomb comercializó su plataforma Stellaris, prototipo con el que habíamos colaborado en su evaluación. Con ella se podía efectuar facoemulsificación coaxial por 2,4 mm. Esta es la incisión mínima a la que puede llegar la técnica coaxial pues el diámetro interno de las agujas necesarias para esta incisión es similar al diámetro interno de las agujas de MICS. Si se intentara minimizar la incisión de 2,4 mm implicaría una reducción de este diámetro interno y por lo tanto la técnica coaxial sería menos efectiva que la bimanual. Recordar que debe quedar espacio para la irrigación de suero fisiológico y el manguito correspondiente, cosa que no sucede en la técnica

bimanual donde existe un contacto directo entre la aguja de US y la córnea. Corolario de esto la incisión coaxial no puede disminuir de 2,4 mm.

Consideramos que esta tesis no estaría actualizada sin esta variante quirúrgica estudiada y es el motivo por el que formamos el sexto grupo. Concluyeron 39 pacientes de los 41 incluidos (un paciente éxito con ambos ojos en este grupo de estudio). La incisión es de 2,4 mm situada en el meridiano más curvo. Se implantó la lente MI60 de Bausch & Lomb utilizada en los grupos bimanuales para no tener que ampliar la incisión, pues las otras lentes disponibles no pueden ser introducidas por este tamaño. Lo denominaremos grupo 5 Coaxial 2,4 mm.

Finalmente el sexto grupo o tercero de la técnica bimanual los forman 55 pacientes que han concluido el estudio anual. En él las incisiones principales se redujeron de 1,2 mm a 0,7 mm y se amplió una de ellas a 1,7 mm para implantar la lente. He de reconocer que es mi técnica actual y esta tesis argumentará mi decisión. Lo denominaremos grupo 6 Bimanual o microMICS 0,7 mm.

| Grupo | Incluidos | Concluidos | Incidencias |
|----------------------|-----------|------------|---------------------|
| Coaxial 3.2mm | 33 | 31 | 2 no acuden |
| Bimanual 1.2 a 1.8mm | 33 | 32 | 1 éxito |
| Coaxial 2.8mm | 32 | 32 | |
| Bimanual 1.2 a 1.7mm | 34 | 33 | 1 éxito |
| Coaxial 2.4mm | 41 | 39 | 1 éxito (2 ojos) |
| Bimanual 0.7 a 1.7mm | 55 | 55 | |
| Total | | 222 | |

Tabla 4: Número de pacientes incluidos en la presente tesis y cuantificación por grupos.

4.4. TECNICA QUIRÚRGICA COAXIAL

El planteamiento inicial de esta tesis es la cirugía mínimamente invasiva de la catarata. Todos los procedimientos se debían efectuar en régimen ambulatorio y sin la participación periocular del Anestesiólogo, es decir con anestesia tópica.

La pauta preoperatoria de nuestro Servicio (2008 – 2010) constaba de profilaxis antibiótica con ciprofloxacino tópico (Oftacilox®) y profilaxis de la miosis intraquirúrgica con diclofenaco tópico (Diclofenaco Lepori monodosis®) ambos cada 8 h, un día antes de la cirugía. Dos horas antes de la cirugía se efectuaba la midriasis con colirio de tropicamida (Tropicamida®) cada media hora.

El paciente se introducía en quirófano y se desinfectaba la piel durante 3 minutos con povidona iodada al 10% y fórnix conjuntival con povidona iodada diluida al 5%. En este momento se valoraba la dilatación pupilar. Según un trabajo previo sobre la dinámica pupilar durante la facoemulsificación y que ahora está sometido a revisión para su publicación, si las pupilas medían 7 milímetros o más, se procedía a la cirugía con lidocaína intracamerular 1 mg/ml. Si las pupilas eran menores a 6 milímetros se inyectaba una mezcla tamponada de lidocaína y adrenalina intracamerular recién preparada en el quirófano. Entre 6 y 7 mm el doctorando decidía entre una u otra combinación de lidocaína dependiendo del grado de la catarata y si el paciente tenía criterios para desarrollar un síndrome Ifis con floppy iris.

Efectué así las 64 cirugías de los grupos Coaxial 3,2 mm y Coaxial 2,8 mm. Ambos grupos los operé con la consola Millenium de Bausch & Lomb con los parámetros que especifico a continuación.

El grupo Coaxial 2,4 mm lo intervine con la consola Stellaris pues Millenium no permitía esta incisión. La pauta preoperatoria del Servicio había variado en cuanto a la dilatación y no en cuanto a la profilaxis. Desde 2012 la dilatación preoperatoria se efectúa con fenilefrina tópica (Fenilefrina®) y tropicamida (Tropicamida®) una gota de ambas cada media hora desde hora y media antes de la cirugía. Este grupo de 34 pacientes no ha precisado adrenalina y todas las cirugías se han efectuado con lidocaína intracamerular 1 mg/ml.

La técnica de los tres grupos es idéntica. Inicié el procedimiento efectuando una paracentesis de servicio (0,7 mm) en el meridiano más plano. Por ella inyecté el anestésico descrito arriba. A continuación metilcelulosa como viscoelástico dispersivo según la técnica de doble escudo y viscoelástico cohesivo (Biolon®). La incisión principal se efectuó siempre en el meridiano más curvo para el estudio adecuado del astigmatismo vectorial. En el grupo 1 se efectuó con un cuchillete de 3,2 mm, en el grupo 3 con uno de 2,8 mm y en el grupo 5 con uno de 2,4 mm. Esta incisión fue realizada en cornea clara, valvulada y de unos 2 mm de túnel corneal.

La capsulorrexis se efectuó con cistitomo y pinzas convencionales. La hidrodissección con canula larga de 27G e inyección de suero en los cuatro cuadrantes y evidencia de rotación del núcleo.

La facoemulsificación del núcleo se realizó mediante técnica de stop & chop. Tallado de un surco central y fragmentación en dos partes del núcleo. A continuación división en cuartos de cada heminúcleo y su posterior emulsificación. Los parámetros de facoemulsificación se resumen en la tabla 5. Destaca en los grupos Coaxial 2,8 y Coaxial 2,4 la incorporación del software de modulación de ultrasonidos. La potencia de US se redujo según la media del grupo anterior, siendo en el grupo 3,2 del 40%, en el grupo 2,8 del 30% y en el grupo 2,4 del 20%, que es la mitad del porcentaje inicial. Esto quiere decir que el control de la misma por parte del pedal de la consola de faco es más

progresivo y que con menos potencia absoluta se pueden intervenir hasta las cataratas más duras. La energía total liberada (EPT) se estudia en el capítulo 8 donde veremos los resultados de estas modificaciones.

| | Grupo Coaxial 3,2 Millenium | Grupo Coaxial 2,8 Millenium | Grupo Coaxial 2,4 mm Stellaris |
|------------------|--|--|---|
| US máx % | 40 % | 30 % | 20 % |
| On ms | | 6 ms | 6 ms |
| Off ms | | 8 ms | 8 ms |
| Ciclo trabajo | 50% | 43 % | 43 % |
| Vacío mmHg | 90 a 120 mmHg | 90 a 120 mmHg | 90 a 120 mmHg |
| Presión mmHg | 30 mm Hg | 30 mm Hg | 30 mm Hg |
| Altura frasco cm | 45 cm | 45 cm | 45 cm |

Tabla 5: Descripción de los parámetros de facoemulsificación de los tres grupos efectuados con técnica coaxial.

La aspiración de masas se realizó con los parámetros reflejados en la tabla 6. Se puede observar que no hay cambios en la fluídica en los tres grupos.

| | Grupo Coaxial 3,2 Millenium | Grupo Coaxial 2,8 Millenium | Grupo Coaxial 2,4 Stellaris |
|---|--|--|--|
| Vacío mmHg | 550 mmHg | 550 mmHg | 550 mmHg |
| <ul style="list-style-type: none"> • Presión • mmHg | 28 mm Hg | 28 mm Hg | 28 mm Hg |
| Altura frasco cm | 45 cm | 45 cm | 45 cm |

Tabla 6: Descripción de los parámetros de irrigación - aspiración de los tres grupos efectuados con técnica coaxial

El implante de la lente intraocular se efectuó por la incisión previamente realizada. En el grupo 1 y 2 se utilizó la lente AJL modelo Y601075 por ser la de elección en el Servicio al inicio de esta tesis. En el grupo Coaxial 2,4 se quería estudiar la nueva incisión de 2,4 mm pero las lentes disponibles obligaban a ampliarla con lo que este grupo de estudio perdía su interés. Se optó por la lente MI60 de Bausch & Lomb que era la lente estándar disponible para la cirugía bimanual y que permitía el implante sin modificaciones de la incisión coaxial calibrada.

Tras hidrosutura con suero fisiológico y cánula de 30G, se introdujo cefuroxima intracamerular profiláctica (1 mg/ml) o vancomicina (1 mg/ml) en el caso de los pacientes que referían alergia a las penicilinas y se dio por concluida la cirugía.

Se registraron entonces los parámetros siguientes: fecha de la cirugía, lateralidad, color del iris, grado de dureza de la catarata, tamaño de la incisión,

eje de la misma, programa de US utilizado, potencia media de US utilizada, tiempo de US, tiempo absoluto de US, lente y potencia implantada, consumo de suero fisiológico total en la botella, estanqueidad de la herida, profilaxis efectuada y existencia de incidencias o complicaciones quirúrgicas. Todas las cirugías se grabaron en vídeo y en ellos se verificó la localización en grados real de la incisión y el tiempo quirúrgico total desde la realización de la paracentesis hasta la retirada del blefaróstato.

Durante la primera semana del postoperatorio efectuamos tratamiento con dexametasona y tobramicina (Tobradex®) y ciprofloxacino (Oftacilox®) tópicos cada 6 horas. A la segunda semana retiramos la profilaxis antibiótica y redujimos la pauta corticoidea a cada 8 horas. En este momento iniciamos la profilaxis del edema macular quístico (EMQ) con diclofenaco tópico cada 8 h y lo mantuvimos durante las 3 semanas siguientes en que fuimos reduciendo la dexametasona 1 gota por semana.

4.5. TECNICA QUIRURGICA BIMANUAL

Tal como se especifica en el apartado anterior todos los pacientes de los diferentes grupos de técnica bimanual fueron intervenidos en régimen ambulatorio y con anestesia tópica.

Los grupos Bimanual 1,8 mm y Bimanual 1,7 mm los operé con la consola Millenium y con la pauta preoperatoria del Servicio que sólo incluía tropicamida como dilatación. Por ello seleccionamos lidocaína o la combinación tamponada de lidocaína y adrenalina intracamerular según el diámetro pupilar previo a la incisión y tal como se especifica arriba.

El grupo Bimanual 0,7 mm se efectuó con la consola Stellaris y con la nueva pauta de dilatación. Se utilizó en todos los casos lidocaína intracamerular al 1%.

Tras desinfección de la piel con povidona iodada al 10% y fórnix conjuntival con povidona iodada diluida al 5% durante tres minutos, se efectuó la primera incisión de 1,2 mm en el meridiano más plano. A través de ella se introdujo la anestesia intracamerular y la técnica de doble escudo con metilcelulosa (dispersivo) y viscoelástico cohesivo (Biolon®). La segunda incisión de 1,2 mm se efectuó a 90 grados de la primera y estaba situada en el meridiano más curvo de la topografía.

Las incisiones fueron trapezoidales y ajustadas al chóper irrigador de Vergés (Janach) que fue el seleccionado por ser el de mejor fluídica, tal como se indica en el capítulo de cómo efectuar la transición desde la facoemulsificación coaxial a la bimanual. La forma trapezoidal con una sección del túnel corneal mayor en el lado epitelial que en el endotelial, permitió el sellado de la herida

por el instrumento y, a su vez, una excelente movilidad intracamerular como en el símil del remo en una barca. La longitud del túnel corneal fue de unos 1,5 mm. El tamaño de las incisiones de los grupos 1,8 y 1,7 fue de 1,2 mm. En el grupo 0,7 se redujeron a dos paracentesis de servicio, es decir dos incisiones de tan sólo 0,7 mm y con cirugía efectuada con instrumental de MST diseñado por el Dr. Agarwal (microphakonit).

La capsulorrexis se efectuó siempre con pinzas específicas, similares a las de vitrectomía, con un alma de sección circular que se introducía por el túnel corneal y que únicamente se abrían en su extremo. El abordaje de la zona subincisional es más complejo por trabajar en un plano ligeramente anterior. Cuando fue preciso para salvar la integridad de la capsulorexis se utilizó la segunda incisión como vía de abordaje.

Tras vaciado de parte del viscoelástico, la hidrodissección se efectuó con cánula larga de 27G e inyección de suero en los cuatro cuadrantes y evidencia de rotación del núcleo. Fue muy importante el equilibrio entre el suero infundido y el viscoelástico retirado. Un exceso de suero podía provocar una presurización excesiva de la cámara anterior con rotura de la cápsula posterior. Esto fue más delicado en la técnica microMICS (incisiones de 0,7 mm del grupo Bimanual 0,7) por ser las incisiones más pequeñas y estancas.

La facoemulsificación del núcleo se realizó mediante técnica de stop & chop. Tallado de un surco central y fragmentación en dos partes del núcleo. A continuación división en cuartos de cada heminúcleo y su posterior emulsificación. Esta técnica es la misma de las cirugías coaxiales para poder compararlas con propiedad. No obstante, si se precisó, se intercambiaron las manos para un mejor acceso de los fragmentos restantes.

Los parámetros de facoemulsificación se resumen en la tabla 7. Destaca una menor potencia de US máxima en relación a los grupos de coaxial, como mínimo la mitad de la potencia inicial (incluso menos en el grupo microMICS 0,7).

En cambio los vacíos son mayores. Recordar que no estamos aspirando a 450 mmHg sobre la tubuladura convencional, sino que es el valor que le asignamos a la bomba para que efectúe la misma capacidad de aspiración que con la técnica coaxial sobre calibres más pequeños (ley de Pouiseille). Asimismo no tenemos presurizado el ojo a 60 mmHg, lo que provocaría una oclusión de la arteria oftálmica, sino que es el equivalente para compensar el menor diámetro de infusión del chóper irrigador.

Por último la consola Stellaris permite una mayor altura de la botella de suero. Por ello subimos la altura a 140 cm y podemos trabajar con una menor presión intraocular. El motivo es porque las bombas venturi tienen conectada directamente la tubuladura a la pieza de mano irrigadora y es más rápida la acción de la fuerza de la gravedad que la compensación a través de los sensores que activan la bomba de infusión. De este modo es preferible un aumento de la presión intraocular a expensas de la altura de la botella que a través de la bomba de la consola.

| | Grupo Bimanual 1,8 (1,2 a 1,8 mm) Millenium | Grupo Bimanual 1,7 (1,2 a 1,7 mm) Millenium | Grupo Bimanual 0,7 (0,7 a 1,7 mm) Stellaris |
|------------------|--|--|--|
| US máx % | 20 % | 20 % | 14 % |
| On ms | 6 ms | 6 ms | 6 ms |
| Off ms | 8 ms | 8 ms | 8 ms |
| Ciclo trabajo | 43 % | 43 % | 43 % |
| Vacío mmHg | 450 mmHg | 450 mmHg | 450 mmHg |
| Presión mmHg | 60 mm Hg | 60 mm Hg | 50 mm Hg |
| Altura frasco cm | 90 cm | 90 cm | 140 cm |

Tabla 7: Descripción de los parámetros de facoemulsificación de los tres grupos efectuados con técnica bimanual.

La aspiración de masas se realizó de modo bimanual. Los parámetros se ilustran en la tabla 8. El irrigador y aspirador se intercambiaron a la mitad del procedimiento para efectuar un mejor acceso de las zonas subincisionales.

| | Grupo Bimanual 1,8 (1,2 a 1,8 mm) Millenium | Grupo Bimanual 1,7 (1,2 a 1,7 mm) Millenium | Grupo Bimanual 0,7 (0,7 a 1,7 mm) Stellaris |
|---|--|--|--|
| Vacío mmHg | 550 mmHg | 550 mmHg | 550 mmHg |
| <ul style="list-style-type: none"> • Presión • mmHg | 40 mm Hg | 40 mm Hg | 50 mm Hg |
| Altura frasco cm | 80 cm | 80 cm | 140 cm |

Tabla 8: Descripción de los parámetros de irrigación - aspiración de los tres grupos efectuados con técnica bimanual.

El implante de la lente intraocular se efectuó mediante la técnica descrita de asistencia a través de la incisión. En el grupo 1,8 se amplió la incisión situada en el meridiano más curvo a 1,8 mm y en los grupos 1,7 y 0,7 a 1,7 mm. Cabe decir que la utilización de ambas incisiones nos ha permitido acceder a todos los grados de la topografía sin tener que variar nuestra posición en la cabecera del enfermo. Ya no son necesarias las posiciones quirúrgicas temporales o lateralizadas, a menudo incómodas para el cirujano. Eso sí, hemos tenido que implantar las lentes con la mano derecha si está situado el eje más curvado entre 90 y 180° y las hemos implantado con la mano izquierda si está situado entre el meridiano horizontal e inferior a 90°.

Se implantó la lente MI60 de Bausch & Lomb que era la lente estándar disponible para la cirugía bimanual.

Se efectuó hidrosutura con suero fisiológico y cánula de 30G de ambas incisiones. Se introdujo cefuroxima intracamerular profiláctica (1 mg/ml) o vancomicina (1 mg/ml) en el caso de los pacientes que referían alergia a las penicilinas y se dio por concluida la cirugía. Se registraron entonces los mismos parámetros descritos en la técnica coaxial y se analizó el vídeo quirúrgico con el mismo procedimiento.

El tratamiento postoperatorio fue el mismo que en la técnica coaxial. Durante la primera semana efectuamos tratamiento con dexametasona y tobramicina (Tobradex®) y ciprofloxacino (Oftacilox®) tópicos cada 6 horas. A la segunda semana retiramos la profilaxis antibiótica y redujimos la pauta corticoidea a cada 8 horas. En este momento iniciamos la profilaxis del EMQ con diclofenaco tópico cada 8 h y lo mantuvimos durante las 3 semanas siguientes en que fuimos reduciendo la dexametasona 1 gota por semana.

4.6. ANALISIS ESTADISTICO

Se efectuó un test de Kolmogorov-Smirnov a las variables cuantitativas para averiguar si se distribuían con normalidad. En caso de tener una distribución paramétrica se aplicó el test T de Student y si no era paramétrica el test U de Mann-Whitney. En los estudios de más de 3 grupos no se pudo aplicar el test de ANOVA pues todas las variables no estaban distribuidas con normalidad. Para ello se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y, en caso de significación ($p < 0,05$), se aplicó el test U de Mann-Whitney en grupos de dos en dos. Igualmente para buscar la correlación entre variables se aplicó la r de Pearson si la distribución era paramétrica y la Rho de Spearman para la distribución no paramétrica. Se utilizó el software SPSS versión 15.0 sobre una base de datos Access de 23 tablas y 24 consultas y un libro de Excel con 38 hojas de cálculo.

**CAPÍTULO 5. CRITERIO DE SEGURIDAD:
COMPLICACIONES QUIRÚRGICAS**

CAPÍTULO 5. CRITERIO DE SEGURIDAD: COMPLICACIONES QUIRÚRGICAS

Las complicaciones del conjunto de las cirugías han sido escasas como se presupone de este tipo de procedimiento en manos experimentadas. No obstante es de especial interés la descripción comparativa entre ambas técnicas. En general no existe ninguna complicación mayor que haya precisado la suspensión del procedimiento ni en ninguna de las técnicas hemos tenido una rotura capsular que haya impedido el implante de la lente prevista, ni vitreorragia que haya precisado vitrectomía. En suma, los 222 procedimientos se han podido llevar a cabo y se han concluido con resultados satisfactorios.

5.1. COMPLICACIONES DE LA TECNICA COAXIAL

Se recogieron un total de 10 incidencias de las 102 cirugías realizadas con técnica coaxial y se especifican a continuación (tabla 9):

En un paciente (276 del grupo 5, Coaxial 2,4 mm) se rasgó la cápsula posterior al aspirar las masas. No impidió el implante de la lente prevista pese a ser una lente MI60 de 10,76 mm de longitud. Se pudo implantar en saco sin complicaciones. No necesitó vitrectomía pues no hubo evidencia de vitreorragia. Tampoco a largo plazo tuvo consecuencias.

En un caso (5 del grupo 1, Coaxial 3,2 mm) se rasgó la cápsula anterior al implantar la lente. Ello no impidió la correcta implantación de la misma y el resultado al año no ha tenido más incidencias. No existió subluxación posterior ni luxación a vítreo.

En un paciente (277 del grupo 5, Coaxial 2,4 mm) se luxó un háptico de los 4 de la lente MI60 a las 24 h, saliéndose del saco capsular y colocándose sobre el iris. Se recolocó en otro tiempo quirúrgico sin más complicaciones.

En 5 pacientes tuvimos hernia de iris durante la cirugía (15 del grupo 1, Coaxial 3,2 mm y 72, 73, 83 y 115 del grupo 3, Coaxial 2,8 mm). Todos estaban bajo tratamiento antiprostático que no se había suspendido, excepto el paciente 72 que no tenía criterios previos de síndrome Ifis en la historia clínica. Se utilizó lidocaína con adrenalina tamponada excepto en los paciente 72 y 83 en que se utilizó lidocaína por una dilatación excelente previa a la cirugía. Recogimos esta complicación como incidencia, aunque no complicó más el desarrollo de la cirugía, ni el curso postoperatorio ni el resultado final.

En un caso (76 del grupo 3, Coaxial 2,8 mm) precisé un punto de sutura en la incisión pues no me resultó la estanqueidad de la incisión lo suficientemente satisfactoria.

Por último, en un paciente (37 del grupo 1, Coaxial 3,2 mm) no se pudo realizar la incisión anastigmática en el meridiano más curvado tal y como estaba previsto. El ojo era izquierdo, muy hundido en la cavidad orbitaria y con un apéndice nasal muy grande. La incisión prevista a 180° se tuvo que realizar a 120° buscando la seguridad de la cirugía.

| Complicaciones | Grupo | Número |
|--------------------------------------|-------------------------------|----------------|
| Rasgado de la cápsula posterior | 5 Coaxial 2,4 | 1 |
| Rasgado de la cápsula anterior | 1 Coaxial 3,2 | 1 |
| Luxación de 1 háptico | 5 Coaxial 2,4 | 1 |
| Hernia de iris | 1 Coaxial 3,2 y 3 Coaxial 2,8 | 5 (1+4) |
| Precisa punto de sutura | 3 Coaxial 2,8 | 1 |
| Imposibilidad incisión anastigmática | 1 Coaxial 3,2 | 1 |
| TOTAL | | 10 |

Tabla 9: Resumen de las complicaciones de los tres grupos con técnica coaxial.

5.2. COMPLICACIONES DE LA TECNICA BIMANUAL

Se recogieron 12 incidencias en los 120 procedimientos realizados con técnica bimanual y se especifican a continuación (tabla 10):

En dos pacientes se produjo un ojal en la cápsula posterior (101 del grupo 4, Bimanual 1,7 mm y 236 del grupo 6, Bimanual 0,7 mm). En el primer caso el cuchillote de 1,7 mm tocó la cápsula posterior al ampliar la incisión por insuficiente cantidad de viscoelástico. Se formó un pequeño ojal de 2 mm que se autolimitó y se pudo implantar la lente prevista en el saco.

En el segundo caso fue un rotura espontánea al retirar los instrumentos del ojo. A los 3 segundos (registro en vídeo) la cápsula posterior se abrió en su centro sin manipulación alguna. También se autolimitó con 4 mm de diámetro, no hubo vitreorragia y no dificultó el implante endosacular.

En un paciente (55 del grupo 2, Bimanual 1,8 mm) se rasgó la cápsula anterior por problemas con la rotación del núcleo. No impidió el implante y no hubo vitreorragia. No existieron problemas de estabilidad con la lente a largo plazo.

En un caso se desinsertó parcialmente la zónula, entre las 9 y 11 horas (215 del grupo 6, Bimanual 0,7 mm). Se estabilizó la cirugía mediante el implante de un anillo expansor a través de la incisión de 0,7 mm sin ampliación de la misma. Concluyó el procedimiento sin más incidencias.

En un paciente (202 del grupo 6, Bimanual 0,7 mm) tuvimos una hernia de iris en el contexto de floppy iris. Este paciente tomaba doble tratamiento antiprostático que no se suspendió previamente.

En 6 casos (50, 51, 52, 62 y 68 del grupo 2, Bimanual 1,8 mm y el paciente 102 del grupo 4, Bimanual 1,7 mm) las lentes no se pudieron implantar al primer intento por no conseguir la maniobra de contrapresión. Se resolvió la complicación al volver a montar la lente en el inyector e implantarla en un segundo intento. En ningún caso se precisó ampliar la incisión prevista para efectuar el implante.

En un caso (paciente 53 del grupo 2, Bimanual 1,8 mm) la lente se quedó atascada en el transcurso del túnel corneal. No fue preciso extraerla sino que se desplazó interiormente a través del mismo túnel con la ayuda de los instrumentos de irrigación y aspiración. Se pudo implantar correctamente y no tuvimos problemas de rotura con el saco capsular.

| Complicaciones | Grupo | Cantidad |
|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| Ojal en la cápsula posterior | 4 Bimanual 1,7 y 6 Bimanual 0,7 | 2 (1+1) |
| Rasgado de la cápsula anterior | 2 Bimanual 1,8 | 1 |
| Desinserción zonular | 6 Bimanual 0,7 | 1 |
| Hernia de iris | 6 Bimanual 0,7 | 1 |
| Lio implantada al segundo intento | 2 Bimanual 1,8 y 4 Bimanual 1,7 | 6 (1+5) |
| Lente en el túnel corneal | 2 Bimanual 1,8 | 1 |
| TOTAL | | 12 |

Tabla 10: Resumen de las complicaciones de los tres grupos con técnica bimanual.

5.3. COMENTARIOS A LAS COMPLICACIONES

Ambas técnicas hemos visto que son muy seguras una vez efectuadas las curvas de aprendizaje. En cuanto a la integridad del saco capsular es muy infrecuente su rotura y las lentes se han podido implantar endosacularmente en todos los casos. Los rasgados posteriores no han sido roturas capsulares como tales, complejas y con vitreorragia, sino en todos los casos mínimas y autolimitadas. No obstante cuantificadas. Lo mismo puede decirse de los dos rasgados de la cápsula anterior una vez colocada y estabilizada la lente.

La luxación anterior de un háptico en la técnica coaxial debe interpretarse como una incidencia. En el grupo bimanual se han implantado 128 lentes del mismo modelo sin esta complicación y creo que no debe atribuirse a la técnica coaxial, sino a una maniobra en concreto.

Lo mismo puede decirse de la desinserción parcial zonular que precisa un anillo expansor para su control. Son complicaciones genéricas de la cirugía de la catarata sin más trascendencia.

Voy a realizar 3 comentarios sobre la valoración personal de estas 222 cirugías:

5.3.1. Hernia de iris (contexto de síndrome ifis)

El Profesor Alió comenta que el síndrome es altamente improbable en la cirugía bimanual. El hecho de tener los instrumentos ajustados al tamaño de la

incisión, sin fugas de fluido evidentes como en la técnica coaxial, hace que el floppy iris no tenga espacio para herniarse.

En nuestra serie no hemos suspendido en ningún caso los antiprostáticos y tenemos constancia de haber intervenido 25 pacientes de los 222 bajo esta medicación, 15 con técnica coaxial y 11 con bimanual. Hemos tenido complicaciones derivadas del floppy en 5 pacientes operados con técnica coaxial y sólo en 1 con técnica bimanual (y que tomaba doble tratamiento antiprostático). Teniendo en cuenta el pequeño número de casos, traduciría una odds ratio de 4,5 a favor de la técnica bimanual.

Por lo tanto la técnica MICS nos ofrece un recurso añadido para efectuar una cirugía lo más segura posible en los pacientes con riesgo de síndrome ifis.

5.3.2. Incisiones anastigmáticas

En todos los casos de la cirugía bimanual hemos podido realizar la incisión más amplia, con la que hemos implantado la lente, en el meridiano más curvo. El hecho de disponer de dos incisiones le permite al cirujano una mejor maniobrabilidad y una postura quirúrgica más cómoda.

Con la técnica coaxial hemos podido realizar esta incisión en el 99 de los 100 procedimientos. En un solo caso no hemos podido conseguir una incisión a 180° en un ojo izquierdo, muy hundido y con un apéndice nasal muy protruyente. Analizado el caso en cuestión sí que lo hubiéramos podido intervenir con técnica bimanual. En un ojo izquierdo no hay problema para colocar la incisión temporal a 180° y la segunda incisión separada de la nariz. La cirugía hubiera sido cómoda en posición y únicamente hubiera demandado el implante de la lente con la mano izquierda sobre esta incisión temporal a 180°.

Por lo tanto una sola limitación de la técnica coaxial que no hubiéramos tenido con el procedimiento bimanual.

5.3.3. Complicaciones de las incisiones pequeñas

De las 13 incidencias de la técnica bimanual, 8 se debieron a problemas de las lentes con la incisión. En seis casos no pude implantar la lente al primer intento. Las lentes salieron del inyector, no atravesaron el túnel corneal y salieron rechazadas al exterior. Su consecuencia fue únicamente el aumento del tiempo quirúrgico, pues tras ser montadas de nuevo las mismas lentes, atravesaron sin complicaciones el citado túnel al segundo intento.

En un caso de 128 procedimientos, el implante quedó atascado a lo largo del túnel corneal. Se resolvió acabándolo de introducir con ayuda de los instrumentos de irrigación y aspiración, sin rotura del saco capsular. En otro caso la introducción del chóper irrigador por la incisión de 0,7 mm me costó más de 4 intentos, al tener el ojo sin presión activa. No ha vuelto a suceder, pero lo consideré una “falta de normalidad” de la técnica habitual.

5.4. CONCLUSIONES

Ambas técnicas son muy seguras, las complicaciones encontradas son escasas y fácilmente solucionables.

En todos los casos hemos podido realizar la incisión más amplia en el meridiano más curvo con la técnica bimanual. No así con la coaxial. Es más sencilla la cirugía con MICS pues siempre mantenemos la posición quirúrgica habitual en la cabecera del enfermo, a cambio hemos de efectuar el implante con la mano izquierda.

Es interesante contar con la técnica bimanual como recurso accesorio para el síndrome ifis.

| Complicaciones | Coaxial | Bimanual |
|--|---------|----------|
| Rasgado u ojal en la cápsula posterior | 1 | 2 |
| Rasgado en la cápsula anterior | 1 | 1 |
| Luxación de 1 háptico | 1 | |
| Desinserción zonular | | 1 |
| Hernia de iris | 5 | 1 |
| Precisa punto de sutura | 1 | |
| Imposibilidad incisión anastigmática | 1 | |
| Lio implantada al segundo intento | | 6 |
| Lente en el túnel corneal | | 1 |
| TOTAL | 10 | 12 |

Tabla 11: Resumen de las complicaciones quirúrgicas de las técnicas coaxial y bimanual.

**CAPÍTULO 6. CRITERIO DE SEGURIDAD: CUANTIFICACIÓN DE
LA VARIACIÓN DEL GROSOR MACULAR Y ESTUDIO DEL
EDEMA MACULAR CLÍNICO O SUBCLÍNICO**

CAPÍTULO 6. CRITERIO DE SEGURIDAD: CUANTIFICACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL GROSOR MACULAR Y ESTUDIO DEL EDEMA MACULAR CLÍNICO O SUBCLÍNICO

El edema macular quístico (EMQ), o síndrome de Irvine-Gass, es una causa posible de descenso de agudeza visual tras cirugía de la catarata, sea ésta complicada o no. La patogénesis es desconocida, pero en la fisiopatología existe un incremento de la permeabilidad de la red perifoveal, lo que lleva a una inestabilidad vascular intraocular. En la angiografía fluoresceínica (AGF) se observa la característica imagen de pétalos con espacios quísticos intrarretinianos.

Se ha asociado a complicaciones quirúrgicas como la rotura de la cápsula posterior, pérdida de vítreo, prolapso del iris, adherencia del vítreo en la incisión, iris o en el propio implante intraocular, hipotonía puntual o prolongada y a la inflamación mal controlada con excesiva liberación de prostaglandinas⁸⁹. El implante adecuado en cámara posterior no aumenta el riesgo de EMQ. También se ha asociado con factores no quirúrgicos como el tratamiento del glaucoma del ángulo con epinefrina, dipivefrina o con los análogos de las prostaglandinas, a la existencia de membrana macular epirretiniana, diabetes mellitus y episodios anteriores de EMQ⁹⁰.

La incidencia puede ser de hasta un 60% con técnica intracapsular con rotura capsular. Si la cápsula está íntegra oscila entre un 2-10% con técnica intracapsular y entre un 1-2% con técnica extracapsular. El riesgo tras facoemulsificación sin complicaciones todavía es menor, de un 0,1%.

Es relevante distinguir entre EMQ clínico o sintomático y EMQ únicamente descrito en la angiografía. El EMQ clínico se puede diagnosticar tras observar una reducción de la agudeza visual inesperada en el curso de una cirugía sin complicaciones, del orden de 0,6 o hasta 0,25⁹¹, aunque normalmente se sitúa por debajo del 0,5 respecto a la unidad de visión⁹².

Por AGF se pueden observar EMQ en pacientes asintomáticos en ausencia de una reducción visual en la escala de Snellen o con una leve pérdida de la sensibilidad al contraste. Se describe entre un 40-70% de los ojos intervenidos con técnica intracapsular y entre un 1-19% de los operados con técnica extracapsular o facoemulsificación. En general se puede afirmar que el 90% de estos casos subclínicos son asintomáticos.

Actualmente se puede estudiar el engrosamiento macular por OCT. Lobo⁹³ lo estudia por incrementos de ± 2 DS respecto a la determinación preoperatoria y el 41% cumple estos criterios a los 30 días y el 22% a las 30 semanas. Kusbeci⁹⁴ lo amplía a ± 3 DS y diagnostica de EMQ subclínico el 3,2% por AGF y el 5,5% por OCT a los 3 meses.

La máxima incidencia ocurre entre las 6–10 semanas. Se suele resolver espontáneamente en el 95% de los casos no complicados dentro de los siguientes 6 meses, primero la zona más central y después la zona macular más periférica⁹⁵.

Como es una causa potencial de pérdida de visión es muy razonable el uso de profilaxis y parece que ésta se debe realizar con el uso preoperatorio y postoperatorio de inhibidores de la ciclooxigenasa (AINEs)⁹⁶ o de la fosfolipidasa A (corticoides)⁹⁷

Diversos estudios demostraron la eficacia en la prevención de los antiinflamatorios no esteroideos (indometacina, ketorolaco)⁹⁸ y la combinación con corticoides se argumentó como la más efectiva^{99,100}. No obstante, como muchos casos se resuelven espontáneamente, la literatura muestra sus controversias en cuanto al efecto de estas asociaciones con corticoides^{101,102} e incluso con los antiinflamatorios no esteroideos más modernos como el nepafenac^{103,104}.

Desde 2008 la tomografía óptica de coherencia (OCT) se ha convertido en una alternativa no invasiva a la AGF para el estudio de las patologías maculares¹⁰⁵. La resolución de los nuevos tomógrafos es del orden de 4 a 6 μ ⁹⁵ y nos permite una correcta clasificación y medición de los engrosamientos retinianos¹⁰⁶. Los sistemas de software permiten una detección automatizada, pero el ajuste final manual permite minimizar el error de los aparatos, por lo que la prueba la debe efectuar personal cualificado¹⁰⁷. La variación entre pruebas con ojos no operados utilizados de control es de $1,9 \pm 4,8 \mu$ y en los operados $4,9 \pm 5,2 \mu$ ⁹⁵.

La cuantificación del incremento en los pacientes con EMQ clínico oscila entre las 56μ ¹⁰⁸ que cita Khaw, las 94μ de Elsayy¹⁰⁰ y las $202 \mu \pm 113$ de Kim¹⁰⁹. Chan¹¹⁰ utiliza en su porcentaje para calcular el efecto terapéutico un descenso de 150μ . Si no existe edema macular la variación oscila entre $8 \pm 19 \mu$ de Kim¹⁰⁹, $12 \pm 8 \mu$ de Cupo¹¹¹, 14μ de Khaw¹⁰⁸ y las $17 \pm 15 \mu$ de Von Jagow¹¹² a las 6 semanas. No se han encontrado diferencias entre técnica coaxial y bimanual¹¹³.

Se planteó un estudio exhaustivo de la variación del grosor macular y la incidencia de edema macular clínico o subclínico como criterio de seguridad en la evaluación de las técnicas coaxial y bimanual. Para ello y, tal como se

especificó en el apartado de Metodología, se efectuaron determinaciones con tomografía óptica de coherencia en el preoperatorio y en los controles de las 24 h, 7, 15, 30, 90, 180 y 365 días. En todos estos casos el doctorando realizó la determinación y ajustó los calibres proporcionados por el software para minimizar el error del aparato. Esto se realizó en todos los pacientes de los 4 primeros grupos (Coaxial 3,2 mm, Coaxial 2,8 mm, Bimanual 1,8 mm y Bimanual 1,7 mm) lo que supone el seguimiento completo de 129 procedimientos. Tras el resultado estadístico que explicitamos a continuación, decidimos no realizar estas pruebas al resto de los pacientes y dejar la OCT postoperatoria como prueba complementaria si existía una duda diagnóstica a la funduscopya postoperatoria o el paciente no conseguía la agudeza visual esperada.

Todos los pacientes efectuaron profilaxis de la miosis preoperatoria con diclofenaco tópico (Diclofenaco Lepori monodosi[®]) el día anterior a la cirugía, una gota cada 8h. Durante la primera semana del postoperatorio efectuamos tratamiento con dexametasona y tobramicina (Tobradex[®]) y ciprofloxacino (Oftacilox[®]) tópicos cada 6 horas. A la segunda semana retiramos la profilaxis antibiótica y redujimos la pauta corticoidea a cada 8 horas. En este momento iniciamos la profilaxis del EMQ con diclofenaco tópico cada 8 h y lo mantuvimos durante las 3 semanas siguientes en que fuimos reduciendo la dexametasona 1 gota por semana.

Por lo tanto todos los pacientes efectuaron profilaxis del edema macular con diclofenaco tópico, a dosis de 1 gota cada 8h, durante 3 semanas. No iniciamos el tratamiento desde el inicio pues tres colirios son difíciles de comprender por los pacientes ancianos y con esta pauta nos aseguramos el cumplimiento.

6.1. COMENTARIOS A LOS RESULTADOS INDIVIDUALES

En 30 de los 129 procedimientos la lectura de la OCT no fue posible al control de las 24 h. Cabe decir que la mayoría de estos pacientes fueron intervenidos en sesión quirúrgica de tarde, es decir, con cirugías efectuadas entre las 15 30 y las 20 h. Los controles inmediatos del primer día fueron realizados siempre entre las 8 30 y 9 h de la mañana por protocolo de nuestro Hospital. Eso quiere decir que se evaluaron a unas 14 h de media de la cirugía y simplemente la hidratación de la incisión imposibilitaba en la mayoría de los casos la lectura por parte del tomógrafo. Consideramos que este control apenas aportaba información y no lo tuvimos en cuenta para el estudio.

En ningún paciente y en ningún control se detectaron signos clínicos de EMQ. Las agudezas visuales fueron mayoritariamente de la unidad y en los exámenes de fondo de ojo no se apreciaron alteraciones. Tampoco se determinó un incremento del grosor foveal individual de más de 50 μ en relación al registro inicial.

La media del OCT preoperatorio fue de $190 \pm 29 \mu$ y el análisis descriptivo de los 4 grupos está reflejado en la tabla 12. Tras efectuar los test de normalidad que figuran en la tabla 13, se evidencia que el grupo 2 no está distribuido con normalidad por lo que el análisis posterior se realizó mediante el test no paramétrico de Kruskal- Wailis.

| Grupo | | | Estadístico | Error tip. | |
|------------|-----------------------|---|---|-----------------|-----------------|
| Oct | 1 | Media | 206,94 | 2,937 | |
| | | Intervalo de confianza para la media al 95% | Límite inferior | | 200,95 |
| | | | Límite superior | | 212,93 |
| | | Media recortada al 5% | 206,13 | | |
| | | Mediana | 205,00 | | |
| | | Varianza | 276,060 | | |
| | | Desv. típ. | 16,615 | | |
| | | Mínimo | 178 | | |
| | | Máximo | 249 | | |
| | | Rango | 71 | | |
| | Amplitud intercuartil | 25 | | | |
| | 2 | Asimetría | ,698 | ,414 | |
| | | Curtosis | ,372 | ,809 | |
| | | Media | 204,19 | 5,458 | |
| | | | Intervalo de confianza para la media al 95% | | Límite inferior |
| | | Límite superior | 215,32 | | |
| | | Media recortada al 5% | 201,49 | | |
| | | Mediana | 200,00 | | |
| | | Varianza | 953,254 | | |
| Desv. típ. | | 30,875 | | | |
| Mínimo | 154 | | | | |
| Máximo | 304 | | | | |
| Rango | 150 | | | | |
| 3 | Amplitud intercuartil | 28 | | | |
| | Asimetría | 1,682 | ,414 | | |
| | Curtosis | 4,147 | ,809 | | |
| | Media | 172,91 | 4,449 | | |
| | | Intervalo de confianza para la media al 95% | | Límite inferior | 163,83 |
| | Límite superior | 181,98 | | | |
| | Media recortada al 5% | 172,57 | | | |
| | Mediana | 170,00 | | | |
| | Varianza | 633,507 | | | |
| Desv. típ. | 25,170 | | | | |
| Mínimo | 128 | | | | |
| Máximo | 228 | | | | |
| Rango | 100 | | | | |
| 4 | Amplitud intercuartil | 47 | | | |
| | Asimetría | ,220 | ,414 | | |
| | Curtosis | -,804 | ,809 | | |
| | Media | 176,64 | 4,491 | | |
| | | Intervalo de confianza para la media al 95% | | Límite inferior | 167,49 |
| | Límite superior | 185,78 | | | |
| | Media recortada al 5% | 176,40 | | | |
| | Mediana | 176,00 | | | |
| | Varianza | 665,676 | | | |
| Desv. típ. | 25,801 | | | | |
| Mínimo | 130 | | | | |
| Máximo | 239 | | | | |
| Rango | 109 | | | | |
| | Amplitud intercuartil | 38 | | | |
| | Asimetría | ,163 | ,409 | | |
| | Curtosis | -,245 | ,798 | | |

Tabla 12: Análisis descriptivo del grosor macular por grupos a estudio.

| Grupo | Kolmogorov-Smirnov(a) | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------|-----------------------|----|---------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Oct 1 | ,096 | 32 | ,200(*) | ,952 | 32 | ,159 |
| 2 | ,176 | 32 | ,013 | ,853 | 32 | ,000 |
| 3 | ,118 | 32 | ,200(*) | ,966 | 32 | ,386 |
| 4 | ,070 | 33 | ,200(*) | ,978 | 33 | ,718 |

Tabla 13: tests de normalidad para la variable grosor macular preoperatorio

6.2. ESTUDIO A LOS 7 DIAS

Estudiamos la variación en micras entre el grosor macular preoperatorio y el grosor de la determinación efectuada al día 7. Esta diferencia es la que se estudia estadísticamente en los 4 grupos. Los pacientes todavía no habían recibido diclofenaco, sino dexametasona y profilaxis tópica con tobramicina y ciprofloxacino.

El análisis se adjunta en la tabla 14. La media de variación fue de $2 \pm 17 \mu$ y no existió significación entre los 4 grupos ($p = 0,685$). Por lo tanto no hay diferencias entre ambas técnicas quirúrgicas ni entre ellas dependiendo del tamaño de la incisión.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct7 | 129 | 2,06 | 16,598 | -47 | 45 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|---------|-------|-----|----------------|
| difOct7 | 1 | 32 | 67,98 |
| | 2 | 32 | 62,84 |
| | 3 | 32 | 69,69 |
| | 4 | 33 | 59,65 |
| | Total | 129 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | difOct7 |
|---------------|---------|
| Chi-cuadrado | 1,490 |
| gl | 3 |
| Sig. asintót. | ,685 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 14: Análisis de la variación del grosor macular en el día 7, tratamiento sólo con corticoides.

6.3. ESTUDIO A LOS 15 DIAS

Los pacientes iniciaron el tratamiento con diclofenaco y se fue desescalando la dexametasona. Los resultados del análisis se adjuntan en la tabla 15. La media de variación respecto a la OCT preoperatoria fue de $5 \pm 17 \mu$. Tampoco existieron diferencias significativas entre los 4 grupos a estudio ($p = 0,070$).

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct15 | 129 | 4,61 | 16,774 | -46 | 39 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| Grupo | N | Rango promedio |
|------------|-----|----------------|
| difOct15 1 | 32 | 77,86 |
| 2 | 32 | 65,97 |
| 3 | 32 | 63,14 |
| 4 | 33 | 53,39 |
| Total | 129 | |

Estadísticos de contraste^{a, b}

| | difOct15 |
|---------------|----------|
| Chi-cuadrado | 7,073 |
| gl | 3 |
| Sig. asintót. | ,070 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 15 : Análisis de la variación del grosor macular en el día 15.

6.4. ESTUDIO AL DIA 30

Los pacientes concluyeron el tratamiento postoperatorio y se suspendió definitivamente tras este control. Los resultados se adjuntan en la tabla 16. La media de incremento fue de $3 \pm 17 \mu$ y sí que se deduce una diferencia entre grupos por una significación asintótica de 0,026.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct30 | 129 | 3,06 | 16,521 | -39 | 46 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|----------|-------|-----|----------------|
| difOct30 | 1 | 32 | 81,09 |
| | 2 | 32 | 59,52 |
| | 3 | 32 | 65,34 |
| | 4 | 33 | 54,38 |
| | Total | 129 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | difOct30 |
|---------------|----------|
| Chi-cuadrado | 9,294 |
| gl | 3 |
| Sig. asintót. | .026 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 16: Análisis de la variación del grosor macular en el día 30. Existe significación entre grupos.

Por lo tanto se efectuó un test no paramétrico de U Mann-Whitney, con comparaciones entre grupos de dos en dos, para averiguar la diferencia entre ellos. Se adjunta en las tablas 17 a 22.

Existe significación entre los grupos 1, Coaxial 3,2 mm y 2, Bimanual 1,8 mm con una significación asintótica bilateral de $p = 0,019$ y peor comportamiento del grupo coaxial. También existe significación entre el grupo 1, Coaxial 3,2 mm y el grupo 4, Bimanual 1,7 mm, con una significación asintótica de $p = 0,004$. El engrosamiento medio del grupo 1 es de $10 \pm 13 \mu$, el del grupo 2 de $1 \pm 16 \mu$ y el del grupo 4 $-2 \pm 16 \mu$.

Por lo tanto la significación se atribuye al peor comportamiento del grupo 1 (Coaxial 3,2 mm) con los dos de la técnica bimanual, pues entre los grupos 2 y 4 no hay significación entre sí.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct30 | 129 | 3,06 | 16,521 | -39 | 46 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|-------|----|----------------|----------------|
| difOct30 | 1 | 32 | 37,97 | 1215,00 |
| | 2 | 32 | 27,03 | 865,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | difOct30 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 337,000 |
| W de Wilcoxon | 865,000 |
| Z | -2,351 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,019 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 17: Análisis de la variación del grosor macular en el día 30. Significación entre el grupo 1 y 2.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct30 | 129 | 3,06 | 16,521 | -39 | 46 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|-------|----|----------------|----------------|
| difOct30 | 1 | 32 | 36,20 | 1158,50 |
| | 3 | 32 | 28,80 | 921,50 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | difOct30 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 393,500 |
| W de Wilcoxon | 921,500 |
| Z | -1,592 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,111 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 18: Análisis de la variación del grosor macular en el día 30. No significación entre el grupo 1 y 3.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct30 | 129 | 3,06 | 16,521 | -39 | 46 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|-------|----|----------------|----------------|
| difOct30 | 1 | 32 | 39,92 | 1277,50 |
| | 4 | 33 | 26,29 | 867,50 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | difOct30 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 306,500 |
| W de Wilcoxon | 867,500 |
| Z | -2,908 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,004 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 19: Análisis de la variación del grosor macular en el día 30. Significación entre el grupo 1 y 4.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct30 | 129 | 3,06 | 16,521 | -39 | 46 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|-------|----|----------------|----------------|
| difOct30 | 2 | 32 | 31,14 | 996,50 |
| | 3 | 32 | 33,86 | 1083,50 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | difOct30 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 468,500 |
| W de Wilcoxon | 996,500 |
| Z | -,584 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,559 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 20: Análisis de la variación del grosor macular en el día 30. No significación entre el grupo 2 y 3.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct30 | 129 | 3,06 | 16,521 | -39 | 46 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|-------|----|----------------|----------------|
| difOct30 | 2 | 32 | 34,34 | 1099,00 |
| | 4 | 33 | 31,70 | 1046,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | difOct30 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 485,000 |
| W de Wilcoxon | 1046,000 |
| Z | -,565 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,572 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 21: Análisis de la variación del grosor macular en el día 30. No significación entre el grupo 2 y 4.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct30 | 129 | 3,06 | 16,521 | -39 | 46 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|-------|----|----------------|----------------|
| difOct30 | 3 | 32 | 35,69 | 1142,00 |
| | 4 | 33 | 30,39 | 1003,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | difOct30 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 442,000 |
| W de Wilcoxon | 1003,000 |
| Z | -1,129 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,259 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 22: Análisis de la variación del grosor macular en el día 30. No significación entre el grupo 3 y 4.

6.5. ESTUDIO AL DIA 90

Los pacientes llevaban 2 meses sin tratamiento. Los resultados se adjuntan en la tabla 23. La media de incremento fue de $2 \pm 20 \mu$ y sí que se deduce una diferencia entre grupos por una significación asintótica de 0,07.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct90 | 129 | 2,15 | 19,720 | -47 | 47 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|----------|-------|-----|----------------|
| difOct90 | 1 | 32 | 83,56 |
| | 2 | 32 | 63,05 |
| | 3 | 32 | 61,69 |
| | 4 | 33 | 52,11 |
| | Total | 129 | |

Estadísticos de contraste^{a, b}

| | difOct90 |
|---------------|-------------|
| Chi-cuadrado | 12,162 |
| gl | 3 |
| Sig. asintót. | ,007 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 23: Análisis de la variación del grosor macular en el día 90. Existe significación entre los grupos.

Por lo tanto se efectuó un test no paramétrico de U Mann-Whitney, de dos en dos, para averiguar la diferencia entre grupos. Se adjunta en las tablas 24 a 29.

Existe significación entre el grupo 1, Coaxial 3,2 mm, y todos los demás: con el grupo 2 Bimanual 1,8 mm ($p = 0,031$), con el grupo 3 Coaxial 2,8 mm ($p = 0,019$) y con el grupo 4 Bimanual 1,7 mm ($p = 0,001$). El resto de los grupos no tienen significación entre sí.

El engrosamiento medio del grupo 1 es de $12 \pm 15 \mu$, el del grupo 2 de $0 \pm 23 \mu$, el del grupo 3 de 1 ± 19 y el del grupo 4 $-2 \pm 16 \mu$.

Por lo tanto la significación se atribuye al peor comportamiento del grupo 1 (Coaxial 3,2 mm), pues entre los grupos 2, 3 y 4 no hay significación entre sí. Es decir, a la significación encontrada en el día 30 con ambos grupos de la técnica bimanual, se añade el grupo coaxial que dispone de programa de modulación de ultrasonidos.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct90 | 129 | 2,15 | 19,720 | -47 | 47 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|-------|----|----------------|----------------|
| difOct90 | 1 | 32 | 37,53 | 1201,00 |
| | 2 | 32 | 27,47 | 879,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | difOct90 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 351,000 |
| W de Wilcoxon | 879,000 |
| Z | -2,162 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,031 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 24: Análisis de la variación del grosor macular en el día 90. Significación entre el grupo 1 y 2.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct90 | 129 | 2,15 | 19,720 | -47 | 47 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|-------|----|----------------|----------------|
| difOct90 | 1 | 32 | 37,97 | 1215,00 |
| | 3 | 32 | 27,03 | 865,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | difOct90 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 337,000 |
| W de Wilcoxon | 865,000 |
| Z | -2,351 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,019 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 25: Análisis de la variación del grosor macular en el día 90. Significación entre el grupo 1 y 3.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct90 | 129 | 2,15 | 19,720 | -47 | 47 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|-------|----|----------------|----------------|
| difOct90 | 1 | 32 | 41,06 | 1314,00 |
| | 4 | 33 | 25,18 | 831,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | difOct90 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 270,000 |
| W de Wilcoxon | 831,000 |
| Z | -3,387 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 26: Análisis de la variación del grosor macular en el día 90. Significación entre el grupo 1 y 4.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct90 | 129 | 2,15 | 19,720 | -47 | 47 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|-------|----|----------------|----------------|
| difOct90 | 2 | 32 | 33,00 | 1056,00 |
| | 3 | 32 | 32,00 | 1024,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | difOct90 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 496,000 |
| W de Wilcoxon | 1024,000 |
| Z | -,215 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,830 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 27: Análisis de la variación del grosor macular en el día 90. No significación entre el grupo 2 y 3.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct90 | 129 | 2,15 | 19,720 | -47 | 47 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|-------|----|----------------|----------------|
| difOct90 | 2 | 32 | 35,58 | 1138,50 |
| | 4 | 33 | 30,50 | 1006,50 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | difOct90 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 445,500 |
| W de Wilcoxon | 1006,500 |
| Z | -1,083 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,279 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 28: Análisis de la variación del grosor macular en el día 90. No significación entre el grupo 2 y 4.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct90 | 129 | 2,15 | 19,720 | -47 | 47 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|-------|----|----------------|----------------|
| difOct90 | 3 | 32 | 35,66 | 1141,00 |
| | 4 | 33 | 30,42 | 1004,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | difOct90 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 443,000 |
| W de Wilcoxon | 1004,000 |
| Z | -1,116 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,264 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 29: Análisis de la variación del grosor macular en el día 90. No significación entre el grupo 3 y 4.

6.6. ESTUDIO AL DIA 180

Los pacientes llevaban 5 meses sin tratamiento tópico. Los resultados del análisis se adjuntan en la tabla 30. La media de variación respecto a la OCT preoperatoria fue de $-2 \pm 18 \mu$. No existieron diferencias significativas entre los 4 grupos ($p = 0,347$). Por lo tanto se resuelve espontáneamente la significación encontrada en los controles de los días 30 y 90.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|-----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct180 | 129 | -1,86 | 17,833 | -44 | 40 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|-----------|-------|-----|----------------|
| difOct180 | 1 | 32 | 71,92 |
| | 2 | 32 | 69,33 |
| | 3 | 32 | 62,25 |
| | 4 | 33 | 56,76 |
| | Total | 129 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | difOct180 |
|---------------|-----------|
| Chi-cuadrado | 3,306 |
| gl | 3 |
| Sig. asintót. | ,347 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 30: Análisis de la variación del grosor macular en el día 180. No existe significación entre grupos.

6.7. ESTUDIO AL DIA 365

Los pacientes llevaban 11 meses sin tratamiento. Los resultados del análisis se adjuntan en la tabla 31. La media de variación respecto a la OCT preoperatoria fue de $-5 \pm 18 \mu$. No existieron diferencias significativas entre los 4 grupos ($p = 0,543$).

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|-----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| difOct365 | 129 | -5,24 | 17,544 | -41 | 38 |
| Grupo | 129 | 2,51 | 1,126 | 1 | 4 |

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|-----------|-------|-----|----------------|
| difOct365 | 1 | 32 | 62,83 |
| | 2 | 32 | 58,38 |
| | 3 | 32 | 71,20 |
| | 4 | 33 | 67,52 |
| | Total | 129 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | difOct365 |
|---------------|-----------|
| Chi-cuadrado | 2,145 |
| gl | 3 |
| Sig. asintót. | ,543 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 31: Análisis de la variación del grosor macular en el día 365. No existieron diferencias entre los grupos.

6.8. CONCLUSIONES

No hemos tenido ningún caso de EMQ clínico en ninguno de los grupos, por lo tanto se puede afirmar que la cirugía es segura con ambas técnicas quirúrgicas^{100,108,109,110}. Por otro lado tampoco Kurz¹¹³ encontró diferencias en su estudio entre las técnicas coaxial y bimanual.

Si el criterio para definir el EMQ es el de exceder las 3 DS, tampoco hemos tenido ningún EMQ subclínico en ninguno de los grupos.

Si lo redefinimos a sobrepasar las 2 DS existen 6 casos individuales a estudiar.

- a) En el día 30 los pacientes 6 y 43 del grupo 1 Coaxial 3,2 mm exceden las 2 DS (26 μ) en 11 μ y 3 μ respectivamente. Revisados los datos de agudeza visual, estos pacientes en todos los controles han conseguido la unidad de visión.
- b) En el día 90 los pacientes 9, 17 y 43 del grupo 1 Coaxial 3,2 mm sobrepasan las 2 DS en 17 μ , 1 μ y 1 μ respectivamente. El paciente 4 del grupo 2 Bimanual 1,8 mm excede las 2 DS en 1 μ y el paciente 121 del grupo 3 Coaxial 2,8 mm lo hace en 3 μ . Revisados individualmente los datos de agudeza visual todos los pacientes consiguieron la unidad de agudeza visual.

Por lo tanto consideramos que no hemos tenido ningún caso de EMQ subclínico individual, sino engrosamientos particulares sin significación clínica al establecer el punto de corte en 2 DS en lugar de 3 DS. Si la variabilidad entre pruebas está descrita como $4,9 \pm 5,2 \mu$, ésta incluye 4 de los 6 pacientes situados fuera de las 2 DS. Además, y de acuerdo con la literatura, las variaciones encontradas son equivalentes a las descritas en pacientes sin EMQ y que se sitúan entre 8- 17 μ ^{108,109,111,112}. En ningún caso estaba justificada la práctica de AGF.

En cuanto al comportamiento de los grupos a estudio no hay diferencias estadísticamente significativas en los controles efectuados en los días 7 ($p=0,685$), 15 ($p=0,070$), 180 ($p=0,347$) y 365 ($p=0,543$). Véase la tabla 32 que resume muy gráficamente todo este capítulo.

| Día de control | Diferencia μ | Significación | Grupo | Significación |
|----------------|------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|
| Día 7 | 2 ± 17 | 0,685 | | |
| Día 15 | 5 ± 17 | 0,070 | | |
| Día 30 | 3 ± 17 | 0,026 | 1 Coaxial 3,2 y 2 Bimanual 1,8 | 0,019 |
| | | | 1 Coaxial 3,2 y 4 Bimanual 1,7 | 0,004 |
| Día 90 | 2 ± 20 | 0,007 | 1 Coaxial 3,2 y 2 Bimanual 1,8 | 0,031 |
| | | | 1 Coaxial 3,2 y 3 Coaxial 2,8 | 0,019 |
| | | | 1 Coaxial 3,2 y 4 Bimanual 1,7 | 0,001 |
| Día 180 | -2 ± 18 | 0,347 | | |
| Día 365 | -5 ± 18 | 0,543 | | |

Tabla 32: Análisis de la variación del grosor macular en todos los controles del estudio, representación de su significación estadística y detalle de la misma por grupos dos a dos.

En el día 30 sí que hay una significación entre grupos ($p=0,026$) y el análisis individual indica una diferencia entre el grupo 1 Coaxial 3,2 mm y el grupo 2 Bimanual 1,8 mm ($p=0,019$). También entre el grupo 1 Coaxial 3,2 mm y el grupo 4 Bimanual 1,7 mm ($p=0,004$). La diferencia de la variación se ilustra en la tabla 33 donde se observa el peor comportamiento del grupo Coaxial 3,2.

| Grupo | Diferencia μ día 30 | Diferencia μ día 90 |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 Coaxial 3,2 mm | 10 \pm 13 | 12 \pm 15 |
| 2 Bimanual 1,8 mm | 1 \pm 16 | 0 \pm 23 |
| 3 Coaxial 2,8 mm | 4 \pm 19 | 1 \pm 19 |
| 4 Bimanual 1,7 mm | -2 \pm 16 | 4 \pm 19 |

Tabla 33: Cuantificación de la diferencia del grosor macular de los grupos con significación estadística.

En el día 90 también hay una significación entre grupos ($p=0,007$) y el análisis individual indica una diferencia entre el grupo 1 Coaxial 3,2 mm y el resto de los grupos: con el grupo 2 Bimanual 1,8 mm ($p=0,031$), con el grupo 3 Coaxial 2,8 mm ($p=0,019$) y con el grupo 4 Bimanual 1,7 mm ($p=0,001$). En la tabla 33 se cuantifica en micras la diferencia de las OCT.

Aunque estos engrosamientos son mínimos y sin criterios de EMQ subclínico, sí que observamos que hay una significación entre los 30 y 90 días y que ésta se resuelve espontáneamente sin tratamiento tal como indica la literatura.

Esta significación siempre es a expensas del peor resultado del grupo 1 Coaxial 3,2 mm, que recuerdo que es el grupo original, mi mejor técnica quirúrgica al principio de esta tesis, y el único que no dispone de software de modulación de ultrasonidos. En el día 30 la significación es únicamente con los dos grupos de facoemulsificación bimanual.

La medicación postoperatoria se retira en el día 30, por lo que en el control del día 90 todos los pacientes llevan dos meses sin tratamiento y es entonces cuando la significación alcanza a todos los grupos, incluido el grupo 2 Coaxial 2,8 mm. Este grupo sí que dispone del software quirúrgico personalizado de la cirugía bimanual descrito en el capítulo 3 “Cómo efectuar con seguridad la transición desde la foacoemulsificación convencional coaxial a la técnica bimanual microincisional”.

En los siguientes controles se igualan espontáneamente las diferencias.

Como conclusión de este capítulo e insistiendo en que las diferencias son estadísticas y no clínicas, el grupo 1 quirúrgico inicial de facoemulsificación convencional coaxial tiene una situación de mayor tendencia al engrosamiento macular entre los días 30 y 90 del postoperatorio que se resuelve espontáneamente. Este engrosamiento no ocurre en el resto de los grupos a estudio dotados del software modulado.

Es el primer dato de la presente tesis que justifica la investigación en el conocimiento de los programas de modulación de US y su recomendación en el uso de la práctica clínica diaria independientemente de cual sea la técnica quirúrgica empleada, coaxial o bimanual.

**CAPITULO 7. CRITERIO DE SEGURIDAD:
REPERCUSIÓN ENDOTELIAL**

CAPITULO 7. CRITERIO DE SEGURIDAD: REPERCUSIÓN ENDOTELIAL

Nos propusimos comparar las técnicas coaxial y microincisional bimanual y nos planteamos un especial seguimiento de la repercusión endotelial tras la cirugía. Quizás sea el mejor criterio de seguridad para comparar los procedimientos realizados sin complicaciones durante el acto quirúrgico. En realidad mediante la pérdida en la densidad endotelial podemos cuantificar la iatrogenia provocada por nuestra intervención. Hemos de demostrar que las nuevas técnicas han de ser igual de seguras que las, hasta ahora, aceptadas universalmente.

En el momento de diseñar esta tesis se abría ante nosotros un nuevo enfoque de la facoemulsificación. Podíamos estudiar nuevas variables como eran los programas de modulación de ultrasonidos y conceptos como el porcentaje máximo de US utilizado, el tiempo absoluto, parámetros nuevos como el tiempo de faco efectivo (EPT), la cuantificación del suero, el tiempo total de cirugía, el grado de catarata. Todo ello nos ha proporcionado múltiples datos que, sin duda, resultan interesantes y que nos aportado información significativa superior a las hipótesis iniciales.

El endotelio es una monocapa que posee unas 4000 cél/mm² al nacimiento y que desciende progresivamente con la edad, normalmente en adultos encontramos de 1400 a 2500 cél/mm² ¹¹⁴. La transparencia corneal depende de un bajo nivel de hidratación resultado del trabajo endotelial como bomba hidrostática. Cuando se reducen las células la capacidad de mantener esta barrera y su función de bomba se comprometen drásticamente. El resultado es la descompensación endotelial, edema corneal y pérdida de agudeza visual.

Clásicamente se citaba que la densidad endotelial disminuye tras la cirugía de la catarata y depende del procedimiento, del tipo de lente implantada y de las complicaciones intraoperatorias y postoperatorias¹¹⁵. Pero incluso en la cirugía de la catarata no complicada se producen daños mecánicos que llevan a la pérdida endotelial. La vibración de los ultrasonidos, el flujo turbulento de la irrigación, la presencia de burbujas de aire durante la faco, de cuerpos flotantes del núcleo o córtex, la técnica de fractura del núcleo, además de otras causas como la alta potencia de US o la retención de viscoelástico en la cámara anterior y el consecuente aumento de presión intraocular, son mecanismos descritos^{116, 117, 118, 119}. También es conocida la mayor pérdida corneal en pacientes con distrofias corneales, diabéticos, con pseudoexfoliación, con cirugías previas y con trauma ocular. Ya es considerada fundamental una adecuada protección del endotelio durante la cirugía mediante técnicas de doble escudo^{120, 121}.

Cualquier descenso en el tamaño de la incisión comporta beneficios como menor inflamación ocular, menores complicaciones relacionadas con la herida, rehabilitación visual más rápida y menor astigmatismo inducido¹²². Los programas de modulación de ultrasonidos permiten disminuir la energía necesaria para la emulsificación del núcleo¹²³ mediante agujas sin manguito y Kim¹²⁴ demostró una pérdida significativamente mayor de células endoteliales con programas continuos que con programas de modulación de ultrasonidos. No obstante no encontró diferencia estadística entre ambas familias de programas modulados.

Por lo tanto nuestro objetivo a estudio fue cuantificar primero, para analizar después, si estos programas inherentes en el concepto MICS tienen repercusión clínica en cuanto a la densidad endotelial final. También con los diferentes tamaños de incisión. Todo ello no sólo a corto plazo, sino a largo plazo representado por el control anual, una vez que la pérdida por la cirugía se ha producido y ya se ha restablecido la pérdida fisiológica anual.

En 1994 Bourne publica un estudio clásico con recuentos efectuados a 10 años. Encontró una pérdida endotelial mantenida de 2,5%, una tasa mayor de 8 veces superior a los no intervenidos¹²⁵. Cabe matizar que el grupo control son cirugías sin implante de LIO (15 extracapsulares y 2 intracapsulares) y que sólo implantó 7 lentes en cámara posterior (1976 a 1982). La media del grupo control afáquico fue de una pérdida del 2,7% a los 10 años y en los fáquicos 2,5%. Por lo tanto existe una evidencia científica de que la pérdida endotelial fisiológica se ve aumentada con la cirugía de la catarata, incluso en los casos no complicados.

Estudios posteriores con incisiones de 3,5 mm y mayores asociaron la pérdida endotelial al tiempo de ultrasonidos y a su porcentaje de potencia¹¹⁵. El efecto de la facoemulsificación en la pérdida endotelial parecía que no cedía tras la cirugía¹²⁶ pues incluso dos años después se encuentran pérdidas superiores al 0,9% anual fisiológico y que sólo se pueden asociar a la agresión quirúrgica¹²⁷. De ahí el interés en buscar las correlaciones que explicaran este descenso en el recuento.

Los factores de riesgo para el daño endotelial analizados más clásicamente¹²⁸ como la edad, tamaño pupilar, densidad del núcleo, volumen de infusión, tipo de lente implantada, cantidad de energía liberada, quizás no sean los criterios más precisos y más actuales. Por ejemplo el estado del endotelio previo podría modificar la importancia de la variable edad. En 2011 Hayashi¹²⁹ publica un estudio de facoemulsificación en pacientes con bajo recuento (inferiores a 1000 células/mm²), concluye que la pérdida en este grupo es del 5,1% mientras que en su grupo control de pacientes sanos es del 4,2%.

Se publica en el mismo año el estudio de Yamazoe¹³⁰ en que efectúa facoemulsificación cuidadosa en pacientes con células entre 500 y 1000 células/mm². La pérdida media es del 11,5%. Es interesante su cuantificación por estratos para tener una idea de porcentajes de pérdida: si es menor a 600 células/mm² es del 4,4%, entre 600 a 8000 células/mm² es del 13% y entre 800 y 1000

cél/mm² es del 16,2%. La única relación que encuentra significativa es con ojos cortos por debajo de 23 mm. Es un resultado interesante y en nuestro grupo estamos trabajando actualmente en la relación de la profundidad de la cámara anterior y la longitud axial con la pérdida endotelial. Por ejemplo nosotros no hemos encontrado relación en cuanto a la pérdida endotelial en relación a la longitud axial en el implante posterior de lente Artisan® en afaquia, sí en otros factores intraquirúrgicos en los cuales este estudio es menos preciso. Aquí son interesantes las variables de energía y la cuantificación de la fluídica.

En cuanto al volumen de infusión habría que especificar cómo se ha utilizado. No es lo mismo cuantificar el volumen utilizado en el proceso de purgado de las tubuladuras que si éste ha circulado por la cámara anterior. Por ejemplo Hayashi¹²⁸ describe una pérdida estándar a los 3 meses de la cirugía de un 8,3%, pero si utiliza una aspiración lineal que mejora la fluídica y reduce el tiempo de faco, la pérdida disminuye hasta el 5,6%.

Del tipo de lente no haremos comentarios pues de todos son conocidos los avances en este campo y no merecen discusión, así como la localización del implante que no tiene sentido actualmente comparar implantes no situados en saco en una cirugía reglada.

La energía liberada no está claro que sea siempre directamente proporcional a la pérdida endotelial¹³¹ pues no siempre se relaciona con los US utilizados en la cirugía. No obstante hay evidencias de la relación de los US con el endotelio. Está reportado que la pérdida endotelial es mayor en procedimientos combinados de vitrectomía pars plana y facoemulsificación versus vitrectomía y facofragmentación posterior. En estos últimos la energía de los US se libera en la cámara vítrea y el endotelio sufre menos¹³². En los nuevos trabajos de femtoláser la energía de faco liberada (EPT) es menor en el grupo láser y la pérdida endotelial es significativamente más baja¹³³. Podría ser que hubiera algún otro factor corrector o que la relación no fuera estrictamente lineal,

aunque dudamos de que las dos variables no estén relacionadas. Nos propusimos estudiarlo y es el motivo del capítulo 8.

Actualmente nos planteamos cómo calcular esta energía, si utilizando el porcentaje de US o el tiempo efectivo de faco que es un concepto más preciso y puede estar más relacionado con el daño ocasionado⁷¹. Faramarzi en 2011¹³⁴ estudia la liberación de US en relación a la utilización de bisel de la aguja hacia arriba o hacia abajo. La cantidad de energía (EPT) liberada no tiene diferencias significativas, pero la pérdida endotelial del grupo con bisel hacia abajo es de 13,6% y si el bisel lo utiliza hacia arriba es de 5,9%. También se ha descrito que no hay diferencias en cuanto al modo de liberar la energía, ya sea torsional o longitudinal, en la faco biaxial¹³⁵. Por lo tanto importa cuánta energía, cómo la liberamos en relación a la irrigación e incluso la cuantificación de esta misma¹³⁶.

La dureza del núcleo es una variable a considerar. Mathys¹²³ encuentra una relación entre la pérdida endotelial y el color del núcleo, su opalescencia. Lógicamente se deben evitar los contactos endoteliales de los fragmentos, pues la agresión directa es un factor más determinante que la propia energía o la fluídica. Es imprescindible precisar la densidad del cristalino mediante un sistema estandarizado, nosotros utilizamos el LOCS III¹³⁷, pues los núcleos más densos precisarán mayor liberación de US. Actualmente los programas de modulación de ultrasonidos en la cirugía bimanual MICS han bajado la correlación entre la pérdida de células endoteliales y la energía liberada durante la cirugía¹³⁸. Debemos evaluarlos por grado de catarata y a su vez por técnica utilizada.

Sabemos que el trauma quirúrgico reduce la densidad endotelial, aumenta el tamaño celular y varía el patrón morfológico celular. Este trauma es mayor en la zona de la incisión y en ella se produce una mayor pérdida de células¹³⁹. El proceso de reparación incluye agrandamiento de las células residuales, división amitótica del núcleo, migración y el fenómeno de roseta. Las células

endoteliales migran del centro a la periferia y se podría considerar que el proceso se estabiliza alrededor del año. Todo esto lleva a la reducción de la densidad celular, incremento del tamaño celular y disrupción del patrón normal hexagonal. Este análisis de la forma y el patrón celular es más sensible del daño endotelial que el propio recuento¹²⁷, aunque los estudios a este respecto no suelen demostrar muchas diferencias.

Insistimos en que la repercusión endotelial en cuanto al número de células perdidas tras el proceso quirúrgico es un criterio de seguridad del procedimiento. Todos los tipos de cirugía de catarata producen cierta pérdida endotelial, sin embargo con el uso de las técnicas más modernas y el equipamiento actual esta pérdida no es alta¹¹⁸. La pérdida se puede cifrar entre 4 y 18%^{114,140,141}. Los estudios más antiguos oscilan entre un 6,7% y 7,9%¹¹⁵, 8,5%¹⁴², 12,03% (si lo compara con facofractura asciende a 17,66%)¹⁴³, 18%¹¹⁸ y 18,3%¹⁴⁴. Aunque las cifras más modernas se sitúan en la gama media de esta horquilla¹⁴⁵. En casos complicados la pérdida puede exceder al 40%¹⁴⁶. La pérdida fisiológica tras la cirugía, con las técnicas actuales, se podría situar sobre el 0,5 – 0,9% anual^{114,126,127,147}.

Walkow¹⁴⁰ que se muestra preocupado por el astigmatismo inducido y las incisiones realizadas en el meridiano más curvo, describe las pérdidas endoteliales en relación a la media central y localizadas en el cuadrante lateral y superior. Al año la pérdida central es de 8,5%, temporal 11,9% y superior 11,4%. Pese a las diferencias aparentes no hay diferencias en cuanto al abordaje quirúrgico, por lo tanto podemos efectuar de rutina el meridiano más curvo. Incluso comenta que no hay más pérdida en el cuadrante de la incisión que en el situado a 90°, hecho muy interesante en la cirugía bimanual. Los únicos factores de riesgo que en los que encontró correlación fueron la longitud axial corta y la profundidad de cámara anterior. No encuentra correlación con la edad, grosor del cristalino, tiempo quirúrgico, energía de faco liberada y su intensidad. Comenta con precisión que es significativo el tiempo de faco y que

está ligado con la intensidad de faco, pero si se utiliza el concepto de EPT sólo hay correlación en la pérdida lateral de células.

A continuación comentaremos diversos estudios y los resultados de diversos autores. Comparar una variable como la pérdida endotelial no debe efectuarse a la ligera. La facoemulsificación coaxial es un procedimiento con décadas de experiencia, mientras que la cirugía MICS es una técnica ilusionante pero relativamente reciente. Existen múltiples variables en la cirugía bimanual que pueden alterar las comparaciones en los estudios, material, fluídica, programas de modulación de ultrasonidos. Las técnicas de faco coaxial están muy establecidas por lo que las variaciones entre autores son mínimas, no así entre cirujanos de MICS.

7.1. ESTUDIOS PUBLICADOS EN RELACION A LA TECNICA MICS Y EL ENDOTELIO

Tsuneoka en 2002⁶² publica un trabajo orientado hacia la valoración de las quemaduras corneales al retirar el manguito de silicona de las agujas de faco y al estudio del astigmatismo inducido. Estudia 637 procedimientos siendo la primera gran serie publicada. Divide según dureza del núcleo en 89 de grado 1, 394 de grado 2, 121 de grado 3 y 35 de grados 4 y 5. La pérdida endotelial es de: grado 1: $4,6\% \pm 12,8$, en grado 2: $6,9\% \pm 16,5$, en grado 3: $10,8\% \pm 12,4$ y en los grados 4 y 5: $15,6\% \pm 13,7$. La media de todos los procedimientos fue de $7,8\% \pm 14,5$. Los autores consideran que estos niveles de pérdida endotelial son similares a los de la técnica coaxial. Además puntualizan que a mayor dureza del núcleo hay mayor pérdida endotelial. Por lo tanto la técnica se considera segura y efectiva (no hay quemaduras y el astigmatismo inducido es menor).

Alió en 2005¹²² publica un estudio básico en que por primera vez se comparan las técnicas coaxial y bimanual MICS. Nos da las claves en cuanto a material, a su importancia en la selección y a los ajustes de fluídica. Queda constancia del importante descenso de energía liberada en cuanto a ultrasonidos (tiempo efectivo de faco, EPT). También es significativo el descenso de astigmatismo inducido.

Se trata de 100 ojos que distribuye en dos grupos de 50 y asigna a un grupo MICS y a un grupo coaxial. Los grados de catarata no son significativos en ambos grupos y la gradación se efectúa mediante el sistema LOCS III. Utiliza anestesia tópica con lidocaína intracamerular al 1% y protección endotelial con viscoelástico dispersivo y cohesivo. El recuento endotelial se realiza al mes 3.

En el apartado relativo a la repercusión endotelial los resultados son los siguientes: grupo MICS: pérdida del $7,37\% \pm 9,24$ y en el grupo coaxial pérdida del $11,65\% \pm 15,96$. No hay diferencias significativas entre ambos grupos ($p=0,330$).

Como verán hemos introducido diferentes variables interesantes en los estudios comparativos. La anestesia intracamerular frente a procedimientos de anestesia regional o no especificados, la protección endotelial con viscoelástico o con la combinación dispersivo y cohesivo y el grado de dureza de la catarata. Condicionantes importantes en todos los casos.

Kurz en 2006¹⁴⁸ compara 70 ojos, 35 con cada una de las técnicas coaxial y bimanual MICS. En la repercusión endotelial cuantificada a los dos meses de la cirugía observa una pérdida del 14,5% en el grupo bimanual y de un 14,1% en el grupo coaxial. Las diferencias no son estadísticamente significativas. En una lectura pormenorizada del artículo se advierte que el grupo bimanual tiene mejores recuentos iniciales que el coaxial y son significativos. En la discusión posterior se aclara que la pérdida es similar en ambos grupos y que no es significativa ($p=0,408$).

Mencucci en 2006¹²⁷ compara 40 pacientes en un grupo estándar de faco coaxial frente a 40 intervenidos mediante técnica MICS. Efectúa recuentos endoteliales al primer y tercer mes de la cirugía. La pérdida al mes es de 4,65% en el grupo coaxial y de 4,43% en el bimanual. A los 3 meses es de 6,51% y 6,31%. No encuentra variaciones estadísticas entre ambos grupos en ambos controles. Tampoco en el coeficiente de variación (polimeguetismo) ni en la hexagonalidad (pleomorfismo) de las muestras previas a la cirugía, al mes y tres meses.

Cavallini en 2007¹⁴⁹ estudia 100 pacientes randomizados en dos grupos y compara ambas técnicas coaxial y bimanual, el mismo cirujano, con la misma plataforma, y en cataratas LOCS III grado 2 a 4. Estudia diversos parámetros como el tiempo de faco, el porcentaje, total de EPT, astigmatismo inducido... Únicamente refiere diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la duración de la cirugía y al consumo de BSS. En cuanto a la pérdida endotelial que nos ocupa refiere a los 3 meses en el grupo bimanual $11,91\% \pm 15,22$ y en el grupo coaxial $10,07 \pm 11,71$ que no es significativa ($p 0,692$).

Crema en 2007¹⁴⁷ publica un estudio de 30 pacientes con seguimiento a un año de 26 pacientes, en el cual obtiene un resultado diferente. La metodología fue intervenir un ojo con coaxial y otro con bimanual. Refiere que su experiencia con MICS es de 50 procedimientos previos. La pérdida endotelial fue superior en el grupo bimanual y los tiempos efectivos de faco también fueron mayores. Detallando el estudio en cuanto a pérdida endotelial hay que matizar los diferentes aspectos:

- a) En cuanto a número de células endoteliales el grupo coaxial tenía de media 2473,33 cel/mm² al inicio, en el día 90 2353,33 cel/mm² y al año 2304 cel/mm². Estas diferencias son significativas entre estos tiempos.
- b) El grupo bimanual tenía al inicio 2516,67 cel/mm², en el día 90 2400 cel/mm² y al año 2280 cel/mm². Las diferencias son significativas entre estos tiempos también. Pero no lo son entre el inicio, el día 90 y el día 365 entre ambos grupos. Lo cual coincide con el resto de la literatura.
- c) En cuanto a porcentaje de células endoteliales establece pérdida en el día 90 y al año. El grupo coaxial pierde 4,66% ± 6,10 y el bimanual 4,45% ± 5,06 en el control del día 90 y no es significativo. En el control anual el grupo coaxial pierde 6,0% ± 6,72 y el bimanual 8,82% ± 7,39. Y aquí sí que establece una significación $p < 0,01$. Por lo tanto refuerza la necesidad de nuestro estudio del seguimiento hasta el año.

Wilczynsky en 2006¹⁵⁰ compara 20 pacientes con faco coaxial versus 20 pacientes con MICS en un seguimiento a un mes tras la cirugía. La pérdida fue del 7,6% en el grupo coaxial y en el bimanual de 9,5%, siendo no significativa.

El mismo autor en 2009¹⁵¹ compara 51 pacientes con coaxial a través de 1,8 mm y 50 pacientes con bimanual a través de 1,7 mm en un estudio a un mes. La pérdida en el grupo coaxial es de 9,46% y de 9,27% en el grupo bimanual. Las diferencias son significativas en comparación con el estado previo por la acción de la cirugía, pero entre ambas técnicas no hay diferencias en un estudio bien diseñado pero a un mes de seguimiento.

Kahraman en 2007¹⁵² publica 33 pacientes de cirugía bilateral el mismo día. En un ojo efectúa MICS y en el ojo adelfo coaxial por 3,2 mm. Reporta una pérdida endotelial a los 3 meses del grupo bimanual de $6,2\% \pm 5,07$ y en el coaxial $3,1\% \pm 6,24$, siendo la diferencia no significativa ($p = 0,08$). Tampoco encontró diferencias en cuanto al coeficiente de variación y hexagonalidad en ambos grupos, tanto entre ellos preoperatoriamente como a los 3 meses.

Dick en 2012¹⁵³ ya compara biaxial microincisión con coaxial microincisión con la misma plataforma Stellaris. La pérdida endotelial a 2 meses fue significativa, grupo bimanual 1,4%, grupo minicoaxial 7,8%.

Finalmente el metaanálisis de Ji-guo en 2012¹⁵⁴ en que analiza la mayor parte de los estudios citados anteriormente, concluye en el apartado de repercusión endotelial que no ha encontrado diferencias entre los grupos después de la semana 8 ($p = 0,77$).

7.2. NUESTROS RESULTADOS

Densidad endotelial media (cél/mm²)

| ($\bar{X} \pm DS$) | Previo | Día 90 | Día 365 |
|------------------------------|------------|------------|------------|
| Total cirugías (222) | 2238 ± 363 | 1838 ± 417 | 1836 ± 449 |
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (31) | 2332 ± 321 | 1760 ± 435 | 1706 ± 514 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (32) | 2145 ± 260 | 1750 ± 313 | 1712 ± 290 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | 2249 ± 303 | 1813 ± 350 | 1790 ± 354 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (33) | 2256 ± 315 | 1921 ± 388 | 1968 ± 467 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 2293 ± 458 | 1868 ± 529 | 1869 ± 525 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (55) | 2184 ± 410 | 1876 ± 425 | 1904 ± 447 |

Tabla 34: Densidad endotelial media previa a la cirugía, al día 90 y día 365. Descripción del total de las cirugías y de los seis grupos a estudio.

En la tabla 34 presentamos el estudio descriptivo de los recuentos endoteliales efectuados previos a la cirugía, a los 3 meses de la misma y al año de la cirugía. Se describen como media y desviación estándar. La primera fila corresponde al total de todos los 222 procedimientos.

Se advierte una pérdida esperada tras la cirugía en todos los grupos. Después se estabiliza hacia una pérdida fisiológica pero en algunos grupos se detecta un recuento final mayor. Lo detallaremos más adelante pero en algunos grupos detectamos una pequeña mejoría en el recuento.

En la tabla 35 se cuantifica el número de células perdidas y en la tabla 36 se detalla por porcentaje de pérdida. La media de este porcentaje está dentro de las cifras habituales para cataratas duras como son las de grado 4 o mayor. Si se recuerda el trabajo de Tsuneoka⁶², de sus 637 cataratas, tan sólo 35 son de este grado en la escala LOCS III. Esta es la realidad de nuestro sistema público y de la muestra que estudiamos. Incluso von Sonnleithner¹⁵⁵ cita que la pérdida endotelial en cataratas grado 4 es de un 69,1%, eso sí con Aqualaser®.

Número absoluto de células perdidas.

| | Al día 90 | Al día 365 |
|------------------------------|-----------|------------|
| Total cirugías (222) | 401 ± 275 | 403 ± 318 |
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (31) | 572 ± 368 | 625 ± 424 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (32) | 395 ± 293 | 434 ± 265 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | 437 ± 233 | 460 ± 287 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (33) | 335 ± 222 | 287 ± 340 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 425 ± 297 | 424 ± 281 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (55) | 308 ± 181 | 280 ± 222 |

Tabla 35: Cuantificación del número absoluto de células perdidas por grupo.

Porcentaje de pérdida endotelial.

| | Al día 90 | Al día 365 |
|------------------------------|-----------------|-----------------|
| Total cirugías (222) | 18 % ± 11,54 | 18,11 % ± 13,86 |
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (31) | 24,59 % ± 15,15 | 27,23 % ± 17,62 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (32) | 18,14 % ± 12,17 | 19,95 % ± 10,94 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | 19,49 % ± 9,77 | 20,3 % ± 13 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (33) | 15,16 % ± 9,66 | 13,1 % ± 16,07 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 18,93 % ± 12,37 | 18,97 % ± 11,91 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (55) | 14,38 % ± 8,33 | 13,04 % ± 10,03 |

Tabla 36: Porcentaje de la pérdida endotelial.

Algunos grupos presentan cifras cuantitativamente menores, por lo que iniciamos el análisis estadístico para averiguar si esta diferencia tiene significación estadística. La distribución del grupo 5 no cumple los criterios de normalidad (significación $p = 0,036$ en el test de Kolmogorov-Smirnov), por lo tanto se efectuó el test de Kruskal-Wallis no paramétrico para comparar los seis grupos independientes. En los casos con significación no se puede realizar un test ANOVA, más sencillo, sino que se deben analizar los grupos de dos en dos mediante la prueba U de Mann-Whitney.

7.3. ANALISIS DE LA PERDIDA ENDOTELIAL A LOS 3 MESES DE LA CIRUGÍA

La primera aproximación visual la aporta la figura 57, en ella se representa la media del porcentaje de pérdida endotelial por grupo a estudio. La escala se ha mantenido en todos los gráficos para su mejor interpretación.

Todos los grupos del estudio tienen una menor pérdida endotelial que el grupo inicial.

Claramente las medias de pérdida de los grupos pares, en azul (bimanuales), son inferiores a las de los grupos impares, en rojo (coaxiales); lógicamente precisa el análisis estadístico.

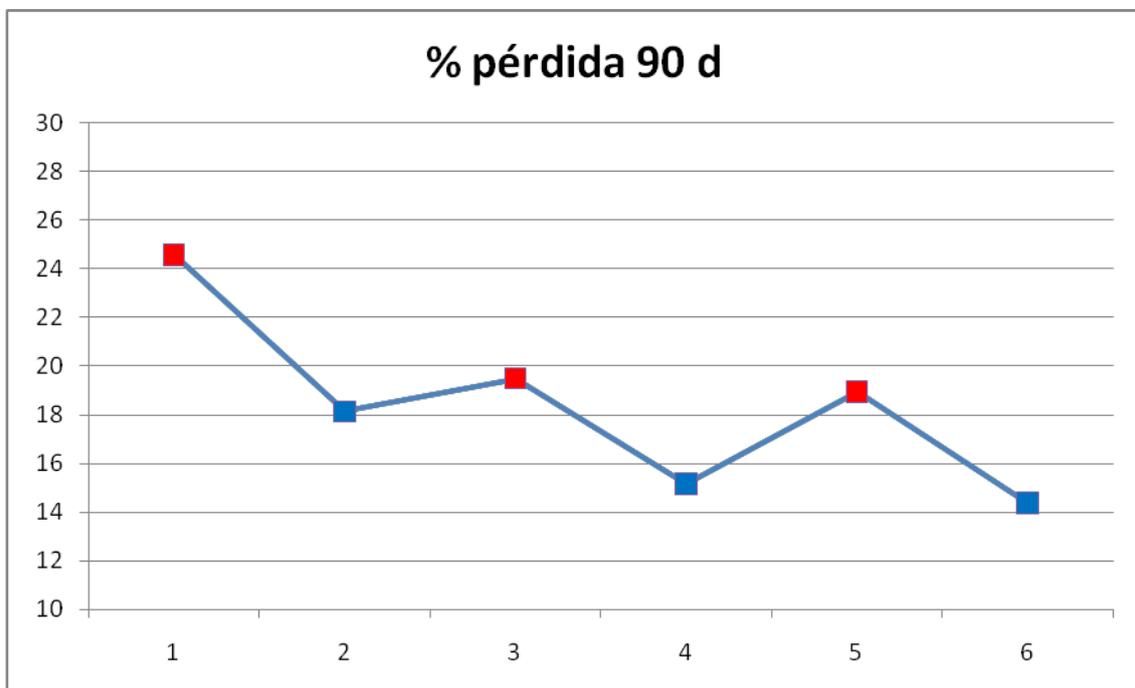


Figura 57: Representación gráfica de la media del porcentaje de pérdida endotelial en el recuento efectuado a los 3 meses de la cirugía. Grupos impares coaxiales y grupos pares bimanuales.

La significación asintótica de la prueba de Kuskal-Wallis es de $p = 0,011$, por lo que se concluye que sí que existen diferencias entre los grupos no atribuibles al azar. Todo el estudio estadístico se incluye al final de este punto y como tablas de la 38 a la 53. El conjunto de los resultados significativos del mismo se reflejan en la tabla 37.

Este dato es muy importante porque estamos analizando un criterio de seguridad de los procedimientos quirúrgicos. La figura 57 muestra una tendencia a una menor pérdida endotelial en los nuevos grupos, es decir, a una menor iatrogenia ocular. Si conseguimos rechazar la hipótesis nula por la cual no existen diferencias entre grupos, o sea que todas son seguras por igual, obtendremos un resultado que bien merece el esfuerzo de esta tesis. Recordar que el objetivo del conjunto de este trabajo es averiguar si hemos de cambiar nuestro procedimiento quirúrgico y éste es uno de los mejores argumentos para ello.

El estudio pormenorizado por grupos ha sido laborioso, pero las conclusiones muy interesantes y gratificadoras. Hemos observado que existe una significación estadística en cuanto al porcentaje de pérdida endotelial a los 3 meses de la cirugía, entre los grupos 1 (Coaxial 3,2) y 4 (Bimanual 1,7) y entre los grupos 1 (Coaxial 3,2) y 6 (Bimanual 0,7). También entre los grupos 3 (Coaxial 2,8) y 4 (Bimanual 1,7) y entre los grupos 3 (Coaxial 2,8) y 6 (Bimanual 0,7). Véanse en la tabla 37, inmediatamente adjunta, la significación y el porcentaje medio de pérdida.

| | Significación | % de pérdida media |
|---------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| 1 Coaxial 3,2 4 Bimanual 1,7 | 0,012 | 24,59 % ± 15,15 15,16 % ± 9,66 |
| 1 Coaxial 3,2 6 Bimanual 0,7 | 0,003 | 24,59 % ± 15,15 14,38 % ± 8,33 |
| 3 Coaxial 2,8 4 Bimanual 1,7 | 0,031 | 19,49 % ± 9,77 15,16 % ± 9,66 |
| 3 Coaxial 2,8 6 Bimanual 0,7 | 0,006 | 19,49 % ± 9,77 14,38 % ± 8,33 |

Tabla 37: Resumen de la significación estadística a los 3 meses de la cirugía.

De estos datos se puede afirmar que no hay diferencias entre los tres grupos coaxiales. Tampoco existen diferencias entre los grupos bimanuales entre sí. Nuestros resultados coinciden con otros trabajos^{122,127,149,156} en que no existen diferencias entre grupos intervenidos con la misma técnica a los 3 meses de la cirugía.

Si comparamos el primer grupo bimanual (grupo 2), no hay diferencias estadísticas con ninguno de los otros grupos sea cual sea la técnica utilizada. Por lo tanto podemos afirmar que es igual de seguro que las técnicas coaxiales.

No obstante, es para nosotros un gran resultado poder demostrar que sí que hay diferencias entre los grupos 4 (Bimanual 1,7) y grupo 6 (Bimanual 0,7) y los grupos coaxiales 1 (3,2 mm) y 3 (2,8 mm). Los dos grupos coaxiales tienen una mayor pérdida endotelial que los grupos bimanuales.

Por lo tanto la evolución buscando una cirugía menos invasiva de la catarata tiene una demostración tangible a los 3 meses. La minimización de la incisión junto con unos programas de US adecuados consiguen una menor pérdida endotelial. Incluso el primer grupo de cirugía bimanual, con una incisión ligeramente mayor y menos estanca, no es peor que los grupos coaxiales. El hecho de utilizar programas de modulación de US no consigue el mismo buen resultado y la optimización se consigue con estos programas además de la microincisión.

La comparación con el grupo 5 (Coaxial 2,4 mm) está próxima al nivel de significación con el grupo 6 (Bimanual 0,7 mm) pues su $p = 0,055$ probablemente indica que, con más número de casos, el resultado podría decantarse. Actualmente estamos trabajando en el diseño de un nuevo chóper para 0,7 mm que mejore la fluídica y, animados por estos datos, creemos con evidencia científica que es el camino a seguir.

En resumen se concluye del estudio a los 3 meses:

1. La comparación entre grupos con técnicas similares, coaxial o bimanual, no aporta diferencias significativas a los 3 meses de la cirugía.
2. La técnica coaxial inicial es la que obtiene peores resultados, aún siendo considerada segura.
3. El grupo de bimanual con incisión más amplia (1,8) es igual de seguro que es resto.

4. Los grupos bimanuales de 1,7 y 0,7 mm pierden menos células que los grupos coaxiales de 3,2 y 2,8 mm. Existe significación estadística. Por lo tanto hay evidencia científica del mejor comportamiento de estos grupos de MICS frente a los otros dos coaxiales.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|--------|-------|-----|----------------|
| %dif90 | 1 | 31 | 139,29 |
| | 2 | 32 | 109,34 |
| | 3 | 32 | 126,69 |
| | 4 | 33 | 95,82 |
| | 5 | 39 | 118,54 |
| | 6 | 55 | 92,67 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | %dif90 |
|---------------|-------------|
| Chi-cuadrado | 14,790 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,011 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 38: **Diferencia significativa** en cuanto a la pérdida endotelial entre grupos al día 90.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 1 | 31 | 36,10 | 1119,00 |
| | 2 | 32 | 28,03 | 897,00 |
| | Total | 63 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 369,000 |
| W de Wilcoxon | 897,000 |
| Z | -1,746 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,081 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 39: Sin diferencia significativa entre los grupos 1 y 2.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|----|----------------|----------------|
| %dif90 1 | 31 | 34,81 | 1079,00 |
| 3 | 32 | 29,28 | 937,00 |
| Total | 63 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 409,000 |
| W de Wilcoxon | 937,000 |
| Z | -1,196 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,232 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 40: Sin diferencia significativa entre los grupos 1 y 3.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 1 | 31 | 38,55 | 1195,00 |
| | 4 | 33 | 26,82 | 885,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 324,000 |
| W de Wilcoxon | 885,000 |
| Z | -2,519 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,012 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 41: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (**Coaxial 3,2**) y 4 (**Bimanual 1,7**).

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|----|----------------|----------------|
| %dif90 1 | 31 | 39,81 | 1234,00 |
| 5 | 39 | 32,08 | 1251,00 |
| Total | 70 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 471,000 |
| W de Wilcoxon | 1251,000 |
| Z | -1,578 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,114 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 42: Sin diferencia significativa entre los grupos 1 y 5.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 1 | 31 | 54,03 | 1675,00 |
| | 6 | 55 | 37,56 | 2066,00 |
| | Total | 86 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 526,000 |
| W de Wilcoxon | 2066,000 |
| Z | -2,937 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,003 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 43: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (**Coaxial 3,2**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 2 | 32 | 29,94 | 958,00 |
| | 3 | 32 | 35,06 | 1122,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 430,000 |
| W de Wilcoxon | 958,000 |
| Z | -1,101 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,271 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 44: Sin diferencia significativa entre los grupos 2 y 3.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 2 | 32 | 34,88 | 1116,00 |
| | 4 | 33 | 31,18 | 1029,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 468,000 |
| W de Wilcoxon | 1029,000 |
| Z | -,787 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,431 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 45: Sin diferencia significativa entre los grupos 2 y 4.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 2 | 32 | 34,69 | 1110,00 |
| | 5 | 39 | 37,08 | 1446,00 |
| | Total | 71 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 582,000 |
| W de Wilcoxon | 1110,000 |
| Z | -,485 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,627 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 46: Sin diferencia significativa entre los grupos 2 y 5.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 2 | 32 | 47,81 | 1530,00 |
| | 6 | 55 | 41,78 | 2298,00 |
| | Total | 87 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 758,000 |
| W de Wilcoxon | 2298,000 |
| Z | -1,074 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,283 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 47: Sin diferencia significativa entre los grupos 2 y 6.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 3 | 32 | 38,13 | 1220,00 |
| | 4 | 33 | 28,03 | 925,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 364,000 |
| W de Wilcoxon | 925,000 |
| Z | -2,152 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,031 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 48: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (**Coaxial 2,8**) y 4 (**Bimanual 1,7**).

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 3 | 32 | 36,41 | 1165,00 |
| | 5 | 39 | 35,67 | 1391,00 |
| | Total | 71 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 611,000 |
| W de Wilcoxon | 1391,000 |
| Z | -,150 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,881 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 49: Sin diferencia significativa entre los grupos 3 y 5.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 3 | 32 | 53,81 | 1722,00 |
| | 6 | 55 | 38,29 | 2106,00 |
| | Total | 87 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 566,000 |
| W de Wilcoxon | 2106,000 |
| Z | -2,764 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,006 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 50: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (**Coaxial 2,8**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 4 | 33 | 32,61 | 1076,00 |
| | 5 | 39 | 39,79 | 1552,00 |
| | Total | 72 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 515,000 |
| W de Wilcoxon | 1076,000 |
| Z | -1,452 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,146 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 51: Sin diferencia significativa entre los grupos 4 y 5.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

► Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 4 | 33 | 1491,00 |
| | 6 | 55 | 2425,00 |
| Total | 88 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 885,000 |
| W de Wilcoxon | 2425,000 |
| Z | -,194 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,846 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 52: Sin diferencia significativa entre los grupos 4 y 6.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|----------|----|----------------|----------------|
| %dif90 5 | 39 | 53,92 | 2103,00 |
| 6 | 55 | 42,95 | 2362,00 |
| Total | 94 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 822,000 |
| W de Wilcoxon | 2362,000 |
| Z | -1,922 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,055 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 53: Sin diferencia significativa entre los grupos 5 (Coaxial 2,4) y 6 (Bimanual 0,7), pero con $p = 0,055$ muy cercana a la significación.

7.4. ANALISIS DE LA PERDIDA ENDOTELIAL AL AÑO DE LA CIRUGÍA

La figura 58 representa la media del porcentaje de pérdida endotelial al año en los 6 grupos a estudio. Se puede considerar como pérdida a largo plazo, pues el estrés quirúrgico repercute directamente en el control efectuado a los 3 meses y después se tiende hacia la pérdida fisiológica anual. Este es un estudio menos frecuente en la literatura pues los controles habituales son sobre los 90 días y no tan lejanos en el tiempo, tampoco son habituales con dos puntos de corte comparativos¹⁴⁷.

Se observa una menor pérdida endotelial en todos los grupos en relación al inicial. Las investigaciones en fluídica y en el control incisional demuestran en general una menor iatrogenia.

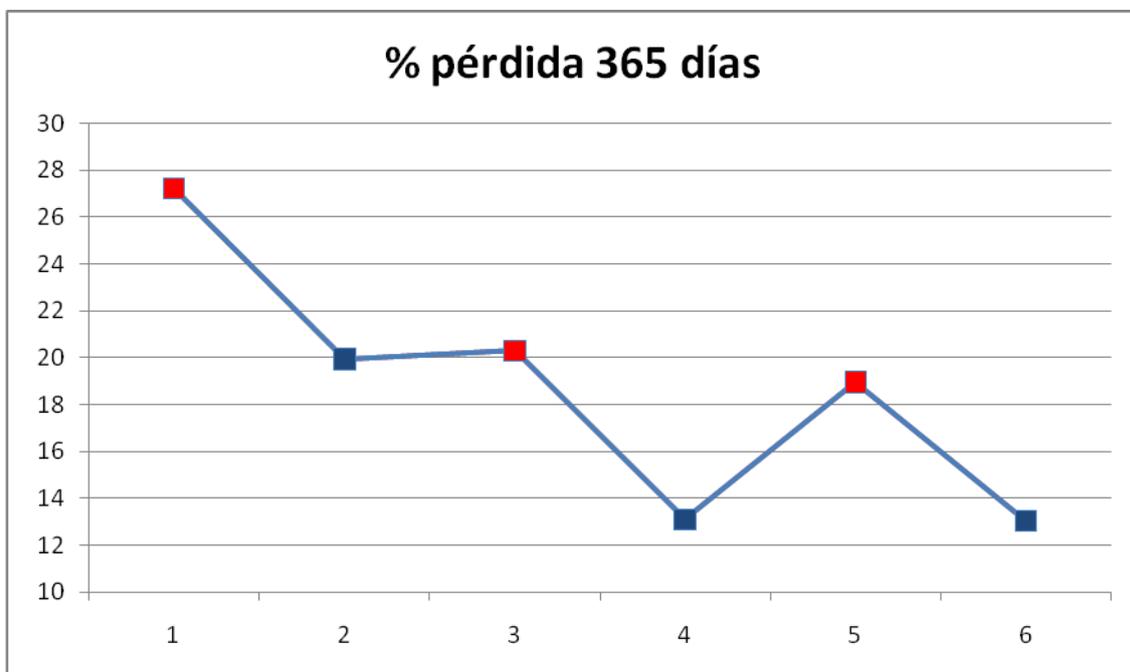


Figura 58: Representación gráfica de la media del porcentaje de pérdida endotelial en el recuento efectuado al año de la cirugía. Grupos impares coaxiales y grupos pares bimanuales.

Se mantiene la tendencia observada en el control del día 90 en que los grupos pares, azules (bimanuales) obtienen unos mejores resultados que los grupos impares, rojos (coaxiales).

Los grupos bimanuales MICS de 1,7 y 0,7 mm son los que menor daño endotelial producen.

Observamos una recuperación ocasional de la densidad endotelial en algunos grupos, sobre todo en los más eficientes, de manera que el endotelio muestra cierta capacidad regeneradora. La densidad endotelial media en este control anual se encuentra descrita en la tabla 34. El número absoluto de células perdidas en la tabla 35 y el porcentaje de pérdida al año de control también explicitado en la tabla 36. Están citadas más arriba en el punto “8.2. Nuestros resultados”. Es especialmente interesante pues los grupos 4 (Bimanual 1,7 mm) y 6 (Bimanual 0,7 mm) mejoran el recuento final en relación al día 90.

En cuanto al análisis estadístico, la significación asintótica de la prueba de Kuskal-Wallis es de $p < 0,0001$, por lo que se concluye que sí que existen diferencias entre los grupos no atribuibles al azar y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula. Siguiendo el modelo del día 90 todo el estudio estadístico se incluye al final de este apartado como tablas 55 a 70.

En el estudio pormenorizado entre grupos hemos encontrado mayores significaciones que en el control al día 90. Los resultados significativos del mismo se reflejan en la tabla 54 para ser más clarificador a la hora de interpretar los resultados y no ser redundantes en el texto.

| | Significación | % de pérdida media |
|----------------------------------|---------------|------------------------------------|
| 1 Coaxial 3,2 4 Bimanual 1,7 | 0,004 | 27,23 % ± 17,62 13,10 % ± 16,07 |
| 1 Coaxial 3,2 6 Bimanual 0,7 | 0,000 | 27,23 % ± 17,62 13,04 % ± 10,03 |
| 2 Bimanual 1,8 6 Bimanual 0,7 | 0,005 | 19,49 % ± 9,77 13,04 % ± 10,03 |
| 3 Coaxial 2,8 4 Bimanual 1,7 | 0,012 | 20,30 % ± 13 13,10 % ± 16,07 |
| 3 Coaxial 2,8 6 Bimanual 0,7 | 0,000 | 20,30 % ± 13 13,04 % ± 10,03 |
| 5 Coaxial 2,4 6 Bimanual 0,7 | 0,012 | 18,97 % ± 11,91 13,04 % ± 10,03 |

Tabla 54: Resumen de la significación al año de la cirugía.

Se observa una tendencia a la recuperación de la pérdida fisiológica anual e incluso una recuperación en el recuento endotelial, respecto al control del día 90, en los grupos 4 (Bimanual 1,7) y 6 (Bimanual 0,7). El grupo 4 presentó una pérdida al día 90 de 15,16 % ± 9,66 cél/mm² y en el día 365 de 13,1 % ± 16,07 cél/mm². El grupo 6 de 14,38 % ± 8,33 cél/mm² y en el día 365 de 13,04 % ± 10,03 cél/mm². En el resto de los grupos se siguió con la tendencia fisiológica esperada.

Se confirma pues la tendencia del día 90 en que no hay diferencias estadísticas entre los grupos coaxiales entre sí. Aunque de ellos el grupo 5 (coaxial 2,4) es el que obtiene un mejor comportamiento y es el que se realiza con una incisión menor.

Entre los grupos bimanuales sí que se observa una diferencia estadística entre el grupo 2 (Bimanual 1,8) y el grupo 6 (Bimanual 0,7). A su vez éste último es el que menor pérdida tiene de todos los grupos, con lo cual es el más seguro. Por lo tanto también se deduce que minimizar la incisión redundará en un mejor resultado endotelial.

El estudio por grupos ha demostrado las diferencias significativas a largo plazo, la tabla 54 es muy interesante. Se confirma el mejor comportamiento entre los grupos 4 (Bimanual 1,7) y 6 (Bimanual 0,7) frente a los grupos 1 (Coaxial 3,2) y 3 (Coaxial 2,8).

El grupo 6 (Bimanual 0,7) muestra diferencias significativas con el 1 (Coaxial 3,2), 3 (Coaxial 2,8) y hasta con el 5 (Coaxial 2,4). Esto supone la demostración de la mayor seguridad de la técnica microMICS sobre las técnicas coaxiales e incluso microcoaxial, la más moderna de ellas.

En el control del día 90 advertimos una $p = 0,055$ entre los grupos 5 y 6. Comentamos que con una mayor serie tal vez obtendríamos resultados y se podría rechazar la hipótesis nula. Pues en el control anual sí que se observa la significación.

Crema¹⁴⁷ sugiere, en su estudio de 30 ojos, la necesidad de estudios a un año pues encuentra una significación con peor resultado para la técnica bimanual. En nuestra tesis con 222 ojos podemos aportar unos resultados diferentes. Ciertamente existe una significación pero en sentido contrario y a favor de las técnicas MICS. También Dick¹⁵³ reportó en línea de nuestros resultados, en relación a microcoaxial y microMICS pero tan sólo a 2 meses. Nosotros lo

demostramos al año y, ciertamente, hay diferencias en relación a las significaciones encontradas a corto o largo plazo. Se obtiene una mayor demostración del comportamiento de las técnicas bimanuales al año, cosa que incluso el metaanálisis de Yu¹⁵⁴ no tiene en cuenta y concluye que no hay diferencias.

En resumen se concluye del estudio anual a largo plazo:

La comparación entre los diferentes grupos con técnica coaxial no aporta diferencias significativas.

Entre los grupos con técnica bimanual existe diferencia entre el grupo de 1,8 mm y el de 0,7 mm, por lo tanto minimizar la incisión aporta mejores resultados con evidencia científica.

Si comparamos entre técnicas, los grupos bimanuales de 1,7 y 0,7 mm pierden menos células que los grupos coaxiales de 3,2 y 2,8 mm, existe significación estadística. A largo plazo también el grupo de 0,7 mm demuestra significación frente al 2,4 mm. Por lo tanto hay evidencia científica del mejor comportamiento de los grupos de MICS frente a todos los coaxiales.

El grupo Bimanual 0,7 mm (microMICS) demuestra significación frente a todos los grupos con técnica coaxial e incluso frente al bimanual de 1,8 mm. Es el grupo más seguro.

Por lo tanto se puede concluir que, a largo plazo, las técnicas bimanuales no son solamente igual de seguras que las técnicas de facoemulsificación coaxial, sino que producen una menor pérdida de celularidad endotelial.

Es razonable pensar que para los casos con recuento endotelial bajo, las técnicas bimanuales son más seguras que las coaxiales.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|---------|-------|-----|----------------|
| %dif365 | 1 | 31 | 142,90 |
| | 2 | 32 | 120,22 |
| | 3 | 32 | 132,94 |
| | 4 | 33 | 91,94 |
| | 5 | 39 | 116,82 |
| | 6 | 55 | 84,22 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | %dif365 |
|---------------|---------|
| Chi-cuadrado | 24,816 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | .000 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 55: **Significación** por grupos en el análisis de la pérdida endotelial al año de la cirugía.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 1 | 31 | 35,84 | 1111,00 |
| | 2 | 32 | 28,28 | 905,00 |
| | Total | 63 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 377,000 |
| W de Wilcoxon | 905,000 |
| Z | -1,636 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,102 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 56: Sin diferencia significativa entre los grupos 1 y 2.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 1 | 31 | 34,61 | 1073,00 |
| | 3 | 32 | 29,47 | 943,00 |
| | Total | 63 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 415,000 |
| W de Wilcoxon | 943,000 |
| Z | -1,114 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,265 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 57: Sin diferencia significativa entre los grupos 1 y 3.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 1 | 31 | 39,39 | 1221,00 |
| | 4 | 33 | 26,03 | 859,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 298,000 |
| W de Wilcoxon | 859,000 |
| Z | -2,868 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,004 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 58: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (Coaxial 3,2) y 4 (Bimanual 1,7).

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 1 | 31 | 40,71 | 1262,00 |
| | 5 | 39 | 31,36 | 1223,00 |
| | Total | 70 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 443,000 |
| W de Wilcoxon | 1223,000 |
| Z | -1,910 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,056 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 59: Sin diferencia significativa entre los grupos 1 y 5.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 1 | 31 | 56,35 | 1747,00 |
| | 6 | 55 | 36,25 | 1994,00 |
| | Total | 86 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 454,000 |
| W de Wilcoxon | 1994,000 |
| Z | -3,584 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 60: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (**Coaxial 3,2**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 2 | 32 | 30,63 | 980,00 |
| | 3 | 32 | 34,38 | 1100,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 452,000 |
| W de Wilcoxon | 980,000 |
| Z | -,806 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,420 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 61: Sin diferencia significativa entre los grupos 2 y 3.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 2 | 32 | 37,06 | 1186,00 |
| | 4 | 33 | 29,06 | 959,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 398,000 |
| W de Wilcoxon | 959,000 |
| Z | -1,706 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,088 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 62: Sin diferencia significativa entre los grupos 2 y 4.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 2 | 32 | 36,25 | 1160,00 |
| | 5 | 39 | 35,79 | 1396,00 |
| | Total | 71 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 616,000 |
| W de Wilcoxon | 1396,000 |
| Z | -,092 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,926 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 63: Sin diferencia significativa entre los grupos 2 y 5.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 2 | 32 | 54,00 | 1728,00 |
| | 6 | 55 | 38,18 | 2100,00 |
| | Total | 87 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 560,000 |
| W de Wilcoxon | 2100,000 |
| Z | -2,817 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,005 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 64: **Diferencia significativa** entre los grupos 2 (**Coaxial 2,8**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|--------|-----|---------|-------------------|--------|--------|
| %dif90 | 222 | 18,0005 | 11,53808 | -9,66 | 61,64 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 3 | 32 | 38,13 | 1220,00 |
| | 4 | 33 | 28,03 | 925,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 364,000 |
| W de Wilcoxon | 925,000 |
| Z | -2,152 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,031 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 65: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (**Coaxial 2,8**) y 4 (**Bimanual 1,7**).

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 3 | 32 | 39,34 | 1259,00 |
| | 5 | 39 | 33,26 | 1297,00 |
| | Total | 71 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 517,000 |
| W de Wilcoxon | 1297,000 |
| Z | -1,237 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,216 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 66: Sin diferencia significativa entre los grupos 3 y 5.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 3 | 32 | 56,78 | 1817,00 |
| | 6 | 55 | 36,56 | 2011,00 |
| | Total | 87 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 471,000 |
| W de Wilcoxon | 2011,000 |
| Z | -3,600 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 67: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (**Coaxial 2,8**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 4 | 33 | 31,79 | 1049,00 |
| | 5 | 39 | 40,49 | 1579,00 |
| | Total | 72 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 488,000 |
| W de Wilcoxon | 1049,000 |
| Z | -1,757 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,079 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 68: Sin diferencia significativa entre los grupos 4 y 5.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 4 | 33 | 45,85 | 1513,00 |
| | 6 | 55 | 43,69 | 2403,00 |
| | Total | 88 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 863,000 |
| W de Wilcoxon | 2403,000 |
| Z | -,384 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,701 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 69: Sin diferencia significativa entre los grupos 4 y 6.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|---------|-----|----------|-------------------|---------|--------|
| %dif365 | 222 | 18,11321 | 13,861191 | -27,959 | 66,292 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|---------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif365 | 5 | 39 | 55,92 | 2181,00 |
| | 6 | 55 | 41,53 | 2284,00 |
| | Total | 94 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif365 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 744,000 |
| W de Wilcoxon | 2284,000 |
| Z | -2,521 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,012 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 70: **Diferencia significativa** entre los grupos 5 (**Coaxial 2,8**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

7.5. ESTUDIO DE LA REPERCUSION ENDOTELIAL EN CATARATAS GRADO 4

Sabemos que la pérdida endotelial es mayor en la cirugía de los cristalinos de más dureza y en nuestra serie todas las cirugías han sido de una densidad considerable. Al obtener los resultados del punto anterior, teníamos interés en fijar una variable como el grado de dureza, para observar si las significaciones variaban. Los trabajos que ya hemos ido citando acostumbran a partir de densidades más blandas que las nuestras y, en bastantes, los procedimientos se agrupan sin tener en cuenta si la catarata es más o menos densa. Esto es irrelevante para datos como la inducción del astigmatismo, pero para la repercusión endotelial puede tener su importancia. Por lo tanto seleccionamos todas las cataratas grado 4 y las analizamos con la misma metodología.

Siguiendo el modelo anterior adjuntamos en la tabla 71 el estudio descriptivo, en la tabla 72 la cuantificación de la pérdida endotelial y en la tabla 73 el porcentaje de pérdida.

El primer comentario ha de ser que analizamos 138 cirugías y todos los grupos no tienen las 30 necesarias para tener significación estadística. Por el mismo motivo hemos renunciado al análisis del grado 5 en LOCS III pues en el grupo Coaxial 2,4 mm no había ninguna cirugía efectuada de este tipo. Por lo tanto buscamos en este apartado ver si hay diferencias de tendencia con la significación estadística demostrada en los puntos anteriores y cuáles serían las diferencias en relación a la muestra total. No obstante, no perdemos de vista que las conclusiones rigurosas son las de los dos apartados anteriores.

| $(\bar{X} \pm DS)$ | Previo | Día 90 | Día 365 |
|------------------------------|------------|------------|------------|
| Total cirugías (138) | 2240 ± 354 | 1845 ± 418 | 1859 ± 463 |
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (18) | 2331 ± 295 | 1748 ± 447 | 1748 ± 568 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (14) | 2126 ± 290 | 1764 ± 339 | 1739 ± 331 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (21) | 2230 ± 266 | 1788 ± 345 | 1753 ± 317 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (19) | 2190 ± 339 | 1908 ± 439 | 1961 ± 545 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (28) | 2345 ± 431 | 1862 ± 509 | 1877 ± 516 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (38) | 2193 ± 380 | 1909 ± 392 | 1951 ± 427 |

Tabla 71: Densidad endotelial media previa a la cirugía, al día 90 y día 365, en cataratas grado 4.

| | Al día 90 | Al día 365 |
|------------------------------|-----------|------------|
| Total cirugías (138) | 395 ± 286 | 381 ± 341 |
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (18) | 583 ± 405 | 583 ± 486 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (14) | 362 ± 251 | 387 ± 246 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | 442 ± 265 | 476 ± 312 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (19) | 282 ± 213 | 229 ± 374 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (28) | 483 ± 315 | 467 ± 310 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (38) | 284 ± 170 | 242 ± 216 |

Tabla 72: Cuantificación del número absoluto de células perdidas por grupo, catarata grado 4.

| | Al día 90 | Al día 365 |
|------------------------------|-----------------|-----------------|
| Total cirugías (138) | 17,73 % ± 11,9 | 17,13 % ± 14,88 |
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (18) | 24,98 % ± 16,45 | 25,41 % ± 20,30 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (14) | 16,98 % ± 11,15 | 18,17 % ± 10,86 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (21) | 19,84 % ± 11,26 | 20,97 % ± 14,24 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (19) | 13,54 % ± 10,07 | 11,32 % ± 18,55 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (28) | 20,93 % ± 12,68 | 20,37 % ± 12,80 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (38) | 13,15 % ± 7,41 | 11,22 % ± 9,43 |

Tabla 73: Porcentaje de la pérdida endotelial en catarata grado 4.

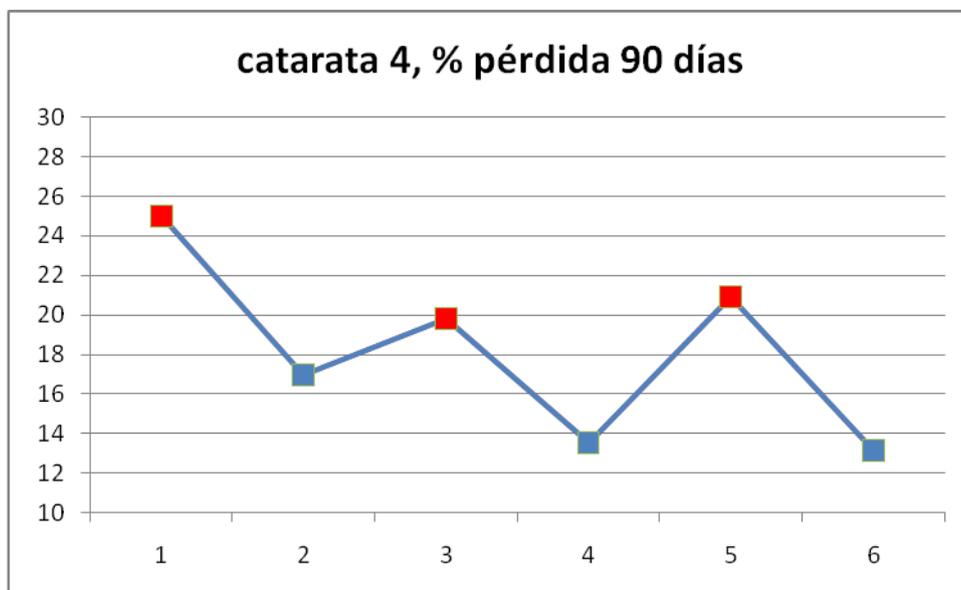


Figura 59: Media del porcentaje de pérdida endotelial en el recuento efectuado a los 3 meses de la cirugía, en catarata grado 4.

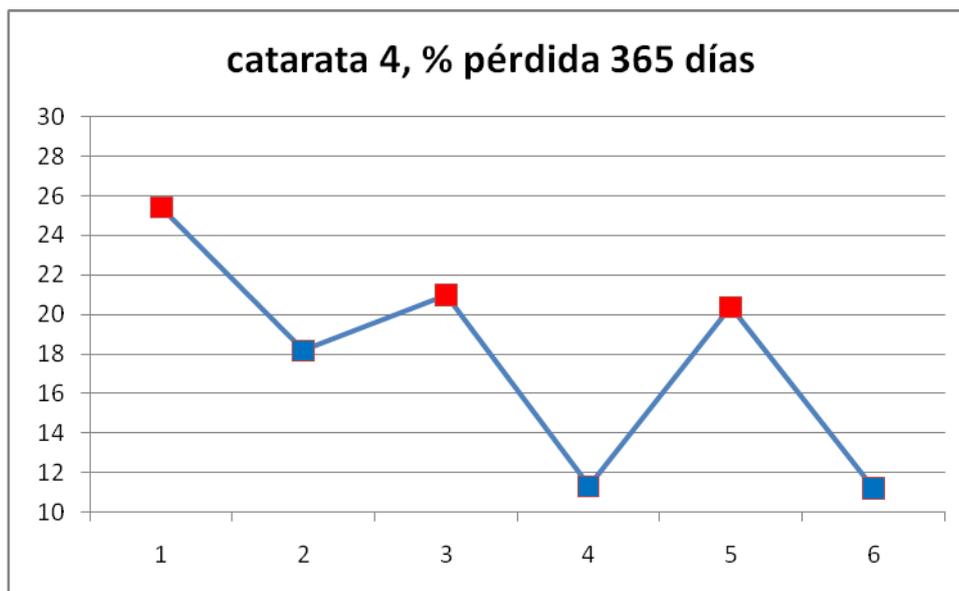


Figura 60: Media del porcentaje de pérdida endotelial en el recuento efectuado al año de la cirugía, catarata grado 4.

De la observación de las figuras 59 y 60 se deduce el mismo comportamiento que en el estudio general. Los grupos bimanuales tienen una menor pérdida endotelial que los coaxiales e incluso a largo plazo los bimanuales de 1,7 y 0,7 mm se comportan mucho mejor.

Es interesante observar, e insisto a largo plazo, que estos grupos de MICS tienen una muy baja pérdida endotelial pese a ser cataratas grado 4. Se infiere de ello el buen comportamiento que tendrán en procedimientos de menor dureza e incluso en cirugías de cristalino casi transparente.

El análisis estadístico se adjunta a continuación como tablas 74 a 80. En el control a los 3 meses de la cirugía se observan las mismas significaciones entre grupos que en el grupo general. Además aparece una nueva significación entre los grupos 4 (Bimanual 1,7, n=19) y 5 (Coaxial 2,4, n=28), siendo mejor el grupo bimanual. Y también entre el 5 (Coaxial 2,4, n=28) y el 6 (Bimanual 0,7, n=38), que ya se encontró en la serie general en el control a largo plazo.

Es interesante esta nueva significación pues estamos comparando los dos grupos más eficientes de la técnica bimanual con la técnica coaxial más moderna. Quizás es la aportación de este apartado más interesante, pues en ambos casos la técnica bimanual tiene menor pérdida que la coaxial.

No obstante este punto precisaría una mayor serie y sí que ha quedado demostrado en el apartado anterior en el control a 365 días con una significación adecuada y fuera de toda duda.

En el análisis a los 365 días de las cataratas grado 4, la tendencia es similar. Nos desaparece la significación entre los grupos 1 y 4, que se ha demostrado su existencia en todos los controles de los apartados anteriores. Si revisamos el gráfico 60 veremos que son dos puntos muy alejados y sólo es justificable por tener pocos casos (18 y 19 en cada grupo), por lo que le restamos trascendencia.

Para nosotros estas significaciones son similares a las del grupo general pues los patrones son idénticos y las conclusiones a las que llegamos con el total de las cirugías son las mismas. Demuestra que la presente tesis cuenta con una muestra muy homogénea, al partir de unos criterios de selección de cataratas duras que permiten la correcta cuantificación de factores como la liberación de US y la fluídica, en su impacto endotelial. Por lo tanto adjuntaremos las conclusiones de este capítulo de seguridad endotelial y pasaremos al estudio para averiguar porqué y con qué variables podemos correlacionar el mejor comportamiento de los grupos MICS bimanuales.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|--------|-------|-----|----------------|
| %dif90 | 1 | 18 | 86,50 |
| | 2 | 14 | 65,14 |
| | 3 | 21 | 79,29 |
| | 4 | 19 | 54,89 |
| | 5 | 28 | 82,04 |
| | 6 | 38 | 55,71 |
| | Total | 138 | |

Estadísticos de contraste^{a, b}

| | %dif90 |
|---------------|--------|
| Chi-cuadrado | 14,487 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,013 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 74: **Significación por grupos** en el análisis de la pérdida endotelial a los 3 meses de la cirugía y en cataratas grado 4.

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 1 | 18 | 22,72 | 409,00 |
| | 4 | 19 | 15,47 | 294,00 |
| | Total | 37 | | |

Estadísticos de contraste^b

| | %dif90 |
|-----------------------------------|-------------------------|
| U de Mann-Whitney | 104,000 |
| W de Wilcoxon | 294,000 |
| Z | -2,036 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,042 |
| Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)] | ,042^a |

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 75: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (Coaxial 3,2) y 4 (Bimanual 1,7).

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 1 | 18 | 36,06 | 649,00 |
| | 6 | 38 | 24,92 | 947,00 |
| | Total | 56 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 206,000 |
| W de Wilcoxon | 947,000 |
| Z | -2,386 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,017 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 76: **Diferencia significativa** entre los grupos 5 (Coaxial 3,2) y 6 (Bimanual 0,7).

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 3 | 21 | 24,24 | 509,00 |
| | 4 | 19 | 16,37 | 311,00 |
| | Total | 40 | | |

Estadísticos de contraste^b

| | %dif90 |
|-----------------------------------|-------------------------|
| U de Mann-Whitney | 121,000 |
| W de Wilcoxon | 311,000 |
| Z | -2,126 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,033 |
| Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)] | ,034^a |

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 77: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (**Coaxial 2,8**) y 4 (**Bimanual 1,7**).

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 3 | 21 | 37,33 | 784,00 |
| | 6 | 38 | 25,95 | 986,00 |
| | Total | 59 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 245,000 |
| W de Wilcoxon | 986,000 |
| Z | -2,438 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,015 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 78: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (**Coaxial 2,8**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 4 | 19 | 18,26 | 347,00 |
| | 5 | 28 | 27,89 | 781,00 |
| | Total | 47 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 157,000 |
| W de Wilcoxon | 347,000 |
| Z | -2,363 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,018 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 79: **Diferencia significativa** entre los grupos 4 (**Bimanual 1,7**) y 5 (**Coaxial 2,4**).

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| %dif90 | 5 | 28 | 41,32 | 1157,00 |
| | 6 | 38 | 27,74 | 1054,00 |
| | Total | 66 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | %dif90 |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 313,000 |
| W de Wilcoxon | 1054,000 |
| Z | -2,841 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,004 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 80: **Diferencia significativa** entre los grupos 5 (**Coaxial 2,4**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

7.6. CONCLUSIONES

Una técnica nueva debe demostrar sus ventajas y convencer a la comunidad científica de sus bondades con estadística. Para nosotros, MICS ofrece un conjunto de aspectos positivos como son el menor astigmatismo inducido, la recuperación funcional más rápida, la seguridad de una cámara más estable y la accesibilidad por dos vías al campo quirúrgico. Pero también debe demostrar que es comparable, en conceptos de seguridad, con las técnicas coaxiales. El impacto sobre el recuento endotelial es, probablemente, el criterio de seguridad más interesante después de la cuantificación directa de las complicaciones intraquirúrgicas o en el postoperatorio inmediato.

En algún estudio citados anteriormente se describe una mayor pérdida endotelial en el grupo bimanual¹⁴⁷. Suelen ser publicaciones bastante iniciales en el tiempo y con lagunas no resueltas todavía por la técnica del momento (por ejemplo utilizar la misma fluídica que en coaxial). La mayoría de los estudios posteriores reflejan la tendencia de que ambas técnicas son similares y comparables, sin iatrogenia mayor por parte de las técnicas MICS.

En nuestro estudio, y de una forma concisa, se concluye:

La comparación entre los diferentes grupos con técnica coaxial no aporta diferencias significativas.

Entre los grupos con técnica bimanual sí que existe diferencia, minimizar la incisión aporta mejores resultados con evidencia científica (grupo de 1,8 mm vs 0,7 mm).

Si comparamos entre técnicas hay evidencia del mejor comportamiento de los grupos de MICS frente a todos los coaxiales.

El grupo bimanual de 0,7 mm (microMICS) demuestra significación frente a todos los grupos con técnica coaxial e incluso frente al bimanual de 1,8 mm. Es el grupo más seguro.

El peor grupo de bimanual (incisión más amplia 1,8) es igual de seguro que el resto de todas las técnicas coaxiales.

La técnica coaxial inicial es la que obtiene peores resultados, aún habiendo sido considerada segura. El trabajo de esta tesis en cuanto a la liberación de US y fluídica ha permitido mejorar el planteamiento inicial en todos los casos.

Hemos reducido la pérdida endotelial inicial de un $27,23 \% \pm 17,62 \text{ cél/mm}^2$ a $13,04 \% \pm 10,03 \text{ cél/mm}^2$ de media. Si lo estratificamos por cataratas grado 4 de un $25,41 \% \pm 20,3 \text{ cél/mm}^2$ a $11,22 \% \pm 9,43 \text{ cél/mm}^2$.

Por lo tanto se puede concluir que, a largo plazo, las técnicas bimanuales no son solamente igual de seguras que las técnicas de facoemulsificación coaxial, sino que producen una menor pérdida de celularidad endotelial.

**CAPÍTULO 8. ANALISIS DE LOS PARAMETROS
INTRAQUIRURGICOS**

CAPÍTULO 8. ANALISIS DE LOS PARAMETROS INTRAQUIRURGICOS

Al diseñar la presente tesis establecimos como necesaria la cuantificación de los parámetros intraquirúrgicos de fluídica y de energía que habíamos trabajado en el capítulo 3 “Cómo efectuar con seguridad la transición desde la facoemulsificación convencional coaxial a la técnica bimanual microincisional (<1,8 mm)”. Inicialmente planteamos la hipótesis nula de que los grupos serían iguales entre sí en lo que respecta a los criterios de seguridad descritos más arriba. El estudio de los ultrasonidos liberados, así como la fluídica que recorrió la cámara anterior y el tiempo quirúrgico empleado, formaban parte del estudio minucioso de estos grupos y de la comparación entre las diferentes variables posibles de la técnica coaxial y bimanual.

Realmente con el resultado del capítulo 7 por el que se demuestra que los grupos bimanual 1,7 y 0,7 mm son menos iatrogénicos que los grupos coaxiales, el estudio de los motivos por los cuales estos grupos son mejores cobra un inesperado interés. Siendo el tratamiento postoperatorio el mismo para todos los grupos, las diferencias significativas encontradas únicamente podían estar ocasionadas por:

- ✓ el tamaño de la incisión,
- ✓ por la energía liberada,
- ✓ por el suero fisiológico que arrastrara células endoteliales
- ✓ por la duración del procedimiento quirúrgico.

La incisión no debería ser el parámetro que afectara ese rendimiento. Sí, y lo veremos más adelante, es el motivo básico en el astigmatismo inducido, fundamentalmente vectorial y no tanto substractivo. La amplitud de la incisión es una cuantificación que define a cada uno de los grupos, pero no es el criterio único como ya hemos explicitado arriba. Cada grupo tiene un calibre incisional y unas características propias en los programas de ultrasonidos (US). Por lo tanto describiremos los tres factores que definen la actuación quirúrgica intraocular, los analizaremos y buscaremos si existe una correlación que explique el mejor comportamiento de estos grupos bimanuales.

8.1. CONSIDERACIONES SOBRE LA DUREZA DEL CRISTALINO

Hemos adjuntado en la tabla 81 la media del grado de dureza del cristalino según la clasificación LOCS III utilizada. En muchos estudios este criterio no se tiene en cuenta y a lo largo de la discusión se entenderá por qué no estamos de acuerdo. Está demostrado que una mayor densidad cristaliniana demanda una mayor cantidad de energía liberada¹⁵⁷, por lo que es importante que las muestras sean comparables a la hora de extraer conclusiones.

La randomización de nuestros grupos de pacientes se efectuó según criterio de entrada en lista de espera pues se evaluó el procedimiento de la cirugía de la catarata en conjunto, intervenida mediante técnica coaxial o bimanual. Recuerden que inicialmente este material era experimental y hubiera sido muy poco viable reclutar más de 200 cataratas del mismo grado de dureza LOCS III.

Cuando analizamos esta variable vemos que no está distribuida con normalidad (test de Kolmogorov-Smirnov de la tabla 82) y, al aplicar el correspondiente test de Kruskal – Wallis (tabla 83), existen diferencias entre los grupos.

Por lo tanto vemos que el grupo Coaxial 2,8 y el grupo Coaxial 2,4 tienen una densidad media menor que el resto de los grupos y esto puede sesgar las conclusiones de este apartado a favor de los grupos coaxiales.

| $(\bar{X} \pm DS)$ | Grado LOCS III |
|------------------------------|--------------------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (31) | 4,16 ± 0,64 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (32) | 4,44 ± 0,62 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | 3,91 ± 0,59 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (33) | 4,18 ± 0,58 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 3,64 ± 0,49 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (55) | 4,13 ± 0,55 |

Tabla 81: Media de dureza del total de la cirugía por grupos, según LOCS III. Los grupos coaxial 2,8 y coaxial 2,4 tienen una menor densidad.

Aunque las conclusiones que se podían derivar del estudio sobre estos grupos serán interesantes, buscamos cómo poder efectuar comparaciones con precisión tanto del tiempo efectivo de faco (EPT), como del suero fisiológico circulante y del tiempo quirúrgico.

En el grupo Coaxial 2,4 no se efectuaron cirugías con cristalinos de dureza grado 5. Por lo tanto nos planteamos dos opciones, la primera fue comparar los parámetros quirúrgicos de todos los grupos únicamente con cataratas del grado 4. La segunda opción fue efectuar el estudio con la suma de los grados 3 y 4.

Optamos por esta opción por tener mayor número de cirugías y por lo tanto mayor potencia estadística. De nuevo el test de Kolmogorov - Smirnov (tabla 84) demuestra que la variable no está distribuida con normalidad, pero esta vez sí que el test de Kruskal – Wallis (tabla 85) demuestra que no existen diferencias entre los grupos y sí que los podemos comparar con precisión. Las medias de los grupos ya comparables se adjuntan en la tabla 86.

No obstante, y para cada uno de los apartados que estudiaremos, incluiremos el estudio y análisis de la totalidad de las cirugías y las de los grupos de dureza 3 y 4. De este modo obtendremos conclusiones fiables.

Pruebas de normalidad

| Grupo | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| tipocata 1 | ,310 | 31 | ,000 | ,781 | 31 | ,000 |
| 2 | ,318 | 32 | ,000 | ,739 | 32 | ,000 |
| 3 | ,345 | 32 | ,000 | ,753 | 32 | ,000 |
| 4 | ,350 | 33 | ,000 | ,748 | 33 | ,000 |
| 5 | ,411 | 39 | ,000 | ,608 | 39 | ,000 |
| 6 | ,374 | 55 | ,000 | ,719 | 55 | ,000 |

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 82: La variable dureza del cristalino no está distribuida con normalidad.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|----------|-----|-------|-------------------|--------|--------|
| tipocata | 222 | 4,07 | ,616 | 3 | 5 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|----------|-------|-----|----------------|
| tipocata | 1 | 31 | 120,05 |
| | 2 | 32 | 145,38 |
| | 3 | 32 | 96,88 |
| | 4 | 33 | 121,68 |
| | 5 | 39 | 73,13 |
| | 6 | 55 | 116,58 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | tipocata |
|---------------|----------|
| Chi-cuadrado | 34,952 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,000 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

Tabla 83: Diferencia significativa entre grupos en cuanto a la dureza de los cristalinicos estudiados.

Pruebas de normalidad

| Grupo | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| EPT 1 | ,209 | 22 | ,013 | ,888 | 22 | ,017 |
| 2 | ,151 | 16 | ,200* | ,902 | 16 | ,087 |
| 3 | ,093 | 28 | ,200* | ,979 | 28 | ,821 |
| 4 | ,112 | 24 | ,200* | ,942 | 24 | ,177 |
| 5 | ,141 | 39 | ,050 | ,882 | 39 | ,001 |
| 6 | ,082 | 43 | ,200* | ,955 | 43 | ,090 |

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 84: La variable dureza del cristalino no está distribuida siempre con normalidad en las cataratas grado 3 y 4.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|----------|-------|-----|----------------|
| tipocata | 1 | 22 | 88,36 |
| | 2 | 16 | 93,25 |
| | 3 | 28 | 82,50 |
| | 4 | 24 | 93,25 |
| | 5 | 39 | 73,13 |
| | 6 | 43 | 94,00 |
| | Total | 172 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | tipocata |
|---------------|----------|
| Chi-cuadrado | 9,736 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,083 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 85: Los grupos sí que son comparables en la suma de los grados 3 y 4 LOCS III.

| $(\bar{X} \pm DS)$ | Grado LOCS III 3 y 4 |
|------------------------------|----------------------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (22) | 3,82 ± 0,39 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (16) | 3,88 ± 0,34 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (28) | 3,75 ± 0,44 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (24) | 3,88 ± 0,34 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 3,64 ± 0,49 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (43) | 3,88 ± 0,32 |

Tabla 86: Media de dureza por grupos de las cataratas 3 y 4 según LOCS III. Los grupos sí que son comparables y consta de 172 procedimientos.

8.2. ESTUDIO DEL TIEMPO EFECTIVO DE FACO (EPT)

Actualmente la cuantificación de la energía liberada para conseguir la facoemulsificación del núcleo no debe efectuarse únicamente por el porcentaje de los ultrasonidos utilizados. Este era un concepto adecuado en el momento en que las consolas de facoemulsificación liberaban la energía únicamente de modo lineal, con segundos absolutos de faco. Con la aparición de los programas pulsados y los programas de modulación de US, en que se introducían espacios “off” sin US, se observó que se podía liberar una cantidad de energía menor que en el modo lineal^{117,158}.

En la técnica bimanual también se ha demostrado que los programas burst liberan menos energía que los pulsados¹⁵⁹. Queda anticuada la conclusión de Liu¹⁶⁰ en que los programas multiburst no eran aptos para cataratas duras. Su eficiencia ya ha quedado demostrada en la literatura^{62,161} y nosotros ya hemos descrito y publicado⁶⁵ la evolución de nuestro programa inicial con un 40% de potencia de US al actual de microMICS que con sólo un 14% es capaz de efectuar cirugías de cataratas grado 6 con normalidad.

Para un mejor análisis de la energía liberada por los US, Fine⁷¹ describe el concepto de EPT (effective phaco time) como el resultado de la siguiente fórmula:

$$EPT = \text{tiempo en segundos de facoemulsificación} \times \text{potencia de US} / 100$$

Representa el tiempo en segundos absoluto de US. Es decir, calcula los periodos “off” y los suprime, por lo que los segundos de EPT equivalen a segundos en modo lineal con el 100% del tiempo liberado en modo continuo. Permite comparar con precisión los grupos desde el punto de vista de la energía liberada. En teoría un menor EPT representa una menor liberación de energía y con ello una menor producción de radicales libres que serían nocivos para el endotelio.

El EPT se ha estudiado para comparar la eficiencia de diferentes procedimientos. En cuanto a las técnicas de facofragmentación se empezó a describir que con el prechóper se liberaba menos energía¹⁶². También se compararon las diferentes técnicas como el divide y vencerás, el stop and chop, siendo el chop el que obtenía mejores resultados¹⁶³. No obstante no se encontraron correlaciones entre estos EPT más bajos según la técnica de facofractura y parámetros clínicos como la pérdida endotelial¹⁶⁴. Otros trabajos no encontraron diferencias de EPT entre las diferentes técnicas ni relación con la pérdida endotelial respectiva¹⁶⁵. Por lo que esta relación queda abierta a estudios más exhaustivos y para nosotros es particularmente interesante.

También se ha utilizado para comparar los modos longitudinal y torsional de los programas de Alcon¹⁶⁶, la superioridad de las agujas de 45° frente a las de 30°¹⁶⁷, y la optimización de utilizar el bisel hacia arriba en lugar de hacia abajo en las agujas de faco¹⁶⁸. Últimamente para evaluar la menor energía que libera el femtoláser frente a la facoemulsificación convencional¹⁶⁹, aunque se ha descrito que la pérdida endotelial del femtoláser es igual a la de la catarata convencional¹⁷⁰.

En cuanto a las técnicas quirúrgicas que estudiamos en esta tesis, coaxial y bimanual, Mencucci y Cavallini han descrito un mismo EPT y una idéntica pérdida endotelial entre ambas^{127,149}. Kahraman¹⁵² reporta un menor EPT con

el procedimiento bimanual y Can¹⁷¹ un EPT menor que con coaxial e incluso microcoaxial.

Alio¹²², Kurz^{156,148,148} y Dick¹⁵³ describen un menor EPT para el grupo bimanual y una menor pérdida endotelial pero sin obtener significación estadística. Es importante señalar que sus estudios están realizados entre dos y tres meses, ninguno a largo plazo. El metanálisis de Yu¹⁵⁴ corrobora que existe una diferencia estadística significativa con menor EPT en el grupo biaxial que coaxial.

Como premisas para nuestro estudio sabemos que:

1. existe una correlación entre el EPT necesario y el grado de dureza del cristalino¹⁵⁷, luego a más dureza más energía precisaremos.
2. La técnica de facofractura empleada parece que no es decisiva en la actualidad¹⁷², por lo tanto utilizamos stop and chop.
3. un ajuste preciso de los programas de software al grado de catarata, sí que disminuye el EPT¹⁷³.
4. La fluídica tiene un papel importante pues el uso de parámetros de alta fluídica permite bajar el EPT a costa de gastar algo más de suero¹⁷⁴.

La correlación del EPT con la pérdida endotelial es discutible. Walkow¹⁴⁰ ya describió una alta correlación para la pérdida endotelial central y la intensidad de la facoemulsificación. Pero si buscaba la energía liberada (EPT) sólo encontraba una correlación con la pérdida periférica y no la central. Para unos autores el descenso de EPT no proporciona menores pérdidas endoteliales^{172,174}, mientras que para otros sí que un mayor EPT implica más pérdida endotelial¹⁶².

Por ello nuestro estudio exhaustivo y a largo plazo puede aportar nuevas conclusiones a la pregunta de qué factor o factores quirúrgicos están correlacionados con la pérdida endotelial y, en nuestro caso, con el mejor comportamiento de los citados grupos de técnica bimanual.

8.2.1. Resultados de EPT

Entrando ya en la descripción del EPT, como parámetro de energía liberada, en la tabla 87 adjuntamos la media y desviación estándar por grupo. Se puede observar que el grupo inicial Coaxial 3,2 es el que más energía libera. Los grupos siguientes llevan todos incorporados programas de modulación de US y el EPT es menor en todos ellos. Los grupos bimanuales precisan menos segundos de faco que los coaxiales y es un dato interesante. Parece existir similitud entre el grupo Coaxial 2,8 y el Bimanual 1,8, no obstante la dureza de este grupo bimanual es más de medio punto mayor y estadísticamente significativa, por lo que el grupo coaxial está sesgado beneficiosamente.

Quizás estas consideraciones son más apreciables en la figura 60. En ella se ven representados como venimos haciendo habitualmente los grupos coaxiales en rojo y los bimanuales en azul. Se observa mayor energía liberada en los grupos coaxiales que en los bimanuales. El grupo coaxial con menor incisión (2,4) se acerca bastante a los grupos bimanuales más evolucionados (1,7 y 0,7) por lo que un análisis más detallado para observar las diferencias es imprescindible.

| $(\bar{X} \pm DS)$ | EPT | Grado LOCS III |
|------------------------------|--------------|--------------------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (31) | 10,62 ± 7,77 | 4,16 ± 0,64 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (32) | 6,69 ± 4,10 | 4,44 ± 0,62 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | 6,63 ± 2,72 | 3,91 ± 0,59 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (33) | 4,02 ± 3,08 | 4,18 ± 0,58 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 4,07 ± 2,59 | 3,64 ± 0,49 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (55) | 3,67 ± 2,51 | 4,13 ± 0,55 |

Tabla 87: EPT por grupos a estudio y media de dureza del cristalino según LOCS III.

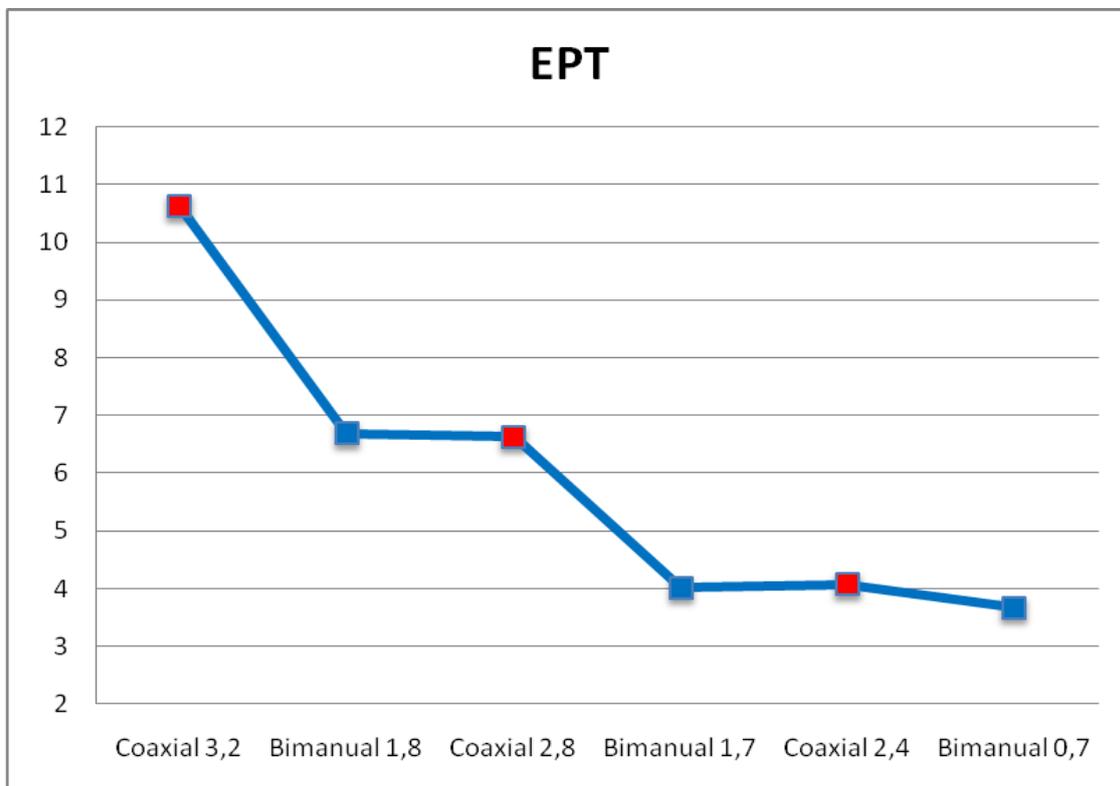


Figura 60: EPT utilizado por cada grupo a estudio.

En la interesante tabla 88 se presenta el EPT por grupo, pero describiéndolo por igualdad de grado en la escala LOCS III. Según lo esperado se necesita más energía para poder facoemulsificar núcleos de dureza mayor, por lo tanto es imprescindible disponer de grupos equiparables para obtener resultados rigurosos.

Claramente los grupos bimanuales precisan menor energía que los grupos coaxiales. Si se observan las cataratas grado 3 precisamos tiempos de energía menores a 1 segundo en el Bimanual 1,7 ($0,84 \pm 0,13$) y Bimanual 0,7 ($0,95 \pm 0,84$), mientras que en el Coaxial 2,4 es casi el doble ($1,89 \pm 0,73$), en el Coaxial 2,8 aproximadamente el cuádruple ($4,84 \pm 2,16$) o hasta de seis veces más en el Coaxial 3,2 ($6,66 \pm 3,15$). En las cataratas duras grado 4 se mantienen las proporciones, siendo los bimanuales los que menor energía precisan.

| ($\bar{X} \pm DS$) | Grado 3 | Grado 4 | Grado 5 |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (31) | $6,66 \pm 3,15$ | $8,87 \pm 3,54$ | $15,87 \pm 12,26$ |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (32) | $2,25 \pm 0,98$ | $5,45 \pm 2,09$ | $8,34 \pm 4,89$ |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | $4,84 \pm 2,16$ | $6,93 \pm 2,65$ | $8,16 \pm 3,09$ |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (33) | $0,84 \pm 0,13$ | $2,86 \pm 0,99$ | $7,78 \pm 3,51$ |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | $1,89 \pm 0,73$ | $5,29 \pm 2,46$ | |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (55) | $0,95 \pm 0,84$ | $2,98 \pm 1,42$ | $7 \pm 2,60$ |

Tabla 88: EPT utilizado por cada grupo a estudio e individualizado por mismo grado de catarata LOCS III.

Al comentar la figura 60 da la sensación de que el grupo Coaxial 2,4 tiene un EPT muy similar a los bimanuales 1,7 y 0,7. Esto se debe a que no se intervinieron en este grupo cataratas grado 5, luego la media resultante de energía es menor. Si observamos este aspecto en la tabla 88 vemos que la energía liberada es casi el doble en cada una de las dos estratificaciones. Es por ello tan importante que los grupos sean comparables y ésta es una variable no muy cuidada en la literatura.

En la figura 61 se muestra el consumo de EPT por grupo y grado de catarata. Vemos que todos los grupos precisan más energía cuanto más denso es el núcleo y que los tres grupos bimanuales son los tres con las curvas más bajas de la presente tesis.

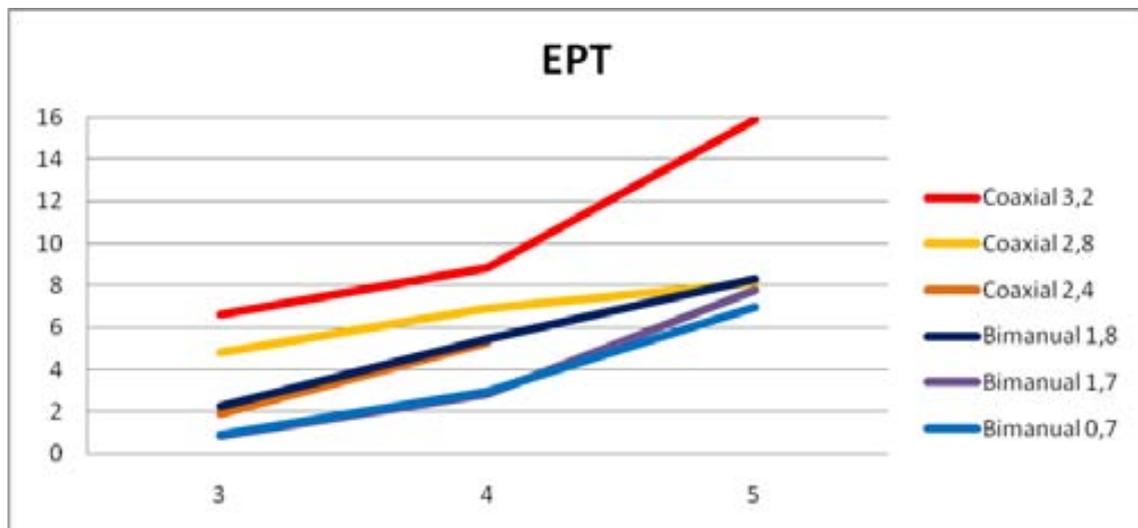


Figura 61: EPT utilizado por cada grupo a estudio e individualizado por mismo grado de catarata LOCS III.

A continuación adjuntamos los resultados por densidad comparable LOCS III. En la tabla 89 se adjunta el tiempo medio de EPT por grupo. La tendencia es la misma pero podemos hablar con propiedad pues la potencia estadística es la suficiente. Después adjuntaremos el análisis estadístico, pero parece que no existen diferencias entre el grupo Bimanual 1,7 y 0,7 que son los de menor energía liberada. El grupo Coaxial 2,4 precisa casi el doble de la energía y el resto de los grupos se mueven en cifras similares aunque ligeramente más altas. El grupo inicial 3,2 es el de mayor consumo energético, tal como se viene observando en todo el trabajo.

| $(\bar{X} \pm DS)$ | EPT | Grado LOCS III 3 y 4 |
|------------------------------|-------------|----------------------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (22) | 8,47 ± 3,51 | 3,82 ± 0,39 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (16) | 5,05 ± 2,25 | 3,88 ± 0,34 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (28) | 6,41 ± 2,66 | 3,75 ± 0,44 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (24) | 2,61 ± 1,15 | 3,88 ± 0,34 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 4,07 ± 2,59 | 3,64 ± 0,49 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (43) | 2,74 ± 1,51 | 3,88 ± 0,32 |

Tabla 89: EPT por grupos a estudio en las cataratas grado 3 y 4.

En la figura 62 se ilustra más gráficamente los resultados anteriores. Es de mejor comprensión y se observa en ella que los grupos bimanuales obtienen un tiempo de EPT menor. En relación a su homóloga figura 60 del total de las cirugías, aquí sí que se observa que el grupo Coaxial 2,4 no está tan próximo a los grupos bimanuales.

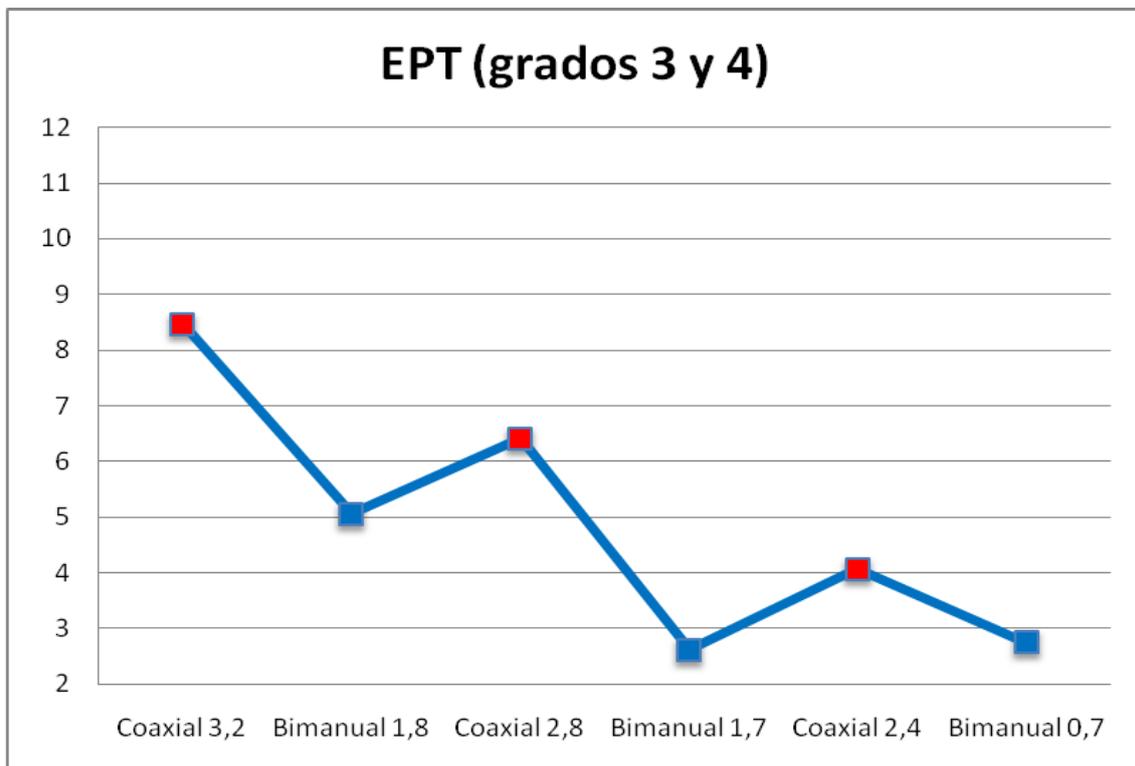


Figura 62: EPT utilizado por cada grupo a estudio en las cataratas grado 3 y 4.

8.2.2. Estudio estadístico

Procedemos al análisis estadístico según la sistemática utilizada durante todo el trabajo. La variable EPT no está distribuida con normalidad como se aprecia en la tabla 90 y con el test de Kruskal – Wallis de la tabla 91 se concluye que existen diferencias significativas entre los grupos.

| Grupo | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| EPT 1 | ,260 | 31 | ,000 | ,769 | 31 | ,000 |
| 2 | ,169 | 32 | ,021 | ,888 | 32 | ,003 |
| 3 | ,090 | 32 | ,200* | ,979 | 32 | ,757 |
| 4 | ,222 | 33 | ,000 | ,810 | 33 | ,000 |
| 5 | ,141 | 39 | ,050 | ,882 | 39 | ,001 |
| 6 | ,154 | 55 | ,002 | ,898 | 55 | ,000 |

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 90: El EPT no se distribuye con normalidad.

Por lo tanto realizaremos el análisis por grupos mediante la U de Mann-Whitney para obtener el nivel de significación. Presentaremos únicamente los grupos que lo demuestren con el objeto de no recargar el trabajo, pues, a diferencia de la pérdida endotelial, lo interesante de este apartado es averiguar si existe una correlación aplicable a la clínica y no únicamente si existe un nivel de significación puramente estadístico. Adjuntaremos las tablas que soportan el análisis estadístico inicialmente con las 222 cirugías de la presente tesis, aunque también se ha efectuado el mismo procedimiento con las 172 de los grupos comparables grado 3 y 4 LOCS III. Si el resultado de significación es el mismo adjuntamos la tabla del estudio total pues tiene mayor potencia estadística. En casos determinados explicitaremos ambas pues la información que aporta es relevante.

Estadísticos descriptivos

| | N | Media | Desviación típica | Mínimo | Máximo |
|-------|-----|--------|-------------------|--------|--------|
| EPT | 222 | 5,6253 | 4,60817 | ,20 | 36,58 |
| Grupo | 222 | 3,82 | 1,768 | 1 | 6 |

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|-----|-------|-----|----------------|
| EPT | 1 | 31 | 169,69 |
| | 2 | 32 | 133,91 |
| | 3 | 32 | 143,27 |
| | 4 | 33 | 83,95 |
| | 5 | 39 | 89,38 |
| | 6 | 55 | 79,39 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | EPT |
|---------------|--------|
| Chi-cuadrado | 61,608 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,000 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 91: **Significación por grupos** en el análisis del EPT.

Tal como adjuntamos en las tablas 92 a 96, el grupo de Coaxial 3,2 tiene una significación estadística con el resto de todos los grupos pues es el que libera más energía. Se obtiene el mismo resultado tanto en el análisis efectuado con los 222 procedimientos como en los 172 de los grupos comparables de cataratas grado 3 y 4. Como se va viendo a lo largo de todo el trabajo, el grupo coaxial inicial es el que obtiene peores resultados, aún siendo considerado eficiente.

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 1 | 31 | 38,23 | 1185,00 |
| | 2 | 32 | 25,97 | 831,00 |
| | Total | 63 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 303,000 |
| W de Wilcoxon | 831,000 |
| Z | -2,654 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,008 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 92: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (**Coaxial 3,2**) y 2 (**Bimanual 1,8**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 1 | 31 | 37,95 | 1176,50 |
| | 3 | 32 | 26,23 | 839,50 |
| | Total | 63 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 311,500 |
| W de Wilcoxon | 839,500 |
| Z | -2,537 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,011 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 93 **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (**Coaxial 3,2**) y 3 (**Coaxial 2,8**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 1 | 31 | 44,19 | 1370,00 |
| | 4 | 33 | 21,52 | 710,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 149,000 |
| W de Wilcoxon | 710,000 |
| Z | -4,870 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 94: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (**Coaxial 3,2**) y 4 (**Bimanual 1,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 1 | 31 | 49,03 | 1520,00 |
| | 5 | 39 | 24,74 | 965,00 |
| | Total | 70 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 185,000 |
| W de Wilcoxon | 965,000 |
| Z | -4,960 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 95: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (**Coaxial 3,2**) y 5 (**Coaxial 2,4**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 1 | 31 | 64,29 | 1993,00 |
| | 6 | 55 | 31,78 | 1748,00 |
| | Total | 86 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 208,000 |
| W de Wilcoxon | 1748,000 |
| Z | -5,797 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 96: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (**Coaxial 3,2**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

En relación al grupo Bimanual 1,8 y el Coaxial 2,8 no se encuentran diferencias significativas. No obstante merece unas puntualizaciones a este resultado estadístico. En el análisis total, con 32 procedimientos en cada grupo, el EPT del grupo 2 Bimanual 1,8 es de $6,69 \pm 4,10$ s. y dureza media es de $4,44 \pm 0,62$. El grupo 3 Coaxial 2,8 presenta un EPT de $6,63 \pm 2,72$ s., pero su grado LOCS III es de $3,91 \pm 0,59$ (véase tabla 87). En cuanto al EPT no hay diferencias estadísticas, pero ya hemos comentado arriba que se consigue con un cristalino más blando, con lo cual este grupo se encuentra beneficiado.

Si estratificamos por grupos comparables obtenemos unos resultados con más de un segundo de diferencia: grupo 2 Bimanual 1,8 = $5,05 \pm 2,25$ s. y grupo 3 Coaxial 2,8 = $6,41 \pm 2,66$ s. (tabla 89). Ciertamente el resultado es de una p no significativa de 0,092 y en otros grupos el test sí que establece diferencia con más de un segundo de EPT. Creemos que un número más bajo de casos, 16 en el grupo 2 y 28 en el grupo 3, es la respuesta a esta incógnita matemática.

No obstante, y con la reserva del mejor comportamiento del grupo bimanual, podemos decir que se comportan como grupos homogéneos y entre ellos las diferencias significativas son con los grupos Bimanual 1,7, Coaxial 2,4 y Bimanual 0,7 que se adjuntan en las tablas 97 a 102.

Es importante señalar que si como técnica bimanual nos hubiéramos limitado al grupo de 1,8 mm, no hubiéramos encontrado las diferencias que veremos más adelante. Por lo tanto se entiende de este modo las referencias de diversos autores que no encontraron diferencias significativas con grupos bimanuales de estas características.

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 2 | 32 | 40,64 | 1300,50 |
| | 4 | 33 | 25,59 | 844,50 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 283,500 |
| W de Wilcoxon | 844,500 |
| Z | -3,209 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 97: **Diferencia significativa** entre los grupos 2 (**Bimanual 1,8**) y 4 (**Bimanual 1,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 2 | 32 | 44,25 | 1416,00 |
| | 5 | 39 | 29,23 | 1140,00 |
| | Total | 71 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 360,000 |
| W de Wilcoxon | 1140,000 |
| Z | -3,051 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,002 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 98: **Diferencia significativa** entre los grupos 2 (**Bimanual 1,8**) y 5 (**Coaxial 2,4**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 2 | 32 | 57,73 | 1847,50 |
| | 6 | 55 | 36,01 | 1980,50 |
| | Total | 87 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 440,500 |
| W de Wilcoxon | 1980,500 |
| Z | -3,869 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 99: **Diferencia significativa** entre los grupos 2 (**Bimanual 1,8**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 3 | 32 | 42,25 | 1352,00 |
| | 4 | 33 | 24,03 | 793,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 232,000 |
| W de Wilcoxon | 793,000 |
| Z | -3,884 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 100: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (Coaxial 2,8) y 4 (Bimanual 1,7).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 3 | 32 | 46,36 | 1483,50 |
| | 5 | 39 | 27,50 | 1072,50 |
| | Total | 71 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 292,500 |
| W de Wilcoxon | 1072,500 |
| Z | -3,831 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 101: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (Coaxial 2,8) y 5 (Coaxial 2,4).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 3 | 32 | 60,73 | 1943,50 |
| | 6 | 55 | 34,26 | 1884,50 |
| | Total | 87 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 344,500 |
| W de Wilcoxon | 1884,500 |
| Z | -4,714 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 102: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (**Coaxial 2,8**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Finalmente no se establecen diferencias entre los grupos 4 Bimanual 1,7, 5 Coaxial 2,4 y 6 Bimanual 0,7, en el análisis de los 222 procedimientos. Insistimos de nuevo en el que el grupo 5 tiene una dureza media menor. Por lo tanto buscamos si existe una diferencia significativa en el estudio estratificado con los grupos 3 y 4 que sí son comparables aunque con una “n” menor.

Comentábamos arriba que el grupo 2 Bimanual 1,8 tenía 16 casos. Si nos fijamos en la tabla 89, aquí sí disponemos de una serie de casos mayores: con 24 casos en el Bimanual 1,7, 39 en el Coaxial 2,4 y 43 en el Bimanual 0,7. Por lo tanto las reservas que teníamos arriba al argumentar la no significación entre los grupos Bimanual 1,8 y Coaxial 2,8, donde la diferencia era de más de un segundo de EPT, no tienen lugar al comparar el grupo Bimanual 0,7 y el Coaxial 2,4, pues la muestra es suficiente.

Vemos que la diferencia entre los grupos bimanuales y el Coaxial 2,4 es de más de 1,3 s. El grupo Bimanual 1,7 precisa $2,61 \pm 1,15$ s., el Bimanual 0,7 $2,74 \pm 1,51$ s. y el Coaxial 2,4 $4,07 \pm 2,59$ s. Tras el nuevo test de Kruskal – Wallis sí que hay diferencias significativas entre los grupos bimanuales con menor necesidad de energía y el grupo coaxial. Insisto en que la comparación entre el Bimanual 0,7 y el Coaxial 2,4 tiene la muestra suficiente. Entre los dos grupos bimanuales no hay diferencia significativa. Se adjuntan a continuación como las tablas 103 a 105.

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 4 | 24 | 25,04 | 601,00 |
| | 5 | 39 | 36,28 | 1415,00 |
| | Total | 63 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 301,000 |
| W de Wilcoxon | 601,000 |
| Z | -2,364 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,018 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 103: **Diferencia significativa** entre los grupos 4 (**Bimanual 1,7**) y 5 (**Coaxial 2,4**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 5 | 39 | 48,27 | 1882,50 |
| | 6 | 43 | 35,36 | 1520,50 |
| | Total | 82 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 574,500 |
| W de Wilcoxon | 1520,500 |
| Z | -2,452 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,014 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 104: **Diferencia significativa** entre los grupos 5 (**Coaxial 2,4**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-----|-------|----|----------------|----------------|
| EPT | 4 | 33 | 45,55 | 1503,00 |
| | 6 | 55 | 43,87 | 2413,00 |
| | Total | 88 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | EPT |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 873,000 |
| W de Wilcoxon | 2413,000 |
| Z | -,297 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,766 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 105: No hay diferencia significativa entre los grupos 4 (**Bimanual 1,7**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

8.2.3. Correlación con la pérdida endotelial

La significación obtenida en el apartado anterior es interesante. Podríamos contentarnos con afirmar que los dos grupos bimanuales de menor incisión obtienen un EPT significativamente menor que los grupos coaxiales. Pero nos planteamos dar un paso más allá, cuál es su significación clínica y si realmente existe.

Diversos autores reportan una respuesta dispar del endotelio, no se concluye una relación directa con el mismo. No obstante, si no obtenemos un mejor rendimiento en la repercusión endotelial ¿cuál es la utilidad de trabajar en una menor liberación de energía? Lógicamente sólo puede influir en la iatrogenia ocular localizada a nivel corneal, pues otras complicaciones han sido descartadas. Otros factores de la cirugía sí que obtendrán repercusión clara y correlacionada como el tamaño de la incisión y el astigmatismo inducido. Pero ¿cuál es la utilidad del EPT, de la energía liberada, si no conduce a una menor iatrogenia? Si no fuera así se convertiría en un parámetro quirúrgico sin utilidad clínica y de escasa relevancia a nuestro parecer.

Para ello hemos efectuado el análisis estadístico para buscar una Correlación entre la pérdida endotelial en los controles a 90 días y 365 días, y el EPT liberado por los grupos comparables. Como ya sabemos que la pérdida endotelial en ambos controles no tenía una distribución paramétrica, el test sugerido es la Rho de Spearman. No obstante en el estudio del diferencial a 90 sí que la distribución es normal por lo que se puede utilizar el coeficiente de Pearson (tabla 106).

Pruebas de normalidad

| Grupo | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| %dif90 | | | | | | |
| 1 | ,123 | 22 | ,200* | ,942 | 22 | ,214 |
| 2 | ,195 | 16 | ,104 | ,871 | 16 | ,028 |
| 3 | ,118 | 28 | ,200* | ,944 | 28 | ,137 |
| 4 | ,154 | 24 | ,145 | ,916 | 24 | ,048 |
| 5 | ,077 | 39 | ,200* | ,938 | 39 | ,032 |
| 6 | ,105 | 43 | ,200* | ,968 | 43 | ,274 |

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 106: Distribución normal de la pérdida endotelial a 90 días en los grados de catarata 3 y 4.

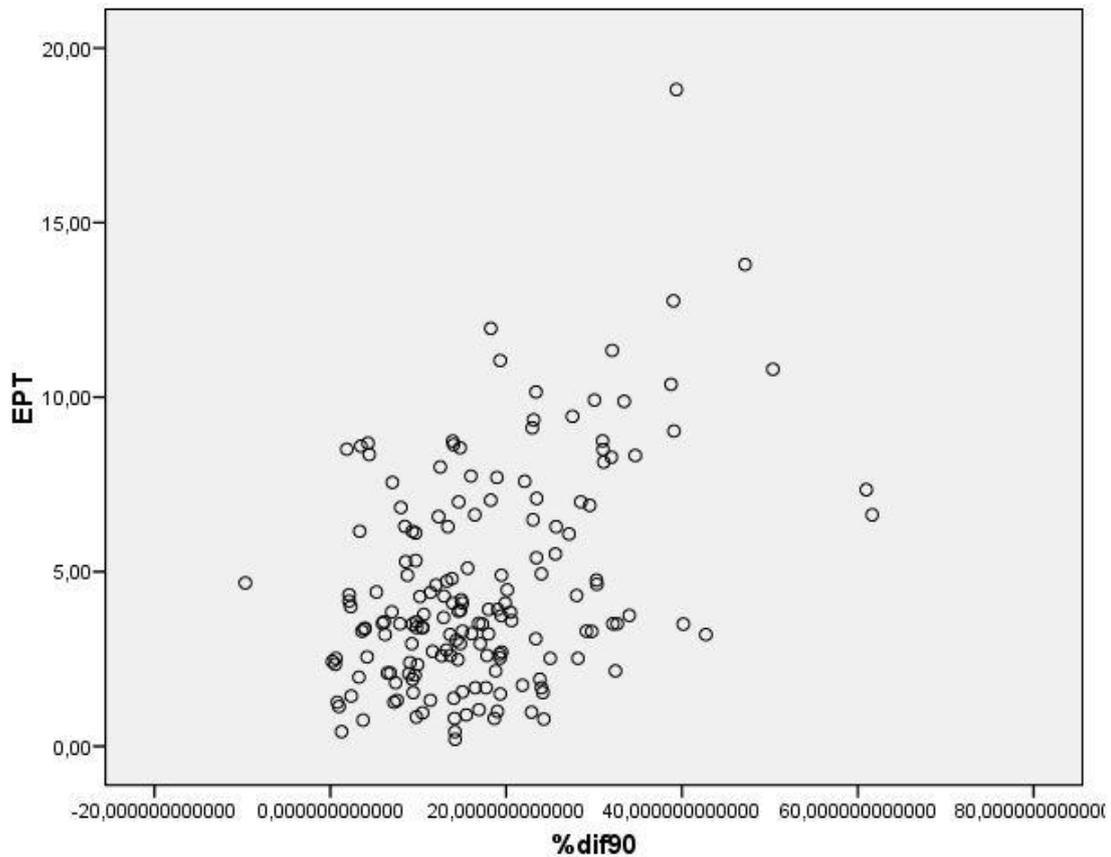


Figura 63: Diagrama de dispersión por puntos del EPT utilizado y la pérdida endotelial a 90 días.

En la figura 63 se adjunta el diagrama de dispersión simple por puntos del EPT y la pérdida endotelial a 90 días, que nos proporciona una idea de la distribución y agrupación de las variables.

En la tabla 107 se adjunta el coeficiente de correlación Rho de Spearman que es de 0,317. Con ella se concluye que existe una asociación moderada entre las variables EPT y la pérdida endotelial a 90 días. Si utilizamos el coeficiente de correlación de Pearson aceptando la distribución normal de esta variable en las cataratas grado 3 y 4, ésta asciende a 0,427 (tabla 108), lo cual también se considera un grado de correlación moderada. Por último, si buscamos si existe una correlación entre la totalidad de las cirugías efectuadas, la Rho de Spearman es de 0,372 (tabla 109), por lo que también se interpreta como la existencia de una correlación moderada entre ambas variables. La significación es la adecuada en todas las tablas.

Correlaciones

| | | | EPT | %dif90 |
|-----------------|--------|----------------------------|--------|---------------|
| Rho de Spearman | EPT | Coeficiente de correlación | 1,000 | ,317** |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,000 |
| | | N | 172 | 172 |
| %dif90 | %dif90 | Coeficiente de correlación | ,317** | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,000 | . |
| | | N | 172 | 172 |

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 107: Coeficiente de Correlación Rho de Spearman entre el EPT y la pérdida endotelial a 90 días.

Correlaciones

| | | EPT | %dif90 |
|--------|------------------------|--------|---------------|
| EPT | Correlación de Pearson | 1 | ,427** |
| | Sig. (bilateral) | . | ,000 |
| | N | 172 | 172 |
| %dif90 | Correlación de Pearson | ,427** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,000 | . |
| | N | 172 | 172 |

** . La correlación es significativa al nivel 0,01

Tabla 108: Coeficiente de Correlación de Pearson entre el EPT y la pérdida endotelial a 90 días.

Correlaciones

| | | | EPT | %dif90 |
|-----------------|--------|-----------------------------|--------|--|
| Rho de Spearman | EPT | Coefficiente de correlación | 1,000 | ,372** |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,000 |
| | | N | 222 | 222 |
| | %dif90 | Coefficiente de correlación | ,372** | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,000 | . |
| | | N | 222 | 222 |

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 109: Coeficiente de Correlación Rho de Spearman entre el EPT y la pérdida endotelial a 90 días, muestra total de 222 procedimientos.

Por lo tanto podemos afirmar que hemos encontrado una correlación moderada (entre 0,427 y 0,372) entre la pérdida endotelial a los 3 meses y la energía liberada.

Esto justifica el valor de EPT, más que como parámetro, como variable muy útil en los estudios. Demuestra ya no matemática sino clínicamente su incidencia en la iatrogenia de la cirugía de la catarata, por lo que disminuirlo es un objetivo a conseguir en nuestros procedimientos.

Efectuamos el mismo procedimiento en cuanto a la pérdida endotelial a los 365 días y el EPT. La pérdida a 365 no tiene una distribución normal (tabla 110), luego el índice a utilizar es la Rho de Spearman.

Pruebas de normalidad

| Grupo | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|---------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| %dif365 | | | | | | |
| 1 | ,130 | 22 | ,200* | ,937 | 22 | ,176 |
| 2 | ,221 | 16 | ,036 | ,880 | 16 | ,039 |
| 3 | ,187 | 28 | ,013 | ,878 | 28 | ,004 |
| 4 | ,131 | 24 | ,200* | ,968 | 24 | ,615 |
| 5 | ,092 | 39 | ,200* | ,969 | 39 | ,358 |
| 6 | ,079 | 43 | ,200* | ,980 | 43 | ,651 |

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 110: Distribución no normal de la pérdida endotelial a 365 días en los grados de catarata 3 y 4.

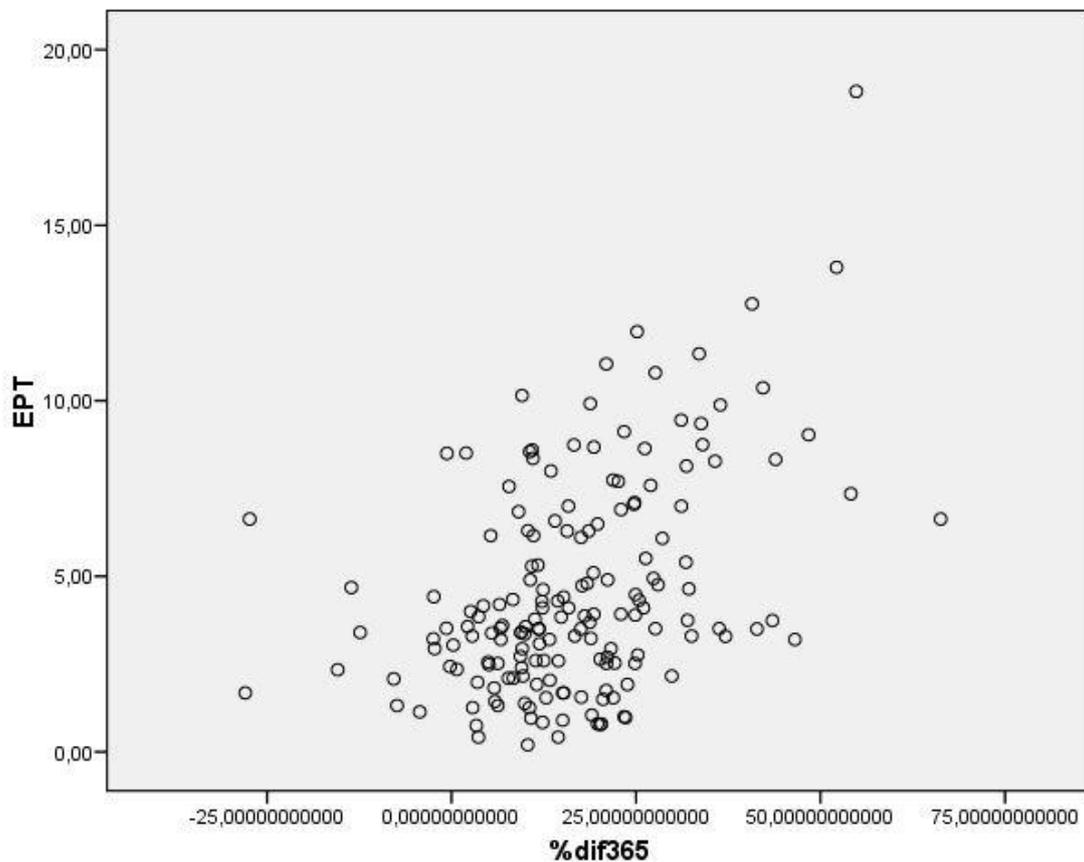


Figura 64: Diagrama de dispersión por puntos del EPT utilizado y la pérdida endotelial a los 365 días.

En la figura 64 se ilustra el diagrama de dispersión simple por puntos del EPT y la pérdida endotelial a los 365 días, tal como hemos hecho en el análisis anterior.

En la tabla 111 se adjunta el coeficiente de correlación Rho de Spearman que es de 0,378, lo cual concluye que también existe una asociación moderada entre las variables EPT y la pérdida endotelial a 365 días. Por último, si buscamos si existe una correlación entre la totalidad de las cirugías efectuadas, la Rho de Spearman es de 0,435 (tabla 112), por lo que también se interpreta como la existencia de una correlación moderada entre ambas variables. La significación es la adecuada en todas las tablas.

Correlaciones

| | | | EPT | %dif365 |
|-----------------|---------|----------------------------|--------|---------------|
| Rho de Spearman | EPT | Coeficiente de correlación | 1,000 | ,378** |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,000 |
| | | N | 172 | 172 |
| | %dif365 | Coeficiente de correlación | ,378** | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,000 | . |
| | | N | 172 | 172 |

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 111: Coeficiente de Correlación Rho de Spearman entre el EPT y la pérdida endotelial al año.

Correlaciones

| | | | EPT | %dif365 |
|-----------------|---------|----------------------------|--------|---------------|
| Rho de Spearman | EPT | Coeficiente de correlación | 1,000 | ,435** |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,000 |
| | | N | 222 | 222 |
| | %dif365 | Coeficiente de correlación | ,435** | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,000 | . |
| | | N | 222 | 222 |

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 112: Coeficiente de Correlación Rho de Spearman entre el EPT y la pérdida endotelial al año, muestra total de 222 procedimientos.

8.2.4. Conclusiones

Los grupos con técnica bimanual han conseguido liberar menos energía durante las cirugías, medido como EPT. Estas diferencias han sido estadísticamente significativas sobre todos los grupos coaxiales.

Hemos probado que existe una correlación moderada entre el EPT y la pérdida endotelial. Se observa tanto a los 90 como a los 365 días, donde la correlación es algo mayor. Se manifiesta tanto en la totalidad de las cirugías como en los grupos comparables 3 y 4.

Queda probado que la menor liberación de energía representada por el EPT medido en segundos absolutos de faco está correlacionada con una menor pérdida endotelial final. Por lo tanto las técnicas que precisan menos segundos de faco son menos iatrogénicas y por lo tanto más seguras. Todos los esfuerzos en bajar el EPT obtienen como resultado una menor pérdida endotelial. Esta es la explicación por la que diferentes autores como Mencucci¹²⁷ o Cavallini¹⁷⁵ no encontraran diferencias entre procedimientos coaxiales y bimanuales, pues su técnica no permitía bajar el EPT y por lo tanto los resultados del endotelio tampoco tenían diferencias.

Luego si la mejor de las técnicas coaxiales es la del grupo 2,4 y obtiene significativamente resultados más altos de EPT que la Bimanual 0,7, debe ser la técnica MICS o microMICS nuestro procedimiento de elección, pues no sólo es seguro, sino que produce una menor iatrogenia tanto a medio como a largo plazo.

8.3. SUERO FISIOLÓGICO

Hemos cuantificado el consumo de suero fisiológico (SF) para cada procedimiento de los seis grupos a estudio según el método descrito por Alió¹²², restando del volumen inicial en la botella de suero el residual al concluir el procedimiento. Esto quiere decir que el volumen representado incluye las maniobras de purgado y calibrado del sistema, y no sólo el que ha circulado por el interior de la cámara anterior. Es un método que nos permite equiparar diferentes consolas de faco pues no todas registran el suero circulante como Stellaris de Bausch & Lomb.

El consumo de SF es una variable recogida por diferentes autores en sus trabajos aunque con resultados dispares. En la comparativa entre la técnica bimanual y coaxial algunos autores no han encontrado diferencias^{122,127,145,152}. Otros trabajos reportan resultados con mayor consumo en el grupo bimanual¹⁵¹ o en el coaxial¹⁴⁹. Mayoritariamente no se encuentra diferencia en cuanto a la pérdida endotelial, sea cual sea el resultado obtenido en cuanto al consumo. No obstante nos interesaba verificar si un mayor o menor volumen, circulando con mayor o menor presión, tenía incidencia en la pérdida iatrogénica de la población endotelial.

Presentamos el consumo medio en la tabla 113 y su representación gráfica en la figura 65. Llama la atención un mayor volumen circulante en las técnicas bimanuales. En ellas la incisión es más pequeña y por lo tanto más ajustada a los instrumentos, pese a ello el consumo es mayor. Sólo puede atribuirse a la regulación con mayor presión de infusión, necesaria debido a los calibres más reducidos, y que favorece la pérdida de fluido a través de los desajustes entre el instrumental y las incisiones, junto con las maniobras de entrada y salida de los instrumentos.

| $(\bar{X} \pm DS)$ | Suero fisiológico |
|------------------------------|-------------------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (31) | 246 ± 55 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (32) | 285 ± 50 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | 199 ± 43 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (33) | 237 ± 43 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 185 ± 36 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (55) | 186 ± 37 |

Tabla 113: Consumo de suero fisiológico por grupos a estudio

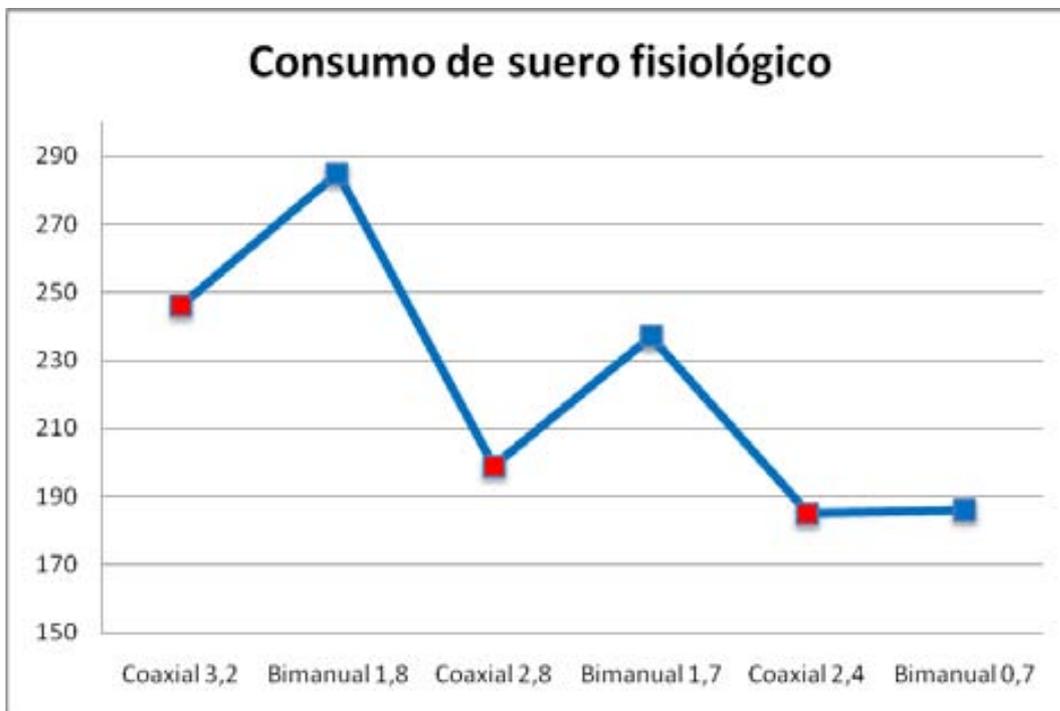


Figura 65: Consumo de suero fisiológico por grupos a estudio.

También se observa una tendencia clara y lógica en los seis grupos por la que se consume menos fluido si la incisión es más pequeña.

En el estudio individualizado de los grupos comparables grado 3 y 4 LOCS III vemos que apenas hay diferencias en relación al estudio del grupo total. En la tabla 114 se adjuntan las medias y en la figura 66 la representación gráfica. Se puede observar que ambas curvas son muy similares y en la cuantificación se registran escasos centímetros cúbicos menos de consumo.

| $(\bar{X} \pm DS)$ | Suero fisiológico |
|------------------------------|-------------------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (22) | 243 ± 62 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (16) | 281 ± 47 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (28) | 195 ± 40 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (24) | 224 ± 39 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 185 ± 36 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (43) | 183 ± 36 |

Tabla 114: Suero fisiológico utilizado en las cataratas grados 3 y 4.

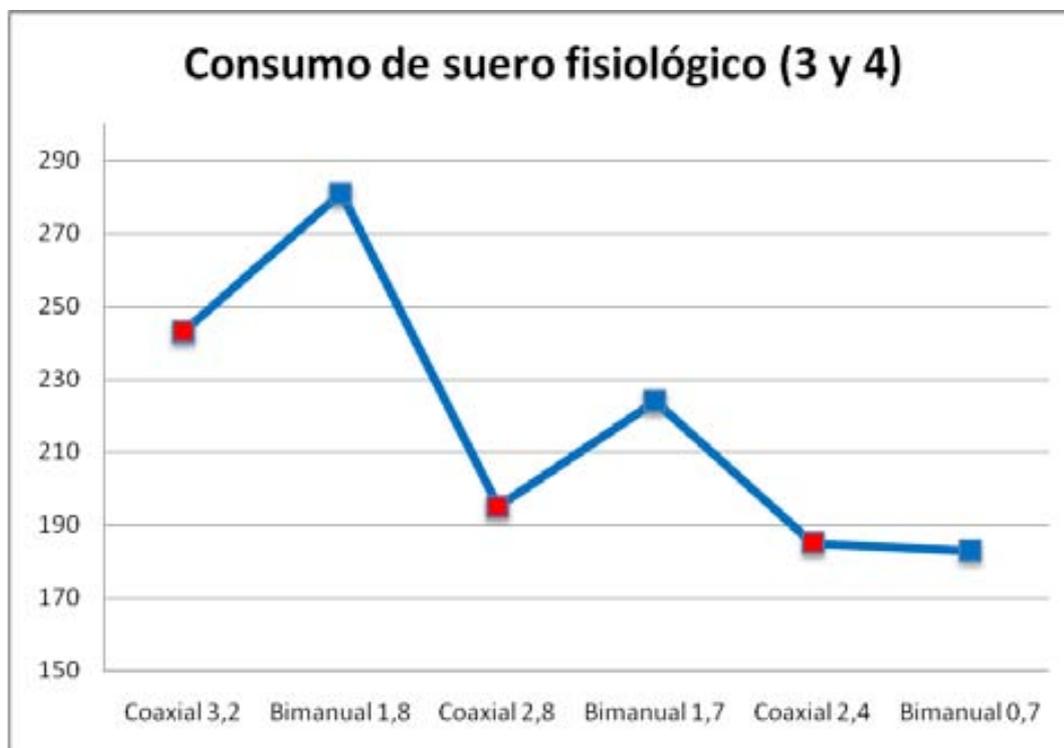


Figura 66: Consumo de suero fisiológico por grupos a estudio en cataratas grado 3 y 4.

En la tabla 115 se adjuntan las medias por grado de catarata. En líneas generales se consume más SF en relación con el mayor grado de dureza, pero también los procedimientos se alargan más en el tiempo.

La representación gráfica en la figura 67 no nos proporciona un patrón claro, como en el caso del EPT. Se puede observar que las técnicas bimanuales están mezcladas con las coaxiales, siendo la Bimanual 1,7 la que más consume y la Bimanual 0,7 la que menos. No siempre una mayor gradación LOCS III se acompaña de un mayor consumo de suero (grupos coaxiales 3,2 y 2,4).

| $(\bar{X} \pm DS)$ | Grado 3 | Grado 4 | Grado 5 |
|------------------------------|-----------|----------|----------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (31) | 266 ± 127 | 238 ± 42 | 252 ± 32 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (32) | 265 ± 35 | 283 ± 49 | 289 ± 54 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | 174 ± 32 | 201 ± 41 | 228 ± 59 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (33) | 190 ± 26 | 229 ± 39 | 271 ± 34 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 183 ± 31 | 186 ± 39 | |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (55) | 144 ± 18 | 188 ± 35 | 195 ± 42 |

Tabla 115: Suero fisiológico utilizado por cada grupo a estudio e individualizado por grado de catarata LOCS III.

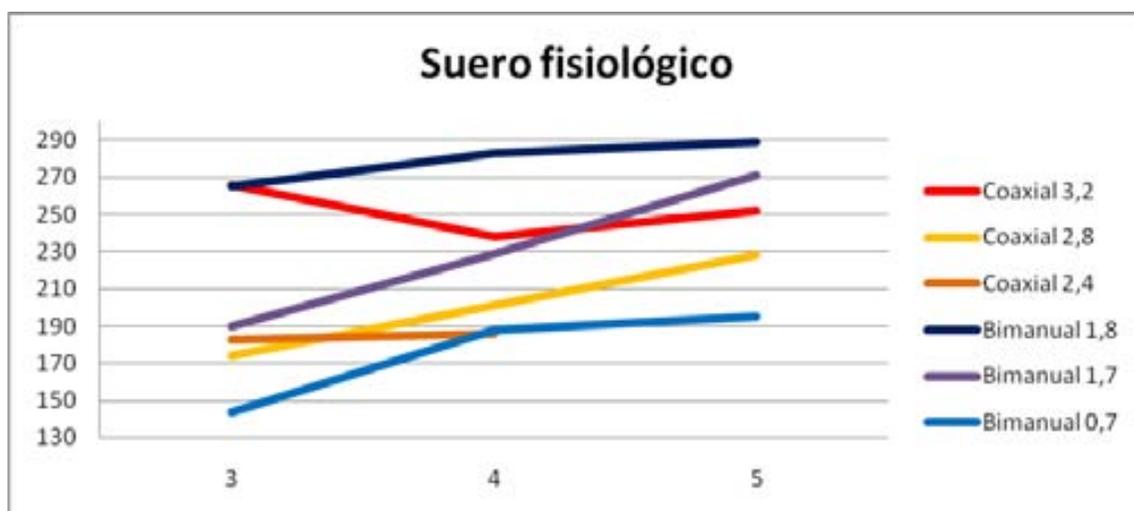


Figura 67: Consumo de suero fisiológico por grupos a estudio e individualizado por mismo grado de catarata LOCS III.

8.3.1. Estudio estadístico

Utilizamos la misma metodología para el estudio estadístico de este apartado. No nos extendemos demasiado en explicitar los resultados debido a las conclusiones que presentamos al buscar una Correlación con el suero fisiológico y la pérdida endotelial.

La variable consumo de suero fisiológico no está distribuida con normalidad y el test de Kruskal – Waillis aplicado indica que existen diferencias significativas entre los grupos (tabla 116). Las diferencias entre grupos las hemos resumido en la tabla 117 para no aportar un exceso de tablas con escasa aplicación práctica.

Prueba de Kruskal-Wallis

| | Grupo | N | Rango promedio |
|-------|-------|-----|----------------|
| Suero | 1 | 31 | 146,68 |
| | 2 | 32 | 183,09 |
| | 3 | 32 | 88,66 |
| | 4 | 33 | 140,03 |
| | 5 | 39 | 72,33 |
| | 6 | 55 | 73,96 |
| | Total | 222 | |

| | Suero |
|---------------|--------|
| Chi-cuadrado | 93,284 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,000 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 116: **Significación por grupos** en el análisis del suero fisiológico consumido.

| Grupo | significación | Grupo | p |
|--------------|-------------------|--------------|-------|
| Coaxial 3,2 | con todos excepto | Bimanual 1,7 | 0,696 |
| Coaxial 2,8 | con todos excepto | Coaxial 2,4 | 0,268 |
| | | Bimanual 0,7 | 0,226 |
| Coaxial 2,4 | con todos excepto | Coaxial 2,8 | 0,268 |
| | | Bimanual 0,7 | 0,917 |
| Bimanual 1,8 | con todos | | |
| Bimanual 1,7 | con todos excepto | Coaxial 3,2 | 0,696 |
| Bimanual 0,7 | con todos excepto | Coaxial 2,8 | 0,226 |
| | | Coaxial 2,4 | 0,917 |

Tabla 117: Significación estadística entre grupo, detalle específico de los grupos que **no** han obtenido significación.

Podemos afirmar que el grupo Bimanual 1,8 tiene significación con todos los grupos restantes pues es el de mayor consumo.

El grupo Coaxial 3,2 y el Bimanual 1,7 se comportan de modo similar en cuanto a consumo y presentan significación con el resto de los grupos excepto con el emparejado.

Existe un tercer grupo de consumo que lo forman los grupos Coaxial 2,8, Coaxial 2,4 y Bimanual 0,7. Que tienen significación estadística con los grupos anteriores pero no entre sí este conjunto de tres grupos.

Por lo tanto vemos que el análisis estadístico nos está agrupando técnicas diferentes, mezclando grupos bimanuales con coaxiales y, aparentemente el único resultado que claramente vemos es que la tendencia a menor consumo de los grupos coaxiales también la obtiene el grupo Bimanual 0,7. Por ello analizamos las variables en busca de una Correlación que nos aporte más información.

8.3.2. Correlación entre el consumo de suero fisiológico y la pérdida endotelial

El coeficiente a aplicar es la Rho de Spearman por tener distribución no paramétrica. Hemos aplicado el test sobre la totalidad de la muestra y la pérdida endotelial a los 90 días. Hemos obtenido un Coeficiente de 0,117, lo que indicaría una baja asociación entre el consumo de suero fisiológico y la pérdida endotelial a los 3 meses. No obstante la significación es de 0,082, lo cual no permite descartar la hipótesis nula y por lo tanto cabe afirmar que no hay asociación entre estas dos variables.

| | | | Suero | %dif90 |
|-----------------|--------|----------------------------|-------|--------|
| Rho de Spearman | Suero | Coeficiente de correlación | 1,000 | ,117 |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,082 |
| | | N | 222 | 222 |
| %dif90 | %dif90 | Coeficiente de correlación | ,117 | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,082 | . |
| | | N | 222 | 222 |

Tabla 118: Coeficiente de Correlación Rho de Spearman entre el SF y la pérdida endotelial al día 90, muestra total de 222 procedimientos.

En la tabla 119 hemos hecho el mismo análisis pero sobre la muestra de 172 procedimientos con cataratas grado 3 y 4 LOCS III. El resultado es bastante similar: el Coeficiente Rho es de un bajo 0,053 y la significación es de 0,488, por lo que tampoco se puede rechazar la hipótesis nula y se confirma que no hay correlación entre el consumo de SF y la pérdida endotelial e 3 meses.

| | | | Suero | %dif90 |
|-----------------|--------|----------------------------|-------|--------|
| Rho de Spearman | Suero | Coeficiente de correlación | 1,000 | ,053 |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,488 |
| | | N | 172 | 172 |
| | %dif90 | Coeficiente de correlación | ,053 | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,488 | . |
| | | N | 172 | 172 |

Tabla 119: Coeficiente de Correlación Rho de Spearman entre el SF y la pérdida endotelial al día 90, aplicado a los grados de catarata comparables 3 y 4 LOCS III.

A continuación buscamos la Correlación con la pérdida endotelial al año y la adjuntamos en la tabla 120. En la muestra total sí que tenemos un nivel de significación ($p = 0,001$) que nos permitiría rechazar la hipótesis nula, pero el Coeficiente de correlación Rho es de 0,224. Esto sugiere una baja o débil correlación, por lo que esperamos con interés el resultado del test sobre el grupo comparable con cataratas grado 3 y 4. El resultado se adjunta en la tabla 121. El nivel de significación no permite rechazar la hipótesis nula ($p = 0,083$) y la Rho es de 0,132 con lo que la correlación sería muy baja o explicable por el azar.

Correlaciones

| | | | Suero | %dif365 |
|-----------------|---------|-----------------------------|--------|---------|
| Rho de Spearman | Suero | Coefficiente de correlación | 1,000 | ,224** |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,001 |
| | | N | 222 | 222 |
| | %dif365 | Coefficiente de correlación | ,224** | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,001 | . |
| | | N | 222 | 222 |

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 120: Coeficiente de Correlación Rho de Spearman entre el SF y la pérdida endotelial al año, aplicado en la totalidad de la muestra.

Correlaciones

| | | | Suero | %dif365 |
|-----------------|---------|-----------------------------|-------|---------|
| Rho de Spearman | Suero | Coefficiente de correlación | 1,000 | ,132 |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,083 |
| | | N | 172 | 172 |
| | %dif365 | Coefficiente de correlación | ,132 | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,083 | . |
| | | N | 172 | 172 |

Tabla 121: Coeficiente de Correlación Rho de Spearman entre el SF y la pérdida endotelial al año, aplicado a los grados de catarata comparables 3 y 4 LOCS III.

Como conclusión de este apartado observamos que la cantidad de suero fisiológico que ha circulado por la cámara anterior no está correlacionado con la pérdida endotelial.

Ni el volumen circulado, ni a las diferentes presiones que lo ha hecho, implícitas en los diferentes grupos, tienen trascendencia clínica.

Por lo tanto no podemos afirmar que el mejor comportamiento de algunos grupos bimanuales se deba al consumo de suero fisiológico.

8.4. TIEMPO QUIRURGICO

El último factor intraquirúrgico estudiado es el tiempo total de la intervención. Se ha determinado mediante la medición del vídeo quirúrgico desde la primera incisión hasta la retirada del blefarostato.

Baykara¹⁵⁹ destacó que los programas burst necesitaban más tiempo para emulsificar los núcleo que los pulsados. Por contra Kim¹²⁴ reportó justo lo contrario, que los programas continuos precisaban más tiempo que los pulsados. Nosotros creemos que la optimización de los programas permite mejorar los tiempos quirúrgicos y que el software es una pequeña parte de todo el procedimiento con más variables que únicamente el tipo de programa.

Diversos autores ya han reportado que la técnica bimanual es, en conjunto, más extensa en tiempo de ejecución que la técnica coaxial^{145,152,176}. Por el contrario Cavallini reporta cirugías más extensas con técnica coaxial¹⁴⁹.

Ciertamente la facoemulsificación a través de calibres de 0,7 mm externos (apenas 0,5 mm efectivos) es algo más lenta. La realización cuidadosa de una segunda incisión precisa más tiempo que una paracentesis no valvulada. La capsulorrexia es más lenta pues su consecución a través de un puerto más pequeño alarga el procedimiento. En nuestra experiencia es evidente que el montaje de dos tubuladuras separadas, la localización e intercambio del tubo irrigador y aspirador en condiciones de baja luz del quirófano, la confusión en algunas ocasiones y la adecuación de las mismas tubuladuras para una postura cómoda del cirujano (separar suficientemente las vías de infusión y aspiración fundamentalmente), son otros motivos reales que alargan la cirugía.

Los datos obtenidos se presentan a continuación. La media del tiempo quirúrgico en minutos se adjunta en la tabla 122 y su representación gráfica en la figura 68. En la tabla 123 se presenta el tiempo precisado por cada grupo a estudio y estratificado por grado comparable de catarata. En la figura 69 su representación gráfica.

| $(\bar{X} \pm DS)$ | Tiempo quirúrgico (min) |
|------------------------------|-------------------------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (31) | 14,02 ± 4,13 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (32) | 15,46 ± 4,33 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | 12,19 ± 2,23 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (33) | 13,40 ± 2,61 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 10,03 ± 2,04 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (55) | 13,28 ± 3,32 |

Tabla 122: Tiempo quirúrgico real por grupos a estudio

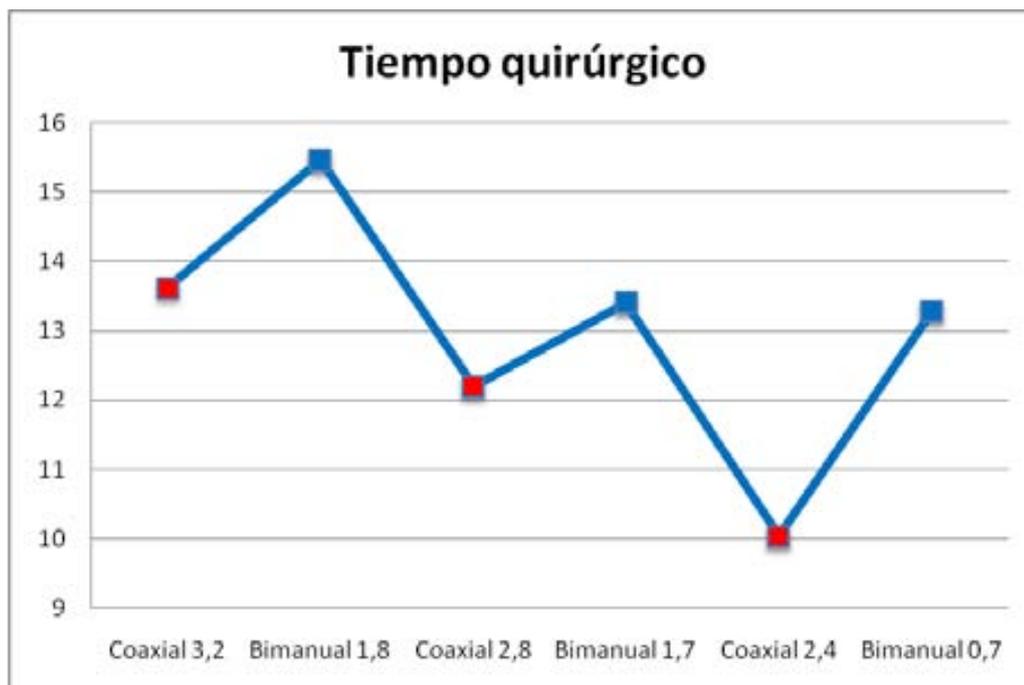


Figura 68: Tiempo quirúrgico por grupos a estudio.

| $(\bar{X} \pm DS)$ | Grado 3 | Grado 4 | Grado 5 |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (31) | 14,03 ± 4,35 | 13,16 ± 3,51 | 15,15 ± 5,25 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (32) | 16,13 ± 4,7 | 15,03 ± 3,28 | 16,20 ± 2,57 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | 11,11 ± 1,51 | 12,42 ± 2,09 | 13,30 ± 4,16 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (33) | 12,20 ± 2,25 | 13,01 ± 2,21 | 15,10 ± 2,03 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 9,20 ± 1,39 | 10,49 ± 2,02 | |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (55) | 11,07 ± 1,38 | 13,26 ± 3,16 | 14,42 ± 2,19 |

Tabla 123: Tiempo quirúrgico utilizado por cada grupo a estudio e individualizado por grado de catarata LOCS III.

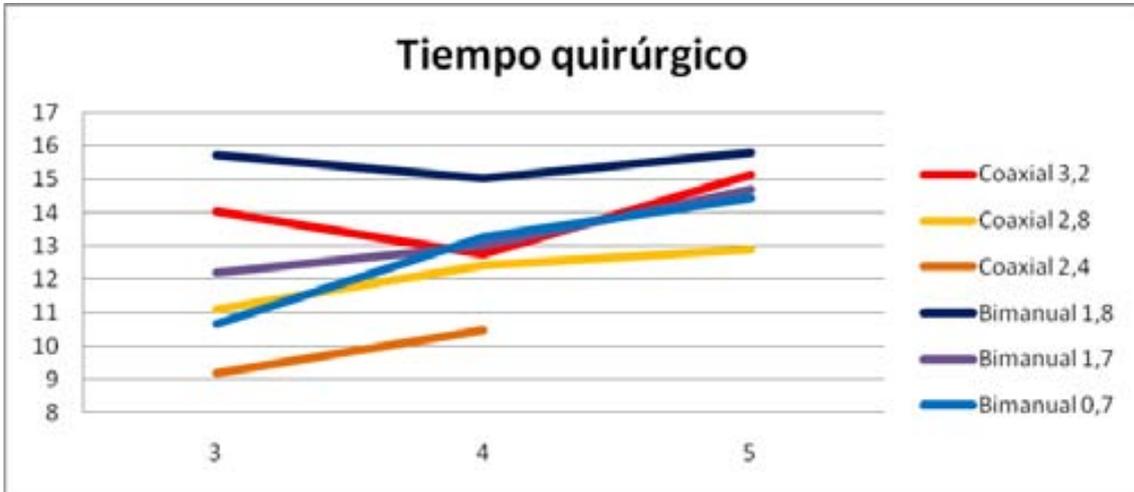


Figura 69: Tiempo quirúrgico por grupos a estudio e individualizado por grado de catarata LOCS III.

Podemos observar que los procedimientos coaxiales son más rápidos que los bimanuales. En general no siempre las cataratas más blandas son las más rápidas, pues cierto grado de densidad del cristalino acelera el procedimiento. El grupo Bimanual 1,8 es el más lento y el Coaxial 2,4 el más rápido. No obstante la media de los procedimientos coaxiales es más rápida en 2 minutos 9 segundos en el estudio de los grupos comparables 3 y 4, y de apenas 2 minutos en el total de la muestra. No creo que esta diferencia en segundos justifique más esfuerzo descriptivo con los resultados de pérdida endotelial obtenidos hasta ahora y con los que veremos más adelante en relación al astigmatismo vectorial.

| $(\bar{X} \pm DS)$ | Tiempo quirúrgico |
|------------------------------|-------------------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (22) | 13,39 ± 3,53 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (16) | 15,12 ± 3,29 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (28) | 12,09 ± 2,02 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (24) | 13,31 ± 2,20 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 10,03 ± 2,04 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (43) | 13,36 ± 3,11 |

Tabla 124: Tiempo quirúrgico utilizado en las cataratas grados 3 y 4.

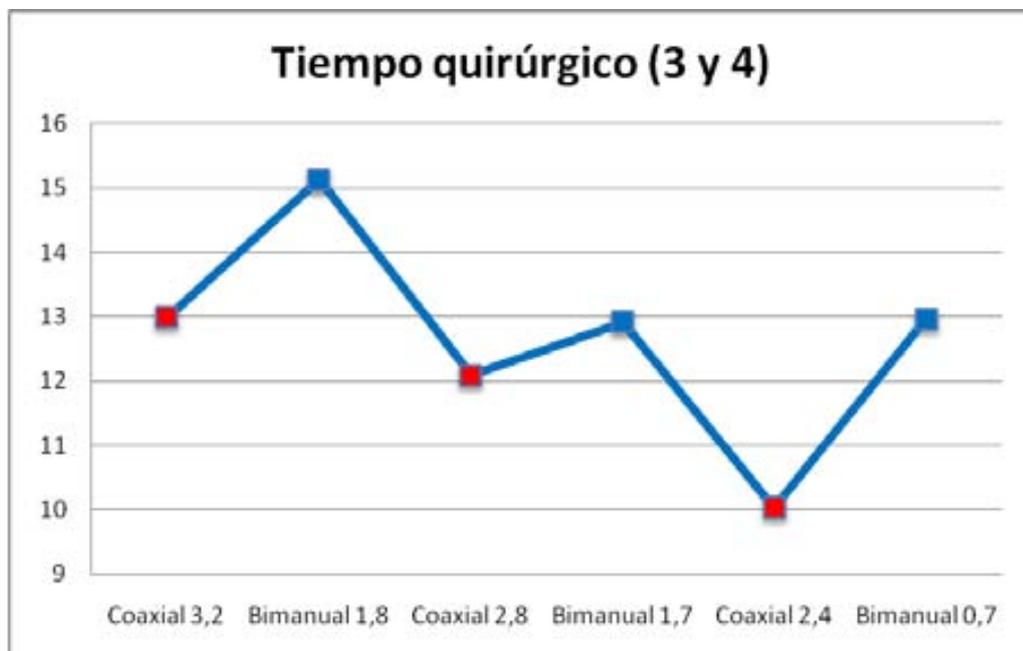


Figura 70: Tiempo quirúrgico por grupos a estudio en cataratas grado 3 y 4.

8.4.1. Estudio estadístico

Siguiendo la metodología empleada, observamos que la variable tiempo quirúrgico no está distribuida con normalidad (tabla 125) y que el test de Kruskal – Waillis aplicado indica que existen diferencias significativas entre los grupos (tabla 126). Las diferencias entre grupos las hemos resumido en la tabla 127 para no aportar un exceso de tablas con escasa aplicación práctica.

Pruebas de normalidad

| Grupo | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-----------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| TiempoQ 1 | ,231 | 31 | ,000 | ,772 | 31 | ,000 |
| 2 | ,134 | 32 | ,152 | ,939 | 32 | ,070 |
| 3 | ,167 | 32 | ,023 | ,935 | 32 | ,053 |
| 4 | ,144 | 33 | ,078 | ,939 | 33 | ,062 |
| 5 | ,132 | 39 | ,085 | ,969 | 39 | ,355 |
| 6 | ,150 | 53 | ,005 | ,804 | 53 | ,000 |

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 125: La variable tiempo quirúrgico no está distribuida con normalidad

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|---------|-------|-----|----------------|
| TiempoQ | 1 | 31 | 114,90 |
| | 2 | 32 | 166,81 |
| | 3 | 32 | 94,66 |
| | 4 | 33 | 129,92 |
| | 5 | 39 | 42,51 |
| | 6 | 53 | 121,42 |
| | Total | 220 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | TiempoQ |
|---------------|---------|
| Chi-cuadrado | 76,305 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,000 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 126: **Significación por grupos** en el análisis del tiempo quirúrgico.

| Grupo | comportamiento | Grupo | p |
|--------------|-----------------|--------------|---------------|
| Coaxial 3,2 | Mejor | Bimanual 1,8 | 0,006 |
| | Peor | Coaxial 2,4 | 0,000 |
| Coaxial 2,8 | Mejor | Bimanual 1,7 | 0,013* |
| | Peor | Coaxial 2,4 | 0,000 |
| | Mejor | Bimanual 0,7 | 0,036* |
| Coaxial 2,4 | Mejor con todos | | |
| Bimanual 1,8 | Peor con todos | | |
| Bimanual 1,7 | Mejor | Bimanual 1,8 | 0,006 |
| | Peor | Coaxial 2,8 | 0,013* |
| | Peor | Coaxial 2,4 | 0,000 |
| Bimanual 0,7 | Mejor | Bimanual 1,8 | 0,004 |
| | Peor | Coaxial 2,8 | 0,036* |
| | Peor | Coaxial 2,4 | 0,000 |

Tabla 127: Significación estadística entre grupos, detalle específico de los grupos que la han obtenido. En negrita y con asterisco significación en el total de las 222 cirugías, no así en las 172 de los grupos comparables de catarata grado 3 y 4 LOCS III.

Podemos afirmar que el grupo Coaxial 2,4 tiene significación con todos los grupos restantes pues es el más rápido. El grupo Bimanual 1,8 también tiene significación con todos los grupos puesto que, en este caso, es el más lento.

Exceptuando el grupo más rápido y el más lento, el resto se comportan como grupos comparables entre sí en cuanto a tiempo quirúrgico. El grupo Coaxial 2,8 obtiene una significación estadística frente a los grupos Bimanual 1,7 y Bimanual 0,7 sólo en el estudio del total de las cirugías. Cabe recordar que este grupo de coaxial tenía una dureza media menor que los bimanuales y que el tiempo quirúrgico se ve afectado por la dureza del núcleo. Si efectuamos el estudio por grupos de dureza comparable 3 y 4 según LOCS III, no se observan diferencias entre ellos.

8.4.2. Correlación entre el tiempo quirúrgico y la pérdida endotelial

El coeficiente a aplicar es la Rho de Spearman por tener distribución no paramétrica. Hemos aplicado el test sobre la totalidad de la muestra y hemos obtenido un Coeficiente de 0,034, lo que indicaría una baja asociación entre la pérdida endotelial a los 3 meses y la duración de la cirugía. No obstante la significación es de 0,613, lo cual no permite descartar la hipótesis nula (tabla 128) y no hay asociación entre estas dos variables.

| | | | TiempoQ | %dif90 |
|-----------------|---------|-----------------------------|---------|--------|
| Rho de Spearman | TiempoQ | Coefficiente de correlación | 1,000 | ,034 |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,613 |
| | | N | 222 | 222 |
| | %dif90 | Coefficiente de correlación | ,034 | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,613 | . |
| | | N | 222 | 222 |

Tabla 128: Coeficiente de Correlación Rho de Spearman entre el tiempo quirúrgico y la pérdida endotelial al día 90, muestra total de 222 procedimientos.

En la tabla 129 hemos hecho el mismo análisis pero sobre la muestra de 172 procedimientos con cataratas grado 3 y 4 LOCS III. El resultado es bastante similar: el Coeficiente Rho es de un bajo -0,042 y la significación es de 0,580. Por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula y las variable tiempo quirúrgico y pérdida endotelial a los tres meses no están correlacionadas.

Correlaciones

| | | | TiempoQ | %dif90 |
|-----------------|---------|----------------------------|---------|--------|
| Rho de Spearman | TiempoQ | Coeficiente de correlación | 1,000 | -,042 |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,580 |
| | | N | 172 | 172 |
| | %dif90 | Coeficiente de correlación | -,042 | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,580 | . |
| | | N | 172 | 172 |

Tabla 129: Coeficiente de Correlación Rho de Spearman entre el tiempo quirúrgico y la pérdida endotelial al día 90, aplicado a los grados de catarata comparables 3 y 4 LOCS III.

A continuación buscamos la Correlación entre la pérdida endotelial al año y el tiempo quirúrgico. El coeficiente de Correlación Rho en la muestra de la totalidad de los procedimientos es de 0,119 con una significación de 0,076, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula (tabla 130). Lo mismo sucede con los grupos comparables grado 3 y 4 (tabla 131), Rho es de 0,034 y la significación de 0,655.

Correlaciones

| | | | TiempoQ | %dif365 |
|-----------------|---------|-----------------------------|---------|---------|
| Rho de Spearman | TiempoQ | Coefficiente de correlación | 1,000 | ,119 |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,076 |
| | | N | 222 | 222 |
| | %dif365 | Coefficiente de correlación | ,119 | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,076 | . |
| | | N | 222 | 222 |

Tabla 130: Coeficiente de Correlación Rho de Spearman entre el tiempo quirúrgico y la pérdida endotelial al año, aplicado en la totalidad de la muestra.

Correlaciones

| | | | TiempoQ | %dif365 |
|-----------------|---------|-----------------------------|---------|---------|
| Rho de Spearman | TiempoQ | Coefficiente de correlación | 1,000 | ,034 |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,655 |
| | | N | 172 | 172 |
| | %dif365 | Coefficiente de correlación | ,034 | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,655 | . |
| | | N | 172 | 172 |

Tabla 131: Coeficiente de Correlación Rho de Spearman entre el tiempo quirúrgico y la pérdida endotelial al año, aplicado a los grados de catarata comparables 3 y 4 LOCS III.

Podemos concluir que los porcentajes de pérdida endotelial a medio y largo plazo no están correlacionados con el tiempo quirúrgico total de la cirugía.

Por lo tanto el mejor comportamiento de los grupos bimanuales no está justificado por la duración de las cirugías.

8.5. CONCLUSIONES

En el capítulo 7 describimos una pérdida endotelial menor en los grupos bimanuales con incisión de 1,7 y 0,7 mm. Como el tratamiento postoperatorio fue el mismo para todos los grupos, sólo se podía atribuir este comportamiento a variables de la cirugía.

Tras un análisis de los procedimientos únicamente podía atribuirse a la energía liberada, el fluido circulante o la duración de la cirugía. Todas estas variables habían sido recogidas en nuestro protocolo.

Aún existiendo diferencias significativas entre los grupos respecto al consumo de suero fisiológico y a la duración de la cirugía, no se ha demostrado que estas dos variables tengan correlación con la pérdida endotelial a corto y a largo plazo.

Todo lo contrario sucede con la energía liberada, cuantificada mediante el EPT. Tanto en la muestra total como en la que analiza grupos con la misma dureza del cristalino según la clasificación LOCS III, hemos encontrado una correlación moderada, tanto a medio como a largo plazo. Por lo tanto podemos afirmar que la menor liberación de energía proporciona unos procedimientos quirúrgicos menos iatrogénicos.

Pese a aplicar toda nuestra experiencia con programas de modulación de ultrasonidos y fluídica en la técnica coaxial, no hemos conseguido reducir el EPT a cifras similares a las que obtenemos con los grupos bimanuales. El mejor grupo coaxial (2,4) libera aproximadamente el doble de energía que los bimanuales 1,7 y 0,7.

Concluimos que la cirugía más segura y menos iatrogénica la hemos obtenido con el procedimiento bimanual, con los grupos de incisión 1,7 y 0,7 mm y se debe a que con ellos hemos conseguido las menores cifras de EPT.

**CAPITULO 9. CRITERIO DE EFICACIA:
AGUDEZA VISUAL**

CAPITULO 9. CRITERIO DE EFICACIA: AGUDEZA VISUAL

9.1. AGUDEZA VISUAL

El primer parámetro de eficacia en la cirugía de la catarata ha de ser necesariamente la agudeza visual conseguida. En nuestro caso será con corrección pues las lentes implantadas son monofocales (AVcc). No obstante el nivel de exigencia en la cirugía actual es altísimo y prácticamente nuestro objetivo es el 100% de visión. Por lo tanto ya supimos desde el principio que éste iba a ser una variable que no aportaría ninguna significación entre grupos y que la información que de este apartado obtendríamos no sería otra que la confirmación de los buenos resultados que los pacientes consiguen en el siglo XXI.

| Agudeza visual con corrección ($\bar{X} \pm DS$) | Previo cirugía | Día 30 | Día 90 | Día 180 | Día 365 |
|---|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (31) | 0,24 ± 0,11 | 0,99 ± 0,05 | 0,94 ± 0,11 | 0,93 ± 0,09 | 0,70 ± 0,24 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (32) | 0,26 ± 0,13 | 0,99 ± 0,05 | 0,96 ± 0,08 | 0,96 ± 0,09 | 0,79 ± 0,21 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | 0,23 ± 0,12 | 0,99 ± 0,02 | 0,97 ± 0,08 | 0,95 ± 0,09 | 0,76 ± 0,23 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (33) | 0,21 ± 0,11 | 0,99 ± 0,02 | 0,97 ± 0,06 | 0,95 ± 0,10 | 0,76 ± 0,21 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | 0,39 ± 0,10 | 0,98 ± 0,04 | 0,93 ± 0,10 | 0,93 ± 0,11 | 0,81 ± 0,17 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (55) | 0,30 ± 0,13 | 0,98 ± 0,05 | 0,95 ± 0,08 | 0,92 ± 0,11 | 0,73 ± 0,18 |

Tabla 132: Resultados de agudeza visual corregida conseguida por grupos en los controles efectuados.

Adjuntamos en la tabla 132 las media y desviación estándar de cada grupo a estudio en los controles efectuados a los 30, 90, 180 y 365 días. Se pueden observar las excelentes cifras obtenidas por todos los grupos desde la visión previa a la cirugía. Se mantienen en el tiempo pasados los 6 meses, donde progresivamente la opacidad de la cápsula posterior limita el rendimiento. La capsulotomía con láser YAG devuelve las cifras conseguidas por la cirugía.

Hemos efectuado el análisis estadístico correspondiente mediante el test de Kruskal – Wallis pues lógicamente la AVcc no está distribuida con normalidad. Ni en el control al mes de la cirugía, donde se concluyó el tratamiento postoperatorio (tabla 133, $p = 0,067$), ni al día 90 (tabla 134, $p = 0,195$), ni al día 180 (tabla 135, $p = 0,085$), ni al año (tabla 136, $p = 0,291$), se encontraron diferencias significativas entre los grupos.

En todos los trabajos consultados nunca existen diferencias entre los grupos, quizás el metaanálisis de Yu¹⁷⁷ es el trabajo definitivo a este respecto. Es obvio pues si los procedimientos coaxiales con facoemulsificación lineal obtenían mayoritariamente la unidad de visión, las nuevas técnicas han de cumplir estos objetivos necesariamente.

Por lo tanto no existen diferencias entre los grupos y, corolario de esto, entre procedimientos coaxiales y bimanuales. La agudeza visual corregida se consigue muy cercana a la unidad en todos los grupos y se mantiene sin diferencias en todos los controles. Este es una variable poco útil para determinar diferencias clínicas entre ambas técnicas.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|---------|-------|-----|----------------|
| Avest30 | 1 | 31 | 119,10 |
| | 2 | 32 | 119,22 |
| | 3 | 32 | 116,16 |
| | 4 | 33 | 116,36 |
| | 5 | 39 | 103,35 |
| | 6 | 55 | 102,88 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a, b}

| | Avest30 |
|---------------|---------|
| Chi-cuadrado | 10,294 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,067 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 133: Sin diferencias significativas en la agudeza visual a los 30 días.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|---------|-------|-----|----------------|
| Avest90 | 1 | 31 | 107,68 |
| | 2 | 32 | 113,56 |
| | 3 | 32 | 123,42 |
| | 4 | 33 | 122,09 |
| | 5 | 39 | 95,83 |
| | 6 | 55 | 110,27 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a, b}

| | Avest90 |
|---------------|---------|
| Chi-cuadrado | 7,363 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,195 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 134: Sin diferencias significativas en la agudeza visual a los 90 días.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|----------|-------|-----|----------------|
| Avest180 | 1 | 31 | 99,34 |
| | 2 | 32 | 125,00 |
| | 3 | 32 | 121,63 |
| | 4 | 33 | 125,24 |
| | 5 | 39 | 107,01 |
| | 6 | 55 | 99,55 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | Avest180 |
|---------------|----------|
| Chi-cuadrado | 9,671 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,085 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 135: Sin diferencias significativas en la agudeza visual a los 180 días.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|---------|-------|-----|----------------|
| AVsc365 | 1 | 31 | 98,34 |
| | 2 | 32 | 121,73 |
| | 3 | 32 | 115,08 |
| | 4 | 33 | 113,82 |
| | 5 | 39 | 125,49 |
| | 6 | 55 | 99,57 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | AVsc365 |
|---------------|---------|
| Chi-cuadrado | 6,161 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,291 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 136: Sin diferencias significativas en la agudeza visual a los 365 días.

9.2. INDICES DE EFICACIA Y SEGURIDAD REFRACTIVOS

El índice de eficacia refractivo es un parámetro habitual de la cirugía refractiva y se refiere al cociente entre la agudeza visual sin corrección postoperatoria y la agudeza visual con corrección preoperatoria. Informa de la validez en otorgar una visión espontánea como mínimo igual a la que tenía previo al procedimiento quirúrgico con la mejor de las correcciones con gafas o lentes de contacto.

El índice de seguridad se calcula como el cociente entre la agudeza visual con corrección postoperatoria y la agudeza visual preoperatoria. Informa sobre la validez para recuperar visión por la catarata y sobre la iatrogenia del procedimiento, aunque se refiere a complicaciones mayores.

Ambos índices tienen el divisor la máxima agudeza visual preoperatoria. Recordar que ésta era: grupo Coaxial 3,2 = $0,24 \pm 0,11$; grupo Bimanual 1,8 = $0,26 \pm 0,13$; grupo Coaxial 2,8 = $0,23 \pm 0,12$; grupo Bimanual 1,7 = $0,21 \pm 0,11$; grupo Coaxial 2,4 = $0,39 \pm 0,10$; grupo Bimanual 0,7 = $0,30 \pm 0,13$. Por lo tanto los índices son menores puesto que su AVcc es mejor resultado de un grado de catarata algo menos densa.

Como puede observarse en las tablas 137 y 138 todos los grupos superan la unidad por lo que se consideran cirugías eficaces y seguras. No existen diferencias entre los grupos a estudio. Tampoco son parámetros adecuados para comparar las diferencias entre técnicas como sucede con la agudeza visual.

| Indice de eficacia refractiva (AV sc postop / AV cc preop) | Día 30 ($\bar{X} \pm DS$) | Día 90 ($\bar{X} \pm DS$) | Día 180 ($\bar{X} \pm DS$) | Día 365 ($\bar{X} \pm DS$) |
|--|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Coaxial 3,2 (31) | 3,72 ± 3,49 | 4,73 ± 3,64 | 4,80 ± 4,50 | 4,20 ± 3,72 |
| Coaxial 2,8 (32) | 4,64 ± 4,68 | 4,78 ± 4,09 | 4,68 ± 4,34 | 4,71 ± 4,56 |
| Coaxial 2,4 (39) | 4,30 ± 3,70 | 4,60 ± 3,67 | 4,46 ± 3,54 | 4,43 ± 3,67 |
| Bimanual 1,8 (32) | 5,01 ± 3,51 | 5,02 ± 3,46 | 4,85 ± 3,70 | 5,03 ± 3,70 |
| Bimanual 1,7 (33) | 2,02 ± 1,08 | 2,16 ± 1,04 | 2,16 ± 0,97 | 2,26 ± 0,96 |
| Bimanual 0,7 (55) | 3,43 ± 3,45 | 3,42 ± 3,38 | 3,57 ± 3,41 | 3,46 ± 3,20 |

Tabla 137: Todos los grupos superan la unidad en el índice de eficacia.

| Indice de seguridad refractiva (AV cc postop / AV cc preop) | Día 30 ($\bar{X} \pm DS$) | Día 90 ($\bar{X} \pm DS$) | Día 180 ($\bar{X} \pm DS$) | Día 365 ($\bar{X} \pm DS$) |
|---|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Coaxial 3,2 (31) | 5,80 ± 4,43 | 5,37 ± 3,85 | 5,44 ± 4,37 | 5,16 ± 3,87 |
| Coaxial 2,8 (32) | 5,62 ± 4,59 | 5,48 ± 4,61 | 5,44 ± 4,58 | 5,42 ± 4,62 |
| Coaxial 2,4 (39) | 5,82 ± 3,82 | 5,65 ± 3,79 | 5,52 ± 3,68 | 5,61 ± 3,78 |
| Bimanual 1,8 (32) | 6,37 ± 3,86 | 6,27 ± 3,86 | 6,10 ± 3,80 | 6,20 ± 3,90 |
| Bimanual 1,7 (33) | 2,72 ± 0,95 | 2,59 ± 1,00 | 2,58 ± 0,98 | 2,56 ± 1,00 |
| Bimanual 0,7 (55) | 4,74 ± 4,39 | 4,66 ± 4,40 | 4,50 ± 4,35 | 4,33 ± 4,12 |

Tabla 138: Todos los grupos superan la unidad en el índice de seguridad.

9.3. TIEMPO DE REHABILITACIÓN VISUAL

Como variable secundaria nos propusimos evaluar si los pacientes con cirugía bimanual, atendiendo a que su incisión era menor, se rehabilitaban visualmente antes que los grupos coaxiales. Para ello establecimos el control de la agudeza visual con corrección en los días 1, 7, 15 y 30. Eso supuso un esfuerzo considerable en la logística del Servicio, motivo por el que lo realizamos en los primeros 4 grupos y evaluamos el resultado.

Ciertamente la cicatrización ha de ser más rápida con una incisión de 1,8 ó 1,7mm que con la de los grupos de 3,2 ó 2,8 mm. No obstante el tratamiento estándar con corticoides puede retrasar la cicatrización¹⁷⁸ e igualar los tiempos entre técnicas. En nuestro caso prevaleció el criterio de evaluación del engrosamiento macular y prevención del EMQ, ante el tiempo de rehabilitación.

En una primera aproximación estadística mediante ANOVA se observó que lógicamente el control del día 1 era significativamente peor que el resto de los controles. En los grupos Coaxial 3,2 y Coaxial 2,8 no existían diferencias entre el día 7 y día 15, y sí entre los días 7 y 30 y 15 y 30. Por lo tanto no se conseguía la mejor agudeza visual hasta el mes de la cirugía.

En los grupos Bimanual 1,8 y Bimanual 1,7 el comportamiento era igual al primer día de control y no existían diferencias entre el día 7 y 15. Pero entre los días 15 y 30 no existían diferencias, lo que sugería una cicatrización más temprana en el tiempo.

No obstante, un análisis estadístico más apropiado indica que no se puede utilizar ANOVA pues las variables no se distribuyen con normalidad.

Ciertamente los test de Kruskal – Wallis efectuados a los controles entre los grupos demuestran que hay diferencia significativa entre los grupos, pues los controles de los días 1 y 7 siempre son de menor agudeza visual. Entre los 7 y 15 días no hay significación estadística en ninguno de los 4 grupos.

La agudeza visual media en los grupos bimanuales es entre 1 y 11 centésimas mejor que en los grupos coaxiales en el control del día 15 y se iguala en el control al mes, pero no hemos encontrado diferencias significativas entre los grupos al comparar los controles del día 15 y 30 (Coaxial 3,2, Coaxial 2,8 y Bimanual 1,8 $p = 0,000$ y Bimanual 1,7 $p = 0,015$).

Tal vez un control a los 21 días pudiera establecer diferencias. Sería un trabajo interesante pues de confirmarse la cicatrización más temprana se podrían suspender controles y disminuir la medicación tópica, con el ahorro de recursos que ello pudiera conllevar. Con los datos obtenidos podemos concluir que los grupos bimanuales obtienen la agudeza visual máxima más tempranamente, pero el estudio estadístico no ha encontrado diferencias significativas entre técnicas.

**CAPITULO 10. CRITERIO DE EFICACIA:
ASTIGMATISMO**

CAPITULO 10. CRITERIO DE EFICACIA: ASTIGMATISMO

10.1. INTRODUCCIÓN

La cirugía de la catarata ha evolucionado considerablemente en las últimas décadas. Las incisiones han disminuido desde los 10 mm o mayores de la técnica intracapsular, a los 6 a 7 mm de la técnica extracapsular ya con implantes de lentes de PMMA. El efecto de estas incisiones es conocido, la córnea tiene tendencia a aplanarse donde el anillo óptico corneal se ve comprometido por la incisión y, a 90° de dicho meridiano, la córnea aumenta su curvatura¹⁷⁹.

Con la introducción por parte de Kelman⁴² de la facoemulsificación y la incorporación de lentes plegables se han conseguido incisiones menores de 3,5 mm¹⁸⁰. Los trabajos han demostrado que la longitud de la incisión es directamente proporcional a la cantidad de astigmatismo inducido^{175,181,182,183,184,185,186}. Con cada descenso del tamaño de la incisión se ha producido una mejora proporcional de los resultados obtenidos. También se ha conseguido al poder prescindir de la alta capacidad astigmatogénica de los puntos de sutura¹⁸⁷ y modular el tratamiento postoperatorio¹⁷⁸.

Un aspecto importante en la cirugía actual de la catarata es facilitar al paciente una recuperación funcional rápida con una buena calidad de visión. La reducción de las incisiones se ha demostrado asociada a una menor inflamación ocular, menores complicaciones asociadas a la propia herida, menor astigmatismo inducido por la cirugía y una rehabilitación funcional más rápida¹²². Debido a la frecuencia de este procedimiento el impacto socioeconómico no es despreciable.

La cirugía del cristalino se debe considerar un procedimiento terapéutico intrínsecamente, pero su componente refractivo¹²² es cada vez más importante y valorado. Aunque 2/3 de las aberraciones producidas son de segundo orden y se pueden corregir con facilidad con lentes correctoras¹⁸⁸, se ha descrito que la cirugía de la catarata induce y aumenta las aberraciones de alto orden que no se pueden corregir adecuadamente con gafas¹⁸⁹. Por lo tanto es importante no incrementar o inducir astigmatismo u otras aberraciones corneales^{190,191}. La calidad de la córnea consecuentemente es un factor esencial para un buen resultado visual y refractivo^{192,193}.

Las incisiones MICS, por definición realizadas por debajo de 2 mm¹²², está descrito que reducen el trauma quirúrgico corneal y reducen el astigmatismo quirúrgico inducido comparadas con las incisiones corneales habituales^{62,189,194}. La técnica MICS disminuye estas aberraciones¹⁹⁵ o son menores que con la técnica coaxial^{196,197}, mejorando la calidad visual final^{57,198}. Este capítulo profundizará y responderá las preguntas planteadas en relación al astigmatismo inducido por ambas técnicas.

10.2. QUÉ CALCULAR Y CÓMO

El análisis del astigmatismo es esencial para entender los resultados de la cirugía de la catarata. Su abordaje presenta aspectos simples y otros de extraordinaria complejidad. Koch¹⁹⁹ nos indica que estamos habitualmente acostumbrados a valorar elementos como la agudeza visual sin corregir, la pérdida de la mejor visión esperada y el análisis aritmético de los datos astigmáticos para cuantificar nuestros resultados.

El análisis mediante el método sustractivo es la aproximación más básica y determina si aumenta o disminuye el astigmatismo preexistente tras la cirugía²⁰⁰. Esta sustracción o adición aritmética de los valores queratométricos no es el procedimiento más adecuado para la evaluación de los resultados puesto que no es capaz de descartar con la suficiente garantía que los hechos observados sean puramente debidos al azar²⁰¹. No obstante es un método frecuente por su simplicidad y sigue siendo utilizado en algún estudio²⁰².

El paso siguiente para un análisis más sofisticado es calcular el cambio en el astigmatismo inducido mediante el análisis vectorial. Se trata de comprender el procedimiento quirúrgico como una fuerza aplicada sobre la córnea que aplana un meridiano e incurva el opuesto. A diferencia del astigmatismo sustractivo que obtenemos directamente a través de las medidas queratométricas, el vector astigmático se ha de calcular. No lo proporciona directamente un instrumento de medida, pues es la expresión de una ciencia formal como la matemática²⁰¹. Por lo tanto, aunque utilicemos en ambos casos una unidad común, “dioptrías de astigmatismo”, no se pueden mezclar los conceptos de la sustracción y del método vectorial.

El método vectorial no sólo aporta las bases para analizar los resultados de nuestra cirugía, sino que es capaz de proporcionarnos datos para planificar los siguientes procedimientos, determinando así el grado de éxito y error en la

precisión de nuestros nomogramas. Si bien anteriormente se consideró un método laborioso y complejo, los programas de software actuales nos permiten la correcta gestión de los datos. Nuestra base de datos Access dispone de 23 tablas y 24 consultas, nuestro libro de Excel 38 hojas de cálculo, y los procesadores actuales permiten el cálculo a una velocidad y precisión adecuada. Solamente una vez hemos precisado dos ordenadores simultáneos para el cálculo del astigmatismo vectorial.

Hay 6 aproximaciones a este método de cálculo y hay que tener en cuenta que estos métodos han aumentado su complejidad y su capacidad de análisis para satisfacer las necesidades de los algoritmos de cirugía refractiva LASIK. Por lo tanto muchas de sus propiedades no son necesarias para la aproximación quirúrgica de la catarata. Además suelen ir asociados a programas de software costosos como ASSORT o VectrAK. Por lo tanto comentamos los métodos, entendemos el análisis vectorial y proporcionamos una utilidad de descarga gratuita para la correcta valoración de la cirugía de la catarata.

1. Alpíns²⁰⁰:

Utiliza un análisis vectorial para generar varios índices que describen los resultados del astigmatismo. Utiliza tres vectores fundamentales que son el TIA (target induced astigmatism), SIA (surgically induced astigmatism) y DV (difference vector). Establece con ellos índices como el IOS (index of succes) y el CA (coefficient of adjustment).

2. Kaye y Patterson²⁰³:

Utilizan un análisis de vectores para generar índices que nos expliquen los cambios. El GIC (global index correction) describe la media de efecto sobre los componentes esféricos y cilíndricos.

3. Holladay, Moran y Kezirian²⁰⁴:

La magnitud y el eje se convierten en valores cartesianos de x e y que se analizan con un sistema de doble ángulo. En esta aproximación se demuestra porqué la sustracción simple no es el método más adecuado para el análisis del cambio astigmático.

4. Thibos²⁰⁵:

Separa los datos refractivos en 3 vectores, equivalente esférico y dos cilindros cruzados separados a 45 grados.

5. Naeser y Hjortdal^{206,207}:

Utilizan el análisis polar en un método similar a Thibos, con 2 valores polares separados a 45°. Extienden su metodología a un análisis trivariado que proporciona un aspecto tridimensional con ambos valores polares y de equivalente esférico.

6. Harris²⁰⁸:

Realiza un extenso análisis de matrices que resulta “quizás demasiado complejo” según Koch.

En resumen, y brevemente, el astigmatismo es difícil de analizar primariamente por su propia concepción pues tiene una trampa intrínseca en su definición: el eje del astigmatismo vuelve al mismo valor cuando recorre un ángulo de 180 grados. En trigonometría, un ángulo debe atravesar 360 grados para volver a su mismo valor. Por lo tanto para aplicar los conceptos de geometría y trigonometría, y conocer el vector del astigmatismo inducido, los ángulos del astigmatismo se deben doblar para que los 0 y 180 grados sean equivalentes y así poder calcular el correcto valor del astigmatismo inducido. El método más

apropiado para evaluar el astigmatismo²⁰⁴ requiere la conversión de las coordenadas polares (cilindro y eje) a valores cartesianos (x e y)²⁰⁹, efectuar la sustracción entonces y después volver a la notación polar para obtener el resultado.

En el artículo original de Holladay²¹⁰ se describe el método para calcular el astigmatismo inducido. Se consideró incorrecto pues no incorporaba la magnitud y el eje del astigmatismo inducido en los cálculos. Para que los análisis descriptivos se apliquen correctamente cada dato se debe convertir en un sistema x - y de coordenadas. La estadística descriptiva convencional no se puede aplicar a las coordenadas polares ya que la magnitud del cilindro y el eje no son parámetros independientes. Se deben convertir en valores cartesianos utilizando las siguientes ecuaciones que son conceptos trigonométricos básicos que razonan cómo calcular el vector inducido (véase figura 71):

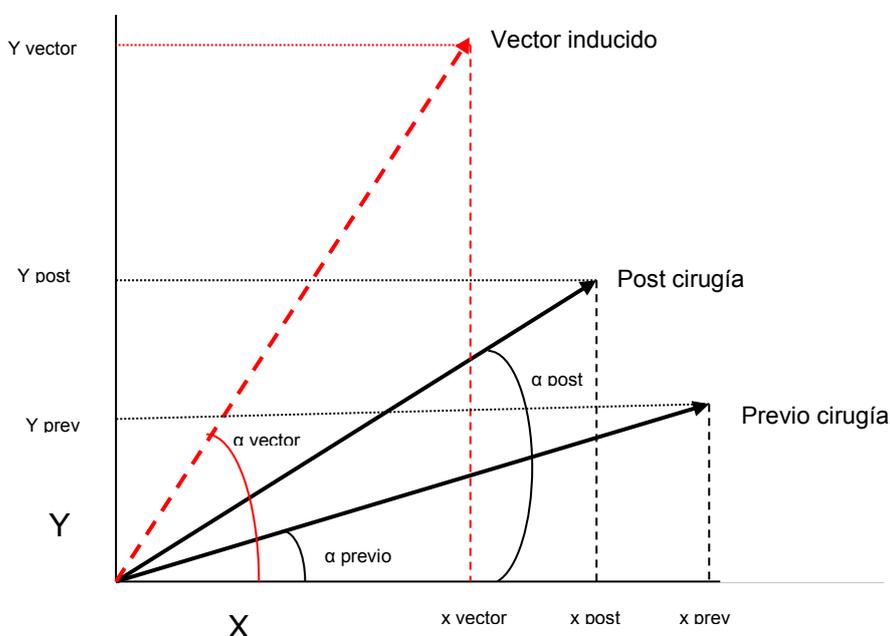


Figura 71: Cálculo trigonométrico del astigmatismo vectorial.

$$\text{Sen } \alpha = Y / \text{módulo (hipotenusa)}$$

$$\text{Cos } \alpha = X / \text{módulo (hipotenusa)}$$

$$\text{Tan } \alpha = Y / X$$

$$\alpha = \arctan (Y / X)$$

Luego despejando los valores de x e y , las fórmulas resultantes serán las siguientes siempre que multipliquemos el ángulo por dos, por las razones arriba expuestas.

$$X = \text{cilindro} * \cos (2 * \text{eje})$$

$$Y = \text{cilindro} * \text{sen} (2 * \text{eje})$$

Una vez que tenemos la notación polar transformada en valores cartesianos, podemos efectuar la substracción para después convertirlo de nuevo en notación polar.

El vector inducido responde a las siguientes fórmulas:

$$X_{\text{ind}} = X_{\text{post}} - X_{\text{pre}}$$

$$Y_{\text{ind}} = Y_{\text{post}} - Y_{\text{pre}}$$

De donde tendremos que el módulo final o potencia en dioptrías es:

$$D = \sqrt{X_{\text{ind}}^2 + Y_{\text{ind}}^2}$$

Y el ángulo es

$$\alpha = \arctan (Y_{\text{ind}} / X_{\text{ind}}) * 0,5$$

La media de una serie de valores se suele llamar “centroid” y equivale al vector medio en notación polar de toda la serie. Se calcula del mismo modo pero utilizando la media de los valores cartesianos.

Recordar que hay que realizar un ajuste final que es el siguiente:

| | |
|----------------------|-------------------------------------|
| Si x e $y > 0$, | el ángulo definitivo = ángulo |
| Si $x < 0$, | el ángulo definitivo = ángulo + 90 |
| Si $x > 0$ e $y < 0$ | el ángulo definitivo = ángulo + 180 |

Por ejemplo si el centroid preoperatorio es $x=-0,956$ e $y=0,070$

$$D = \sqrt{-0,956^2 + 0,070^2} = 0,959$$

$$\alpha = \arctan (0,070/-0,956) * 0,5 = -2,1^\circ$$

como $x < 0$ se suma 90, luego $87,9^\circ$

Lo cual da un valor medio de astigmatismo de **+0,959 D a 87,9°**

Por último referir que existen diversos programas que calculan el astigmatismo vectorial y diferentes índices de los métodos de los autores arriba citados. Son herramientas con un costo considerable pero útiles para los cirujanos que efectúan LASIK. Se instalan habitualmente en los topógrafos y exportan y analizan directamente los datos. Para el cirujano de polo anterior y que no disponga de esa tecnología, recomendamos la sencilla utilidad gratuita de los doctores Saurabh Sawhney y Aashima Aggarwal. Dispone de tres versiones según nuestra preferencia al calcular un caso aislado, hasta 200 o filtrados por diferentes valores. Es suficiente una hoja de Excel, introducir los datos siguiendo unas precisas instrucciones (orden de la queratometría, ejes...) y nos calcula el astigmatismo inducido por caso, la media y el centroid con eje. Está disponible en: http://www.insighteyec clinic.in/SIA_calculator.php

10.3. ESTUDIOS PUBLICADOS

Agarwal en 2001⁵⁶ publica sus primeros estudios de facoemulsificación a través de 0,9 mm. Lo denomina “phakonit” al derivar el nombre de “phako”, “n” de needle y efectuar la técnica a través de una incisión (“i”) con el tip (“t”) de faco. Explica la base de su nueva técnica e implanta una lente de Staar a través de una incisión de 2 mm. No hay referencias en cuanto al astigmatismo inducido. En una carta publicada en el mismo año⁵⁵ refiere que su primera cirugía la efectuó en agosto de 1998 pero que la mayor limitación que encuentra es la ausencia de lentes plegables para poder ser implantadas por pequeñas incisiones. Probablemente por ello no estudia el astigmatismo inducido y se centra en la posibilidad real de efectuar facoemulsificación a través de incisiones pequeñas y en la repercusión quirúrgica de retirar el manguito de silicona que protege la aguja.

Tsuneoka⁶² en sus primeros estudios con microincisión en el año 2002, debe ampliar la incisión a 4,1 mm y comenta que el implante induce un cambio de astigmatismo corneal de 0,35 D a la semana, 0,22 D al mes y de 0,18 D a los 3 meses. El trabajo está orientado a estudiar las quemaduras corneales con lo cual no incide más en este aspecto. No obstante su astigmatismo es muy bajo para incisiones de 4 mm.

Alió¹²² analiza en 2005 el astigmatismo vectorial en un estudio de 100 pacientes con los que compara MICS y coaxial. Es el gran estudio que fundamenta las bases definitivas de la técnica. La incisión media del grupo MICS fue de $1,7 \pm 0,21$ mm y en el grupo coaxial $3,1 \pm 0,25$ mm. Hubo un cambio de $0,36 \text{ D} \pm 0,232$ en el grupo MICS comparado con $1,2 \text{ D} \pm 0,74$ en el grupo coaxial. Además más del 50% del grupo coaxial tuvo más de 1 D de astigmatismo inducido mientras que en el grupo bimanual esto no sucedió.

En el estudio de Kurz¹⁵⁶ se compara el procedimiento bimanual con el coaxial. La técnica bimanual se realiza mediante una incisión de 1,5 mm a las 11 h y otra de 1 mm a las 2 h, para implantar la lente amplía a 1,7 mm la incisión principal. En el procedimiento coaxial realiza una incisión de 2,75 mm a las 12 h que no precisa ampliar. En el control efectuado a las 8 semanas el astigmatismo medio del grupo bimanual es de -0,4 D (0 a -2,8) y en el grupo coaxial -0,7 D (0 a -2,6). El vector medio es de -0,15 D a 142° en el grupo bimanual y de -0,31 D a 101° en el grupo coaxial. Si bien aporta suficiente e interesante información en cuanto a aspectos generales de la técnica quirúrgica y de la repercusión endotelial, el análisis astigmático no se analiza en extrema profundidad, aunque vemos la tendencia a generar un vector astigmático menor.

Otros autores también han reportado un descenso en el astigmatismo inducido^{62,194}. Yao¹⁹⁰ encuentra que el astigmatismo fue menor en el grupo MICS (0,78 D ± 0,38) que en el grupo coaxial (1,29 D ± 0,68) y que la calidad corneal es mejor (estudio mediante el análisis del MTF). Para otros autores el astigmatismo inducido está cerca del cambio cero¹⁹⁵.

Pero todos los trabajos no reportan esa misma corriente de menor astigmatismo inducido. Cavallini¹⁴⁹ en 2007 compara ambas técnicas. Utiliza dos incisiones de 1,4 mm a las 10 y 2 h, e implanta la lente con una tercera incisión a las 12h de 2,2 mm. La técnica coaxial se efectúa mediante una incisión de 2,2 mm a las 10 h. Es de los pocos trabajos en que el vector resultante a los tres meses es mayor en el grupo bimanual (0,67 D ± 0,47) que en el coaxial (0,56 D ± 0,54). Este hecho nos hizo leer cuidadosamente el trabajo y encontramos datos muy interesantes. Al mes el astigmatismo inducido es de 0,69 D ± 0,41 en el grupo bimanual y de 0,72 D ± 0,74 en el grupo coaxial, por lo que son similares siendo el bimanual menor y con menor desviación estándar. No obstante se suele citar el trabajo, en cuanto al astigmatismo se refiere, porque los datos a 3 meses son mejores en coaxial. No obstante no hay significación estadística ni al mes ni a los 3 meses. Quizás

la explicación está en la necesidad de una tercera incisión para implantar la lente de 2,2 mm y situarla a las 12 h, mientras que en el grupo coaxial la sitúa a las 10h (temporal superior) que, de todos es conocido, induce menos astigmatismo, sesgando así la muestra y sus resultados. Para razonarlo recordamos dos trabajos: Simsek²¹¹ evalúa 40 ojos de 20 pacientes en los que efectúa incisión superior en ojos derechos o temporal en ojos izquierdos. La media de astigmatismo previo era de 0,63 D \pm 0,21D y 0,65 D \pm 0,20 D. El astigmatismo medio a los 3 meses era 1,60 D \pm 0,37 en el grupo superior y 0,62 D \pm 0,28 en el temporal. Existía una significación en cuanto a menor astigmatismo en el grupo temporal. Masket²¹² determina que las incisiones corneales temporales de 3 mm son estables a las 2 semanas y que el vector generado es de aproximadamente 0,5 D. Pero si efectuamos la incisión en el meridiano más curvo el astigmatismo generado es de menos de 0,25 D.

La incisión en la facoemulsificación coaxial debe ser cuidadosa para evitar un aumento del astigmatismo, empeorando así un procedimiento que cada vez tiene el componente refractivo más acusado. Borasio²¹³ estudia el astigmatismo inducido en relación a la incisión temporal o sobre el meridiano más curvo. Curiosamente el vector del astigmatismo inducido a las 3 semanas es de 0,5 D en la incisión temporal y de 0,65 D si está situado en el meridiano más curvo. No hay diferencias significativas, pero sí que las hay a las 8 semanas donde la incisión temporal es de 0,34 D y la situada en el meridiano más curvo de 0,63 D. En el citado estudio se demuestra que la incisión en el meridiano más curvo es estable durante todo el seguimiento, mientras que la temporal varía entre las 3 y 7 semanas. También son interesantes los estudios de Olsen²¹⁴ con incisiones coaxiales de 3 a 4 mm y 0,72 D \pm 0,35 de astigmatismo inducido y Long²¹⁵ con 0,90 D en la incisión superior y 0,60 D en la incisión horizontal, sin diferencias estadísticas entre 3 y 3,5 mm. Elkady¹⁹⁵ reporta en su estudio bimanual un astigmatismo inducido a los 3 m de -0,19 D \pm

0,4. En estos casos siempre la incisión se ha efectuado en el meridiano más curvo.

Recordar que nosotros decidimos efectuar siempre la incisión para implantar la lente sobre el meridiano más curvo con el objetivo de aplanarlo. Aunque el efecto de una incisión de 1,7 mm fuera escaso, sobre todo con la segunda incisión del procedimiento bimanual, de 1 a 1, 2 mm y situada a 90° de la primera, que neutraliza en parte su efecto. Además encontramos más natural el acceso a los grados situados entre 0 y 90°, en los que el abordaje en coaxial ha de ser temporal. Lo solucionamos en bimanual implantando la LIO con la mano izquierda y sin movernos de la posición habitual del cirujano.

Interesante es el estudio de Morcillo-Laiz²¹⁶ en que compara la cirugía coaxial de 2,8 mm siempre en incisión temporal, con bimanual (a 45° y 135°) e incisión de 2 mm epitelial. Apenas hay diferencias siendo el vector coaxial de 0,49 D ± 0,38 y el de MICS de 0,48 D ± 0,37. Pero establece un grupo de control al que realiza las mismas topografías corneales sin efectuarles ninguna cirugía, el vector de este grupo control es de 0,31 D ± 0,27. No existen diferencias estadísticas entre ambas técnicas quirúrgicas pero sí con el grupo control.

Can en 2010¹⁷⁶ compara incisiones de 2,8 mm, 2,2 mm y 1,4 mm. El astigmatismo inducido es de 0,46 D para las incisiones de 2,8 mm, 0,24 D para las de 2,2 mm y de 0,13 D para las bimanuales. No sólo esta diferencia es estadísticamente significativa, sino que demuestra que el tiempo de recuperación es más rápido con las incisiones pequeñas: la máxima visión se consigue a los 40,9 días de media, con 2,2 mm a los 47,9 días y con bimanual a los 25,1 días.

Finalmente en el metaanálisis de Yu de 2012¹⁵⁴ también se analiza el astigmatismo inducido entre los artículos publicados. Aunque en los trabajos de Morcillo-Laiz y Kurz, citados más arriba en este capítulo, no hay diferencias estadísticas, en otros trabajos como los de Alió y Can sí que las hay. Destaca Yu que los estudios tienen diferencias fundamentales como situar siempre la incisión en un mismo eje o situarla sistemáticamente en el meridiano más curvo. En el metaanálisis sí que existen diferencias estadísticas entre los grupos ($p = 0,01$) siendo el grupo biaxial menor que el grupo coaxial.

10.4. ASTIGMATISMO POR SUSTRACCIÓN

Ya hemos argumentado arriba por qué el método sustractivo no es el más eficaz para una valoración adecuada del efecto de la cirugía sobre el astigmatismo inducido. Si bien puede servirnos para calcular variaciones en el componente esférico de la refracción, el astigmatismo ha de describirse como una anotación polar, es decir, dioptrías a unos grados concretos. La sustracción prescinde de los grados y sólo cuantifica las dioptrías del mismo, por lo tanto sus conclusiones son incorrectas. Del mismo modo no se pueden aplicar directamente los análisis estadísticos sobre la anotación polar y es por ello que el método vectorial, aunque más complejo, es el más adecuado.

No obstante dedicaremos unas líneas a observar los resultados por este método y así dejar constancia de que las conclusiones que obtendríamos no son las correctas.

En la tabla 139 se presentan las diferencias sustractivas del astigmatismo queratométrico en los controles efectuados en los días 30, 90, 180 y 365. Puede observarse que, en todos los controles e independientemente de la técnica o incisión efectuada, la variación del astigmatismo es inferior a una décima de dioptría.

En las tablas 140 a 143 se adjunta el test Kruskal – Wallis adecuado para esta distribución no paramétrica. En ninguno de los controles existe diferencia significativa entre los grupos a estudio.

| Astigmatismo por sustracción ($\bar{x} \pm DS$) | Día 30 | Día 90 | Día 180 | Día 365 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Grupo 1 Coaxial 3,2 (31) | 0,04 ± 0,40 | 0,02 ± 0,38 | 0,04 ± 0,34 | 0,08 ± 0,36 |
| Grupo 2 Bimanual 1,8 (32) | -0,02 ± 0,20 | 0,01 ± 0,22 | -0,01 ± 0,22 | -0,01 ± 0,22 |
| Grupo 3 Coaxial 2,8 (32) | -0,02 ± 0,45 | 0,02 ± 0,41 | 0,06 ± 0,40 | 0,06 ± 0,41 |
| Grupo 4 Bimanual 1,7 (33) | -0,06 ± 0,27 | -0,03 ± 0,33 | -0,01 ± 0,30 | 0,00 ± 0,37 |
| Grupo 5 Coaxial 2,4 (39) | -0,07 ± 0,50 | 0,09 ± 0,66 | 0,09 ± 0,58 | 0,08 ± 0,62 |
| Grupo 6 Bimanual 0,7 (55) | -0,03 ± 0,33 | 0,00 ± 0,67 | -0,01 ± 0,55 | -0,05 ± 0,37 |

Tabla 139: Resultados de astigmatismo calculados por el método de sustracción.

La conclusión inmediata y precipitada sería que el astigmatismo provocado por la cirugía es mínimo, menos de 0,1 D, cuando la lente comercial más pequeña para su corrección es de 0,25 D. Luego clínicamente sin trascendencia. Además no hay diferencias entre incisiones ni entre técnicas... Lógicamente es una falsa apreciación del método científico y el siguiente capítulo demostrará con precisión que sí existen diferencias.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|-------------------------------|-------|-----|----------------|
| Tabla día 30. Substracción | 1 | 31 | 126,66 |
| | 2 | 32 | 117,13 |
| | 3 | 32 | 119,23 |
| | 4 | 33 | 101,76 |
| | 5 | 39 | 103,62 |
| | 6 | 55 | 106,62 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,b}

| | Tabla día 30. Substracción |
|---------------|-------------------------------|
| Chi-cuadrado | 4,400 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,493 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 140: Sin diferencia significativa entre los grupos, por sustracción, en el control del día 30.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|-------------------------------|-------|-----|----------------|
| Tabla día 90. Substracción | 1 | 31 | 116,19 |
| | 2 | 32 | 111,50 |
| | 3 | 32 | 116,05 |
| | 4 | 33 | 100,36 |
| | 5 | 39 | 124,15 |
| | 6 | 55 | 103,92 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,b}

| | Tabla día 90. Substracción |
|---------------|-------------------------------|
| Chi-cuadrado | 3,824 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,575 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 141: Sin diferencia significativa entre los grupos, por sustracción, en el control del día 90.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|--------------------------------|-------|-----|----------------|
| Tabla día 180. Substracción | 1 | 31 | 115,94 |
| | 2 | 32 | 107,63 |
| | 3 | 32 | 125,92 |
| | 4 | 33 | 104,32 |
| | 5 | 39 | 124,31 |
| | 6 | 55 | 98,09 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,b}

| | Tabla día 180. Substracción |
|---------------|--------------------------------|
| Chi-cuadrado | 6,666 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,247 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 142: Sin diferencia significativa entre los grupos, por sustracción, en el control del día 180.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|--------------------------------|-------|-----|----------------|
| Tabla día 365. Substracción | 1 | 31 | 121,87 |
| | 2 | 32 | 109,34 |
| | 3 | 32 | 124,88 |
| | 4 | 33 | 107,82 |
| | 5 | 39 | 120,37 |
| | 6 | 55 | 95,05 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,b}

| | Tabla día 365. Substracción |
|---------------|--------------------------------|
| Chi-cuadrado | 7,191 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,207 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 143: Sin diferencia significativa entre los grupos, por sustracción, en el control del día 365.

10.5 ASTIGMATISMO VECTORIAL

Para cada uno de los casos de la totalidad de las cirugías hemos calculado el vector del astigmatismo inducido (SIA) con el fin de efectuar el análisis estadístico adecuado. Se resume en la tabla 144 el SIA medio de cada uno de los grupos y en cada uno de los controles. Se representa en la figura 72 para facilitar su comprensión visual.

| Astigmatismo vectorial ($\bar{x} \pm DS$) | Día 30 | Día 90 | Día 180 | Día 365 |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Coaxial 3,2 (31) | 0,81 \pm 0,62 | 0,72 \pm 0,62 | 0,80 \pm 0,74 | 0,75 \pm 0,65 |
| Coaxial 2,8 (32) | 0,67 \pm 0,38 | 0,60 \pm 0,60 | 0,65 \pm 0,39 | 0,64 \pm 0,34 |
| Coaxial 2,4 (39) | 0,58 \pm 0,30 | 0,55 \pm 0,27 | 0,55 \pm 0,34 | 0,59 \pm 0,48 |
| Bimanual 1,8 (32) | 0,45 \pm 0,26 | 0,51 \pm 0,20 | 0,51 \pm 0,19 | 0,52 \pm 0,28 |
| Bimanual 1,7 (33) | 0,42 \pm 0,17 | 0,42 \pm 0,30 | 0,46 \pm 0,19 | 0,47 \pm 0,24 |
| Bimanual 0,7 (55) | 0,37 \pm 0,24 | 0,45 \pm 0,50 | 0,43 \pm 0,46 | 0,41 \pm 0,28 |

Tabla 144: Astigmatismo inducido calculado por el método vectorial.

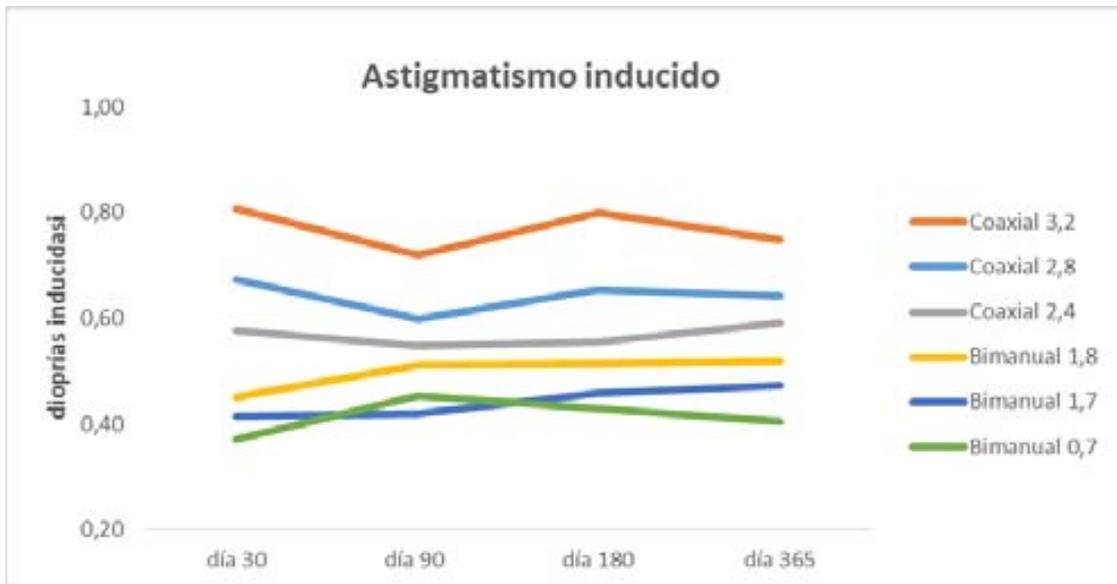


Figura 72: Representación gráfica del astigmatismo inducido calculado por el método vectorial.

Se puede apreciar que los tres grupos coaxiales inducen un mayor astigmatismo que los tres bimanuales. El grupo que crea mayor astigmatismo inducido es el Coaxial 3,2 y a continuación se encuentran los dos grupos coaxiales restantes. El grupo Bimanual 1,8 es el que mayor astigmatismo induce de los bimanuales, pero es menor que todos los grupos coaxiales. Los grupos Bimanual 1,7 y 0,7 se superponen en algunos controles, aunque en líneas generales el grupo 0,7 es el de mejor comportamiento. Esto es lógico pues en ambos la lente se implanta por 1,7 mm: en el grupo Bimanual 1,7 la cirugía se efectúa por 1,4 mm y se amplía a 1,7, y en el grupo Bimanual 0,7 se efectúa con instrumentos de microMICS a través de dos incisiones de 0,7 mm y se amplía únicamente a 1,7 mm para el implante de la LIO. El estrés corneal es menor y se refleja en un astigmatismo inducido menor en la mayoría de los controles.

Hemos analizado los controles efectuados a 30, 90, 180 y 365 días por cada grupo a estudio y no hay diferencias significativas entre sí, por lo tanto cada grupo se comporta como una línea plana con astigmatismo homogéneo. A continuación efectuaremos un análisis detallado entre grupos para cada control efectuado.

10.5.1. Vector astigmático al día 30

En la tabla 145 se resume el vector astigmático 30 días tras la cirugía y una vez que todo el tratamiento postoperatorio se ha suspendido. Se observa un patrón que se repite en todos los controles posteriores: todos los grupos coaxiales inducen un astigmatismo vectorial mayor que los bimanuales.

También se observa una disminución del astigmatismo en relación al tamaño de la incisión, no obstante el menor de los grupos coaxiales (2,4: 0,58 D \pm 0,30) es incapaz de igualar el vector de los bimanuales, incluso el de mayor incisión y peor resultado (1,8: 0,45 D \pm 0,26).

Por lo tanto, y de acuerdo con la literatura consultada y citada arriba, los grupos bimanuales inducen menos astigmatismo que los coaxiales, siendo los de menor incisión de cada técnica los que menos lo inducen. Procedemos al estudio estadístico con la misma metodología utilizada durante toda esta tesis, puesto que existe discrepancia en la bibliografía sobre si esta disminución astigmática adquiere significación estadística o no.

| Astigmatismo vectorial (D) | Día 30 ($\bar{X} \pm DS$) |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Coaxial 3,2 (31) | 0,81 \pm 0,62 |
| Coaxial 2,8 (32) | 0,67 \pm 0,38 |
| Coaxial 2,4 (39) | 0,58 \pm 0,30 |
| Bimanual 1,8 (32) | 0,45 \pm 0,26 |
| Bimanual 1,7 (33) | 0,42 \pm 0,17 |
| Bimanual 0,7 (55) | 0,37 \pm 0,24 |

Tabla 145: Astigmatismo vectorial 30 días tras la cirugía.

La distribución de la variable “vector a los 30 días” no está distribuida con normalidad (test de Kolmogorov-Smirnov de la tabla 146) y el test de Kruskal-Wallis demuestra que existen diferencias significativas entre los grupos (tabla 147). Por lo tanto se analizan los grupos de dos en dos mediante la U de Mann-Whitney para establecer en qué grupos existen las diferencias.

Adjuntamos a continuación en las tablas 148 a 155 únicamente los grupos en que estas diferencias son estadísticamente significativas.

En resumen de este apartado se puede afirmar que:

- a) No se encuentran diferencias entre grupos con la misma técnica, sea bimanual o coaxial.
- b) El grupo Coaxial 3,2 obtiene significativamente peor resultado que los tres grupos bimanuales.
- c) El grupo Coaxial 2,8 también obtiene significativamente peor resultado que los tres grupos bimanuales.
- d) El grupo Coaxial 2,4 obtiene significativamente peor resultado que los grupos Bimanual 1,7 y Bimanual 0,7.

Pruebas de normalidad

| Grupo | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|----------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Vector 1 | ,212 | 31 | ,001 | ,731 | 31 | ,000 |
| 2 | ,139 | 32 | ,121 | ,930 | 32 | ,038 |
| 3 | ,142 | 32 | ,097 | ,922 | 32 | ,024 |
| 4 | ,209 | 33 | ,001 | ,826 | 33 | ,000 |
| 5 | ,090 | 39 | ,200* | ,963 | 39 | ,222 |
| 6 | ,141 | 55 | ,008 | ,932 | 55 | ,004 |

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 146: La variable vector astigmático a los 30 días no está distribuida con normalidad.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|--------|-------|-----|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 150,60 |
| | 2 | 32 | 99,81 |
| | 3 | 32 | 136,78 |
| | 4 | 33 | 95,94 |
| | 5 | 39 | 127,00 |
| | 6 | 55 | 79,90 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a, b}

| | Vector |
|---------------|--------|
| Chi-cuadrado | 35,026 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,000 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 147: **Significación por grupos** en el análisis del vector inducido a los 30 días.

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 39,58 | 1227,00 |
| | 2 | 32 | 24,66 | 789,00 |
| | Total | 63 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 261,000 |
| W de Wilcoxon | 789,000 |
| Z | -3,231 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 148: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (**Coaxial 3,2**) y 2 (**Bimanual 1,8**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 41,84 | 1297,00 |
| | 4 | 33 | 23,73 | 783,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 222,000 |
| W de Wilcoxon | 783,000 |
| Z | -3,889 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 149: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (**Coaxial 3,2**) y 4 (**Bimanual 1,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 60,03 | 1861,00 |
| | 6 | 55 | 34,18 | 1880,00 |
| | Total | 86 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 340,000 |
| W de Wilcoxon | 1880,000 |
| Z | -4,610 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 150: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (**Coaxial 3,2**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 2 | 32 | 27,06 | 866,00 |
| | 3 | 32 | 37,94 | 1214,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 338,000 |
| W de Wilcoxon | 866,000 |
| Z | -2,336 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,019 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 151: **Diferencia significativa** entre los grupos 2 (**Bimanual 1,8**) y 3 (**Coaxial 2,8**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 3 | 32 | 39,03 | 1249,00 |
| | 4 | 33 | 27,15 | 896,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 335,000 |
| W de Wilcoxon | 896,000 |
| Z | -2,533 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,011 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 152: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (Coaxial 2,8) y 4 (Bimanual 1,7).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 3 | 32 | 57,16 | 1829,00 |
| | 6 | 55 | 36,35 | 1999,00 |
| | Total | 87 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 459,000 |
| W de Wilcoxon | 1999,000 |
| Z | -3,706 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 153: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (Coaxial 2,8) y 6 (Bimanual 0,7).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 4 | 33 | 30,50 | 1006,50 |
| | 5 | 39 | 41,58 | 1621,50 |
| | Total | 72 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 445,500 |
| W de Wilcoxon | 1006,500 |
| Z | -2,238 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,025 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 154: **Diferencia significativa** entre los grupos 4 (**Bimanual 1,7**) y 5 (**Coaxial 2,4**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 5 | 39 | 58,87 | 2296,00 |
| | 6 | 55 | 39,44 | 2169,00 |
| | Total | 94 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 629,000 |
| W de Wilcoxon | 2169,000 |
| Z | -3,404 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 155: **Diferencia significativa** entre los grupos 5 (**Coaxial 2,4**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

10.5.2. Vector astigmático al día 90

En la tabla 156 se resume el vector astigmático a los 90 días de la cirugía. Se observa el mismo patrón por el que todos los grupos coaxiales inducen un astigmatismo vectorial mayor que los bimanuales.

Recordar que no existen diferencias significativas entre cada uno de los controles efectuados en el estudio para un mismo grupo, sea coaxial o bimanual.

Como curiosidad, el vector astigmático del grupo Bimanual 0,7 es ligeramente mayor que el del grupo Bimanual 1,7. A continuación veremos que sin diferencias significativas.

| Astigmatismo vectorial (D) | Día 90 ($\bar{X} \pm DS$) |
|----------------------------|--------------------------------|
| Coaxial 3,2 (31) | 0,72 \pm 0,62 |
| Coaxial 2,8 (32) | 0,60 \pm 0,60 |
| Coaxial 2,4 (39) | 0,55 \pm 0,27 |
| Bimanual 1,8 (32) | 0,51 \pm 0,20 |
| Bimanual 1,7 (33) | 0,42 \pm 0,30 |
| Bimanual 0,7 (55) | 0,45 \pm 0,50 |

Tabla 156: Astigmatismo vectorial 90 días tras la cirugía.

La distribución de la variable “vector a los 90 días” no está distribuida con normalidad (test de Kolmogorov-Smirnov de la tabla 157) y el test de Kruskal-Wallis demuestra que existen diferencias significativas entre los grupos (tabla 158). Por lo tanto se analizan los grupos de dos en dos mediante la U de Mann-Whitney para establecer en qué grupos existen las diferencias.

Adjuntamos a continuación en las tablas 159 a 166 únicamente los grupos en que estas diferencias son estadísticamente significativas.

En resumen de este apartado se puede afirmar que:

- a) No se encuentran diferencias entre grupos si la técnica es coaxial.
- b) El grupo Coaxial 3,2 obtiene significativamente peor resultado que los grupos Bimanual 1,7 y Bimanual 0,7.
- c) El grupo Coaxial 2,8 también obtiene significativamente peor resultado que los grupos Bimanual 1,7 y Bimanual 0,7.
- d) El grupo Coaxial 2,4 obtiene significativamente peor resultado que los grupos Bimanual 1,7 y Bimanual 0,7.
- e) El grupo Bimanual 1,8 obtiene significativamente peor resultado que los grupos Bimanual 1,7 y Bimanual 0,7
- f) En el control a los 90 días los grupos Bimanual 1,7 y Bimanual 0,7 son mejores significativamente que todos los grupos coaxiales e incluso que el Bimanual inicial de 1,8 mm.

Pruebas de normalidad

| Grupo | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|----------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Vector 1 | ,197 | 31 | ,004 | ,755 | 31 | ,000 |
| 2 | ,084 | 32 | ,200* | ,976 | 32 | ,663 |
| 3 | ,113 | 32 | ,200* | ,955 | 32 | ,200 |
| 4 | ,182 | 33 | ,007 | ,856 | 33 | ,000 |
| 5 | ,163 | 39 | ,011 | ,898 | 39 | ,002 |
| 6 | ,200 | 55 | ,000 | ,681 | 55 | ,000 |

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 157: La variable vector astigmático a los 90 días no está distribuida con normalidad.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|--------|-------|-----|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 136,32 |
| | 2 | 32 | 120,64 |
| | 3 | 32 | 128,56 |
| | 4 | 33 | 90,38 |
| | 5 | 39 | 122,99 |
| | 6 | 55 | 86,79 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | Vector |
|---------------|--------|
| Chi-cuadrado | 20,492 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,001 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 158: **Significación por grupos** en el análisis del vector inducido a los 90 días.

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 39,10 | 1212,00 |
| | 4 | 33 | 26,30 | 868,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 307,000 |
| W de Wilcoxon | 868,000 |
| Z | -2,747 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,006 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 159: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (Coaxial 3,2) y 4 (Bimanual 1,7).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 54,02 | 1674,50 |
| | 6 | 55 | 37,57 | 2066,50 |
| | Total | 86 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 526,500 |
| W de Wilcoxon | 2066,500 |
| Z | -2,932 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,003 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 160: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (Coaxial 3,2) y 6 (Bimanual 0,7).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 2 | 32 | 38,34 | 1227,00 |
| | 4 | 33 | 27,82 | 918,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 357,000 |
| W de Wilcoxon | 918,000 |
| Z | -2,244 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,025 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 161: **Diferencia significativa** entre los grupos 2 (**Bimanual 1,8**) y 4 (**Bimanual 1,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 2 | 32 | 53,19 | 1702,00 |
| | 6 | 55 | 38,65 | 2126,00 |
| | Total | 87 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 586,000 |
| W de Wilcoxon | 2126,000 |
| Z | -2,588 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,010 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 162: **Diferencia significativa** entre los grupos 2 (**Bimanual 1,8**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 3 | 32 | 38,22 | 1223,00 |
| | 4 | 33 | 27,94 | 922,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 361,000 |
| W de Wilcoxon | 922,000 |
| Z | -2,191 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,028 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 163: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (Coaxial 2,8) y 4 (Bimanual 1,7).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 3 | 32 | 53,06 | 1698,00 |
| | 6 | 55 | 38,73 | 2130,00 |
| | Total | 87 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 590,000 |
| W de Wilcoxon | 2130,000 |
| Z | -2,553 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,011 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 164: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (Coaxial 2,8) y 6 (Bimanual 0,7).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 4 | 33 | 29,70 | 980,00 |
| | 5 | 39 | 42,26 | 1648,00 |
| | Total | 72 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 419,000 |
| W de Wilcoxon | 980,000 |
| Z | -2,537 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,011 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 165: **Diferencia significativa** entre los grupos 4 (**Bimanual 1,7**) y 5 (**Coaxial 2,4**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 5 | 39 | 57,22 | 2231,50 |
| | 6 | 55 | 40,61 | 2233,50 |
| | Total | 94 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 693,500 |
| W de Wilcoxon | 2233,500 |
| Z | -2,909 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,004 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 166: **Diferencia significativa** entre los grupos 5 (**Coaxial 2,4**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

10.5.3. Vector astigmático al día 180

En la tabla 167 se resume el vector astigmático a los 180 días de la cirugía. Se observa y confirma el mismo patrón por el que todos los grupos coaxiales inducen un astigmatismo vectorial mayor que los bimanuales.

| Astigmatismo vectorial (D) | Día 180 ($\bar{X} \pm DS$) |
|----------------------------|---------------------------------|
| Coaxial 3,2 (31) | 0,80 \pm 0,74 |
| Coaxial 2,8 (32) | 0,65 \pm 0,39 |
| Coaxial 2,4 (39) | 0,55 \pm 0,34 |
| Bimanual 1,8 (32) | 0,51 \pm 0,19 |
| Bimanual 1,7 (33) | 0,46 \pm 0,19 |
| Bimanual 0,7 (55) | 0,43 \pm 0,46 |

Tabla 167: Astigmatismo vectorial 180 días tras la cirugía.

La distribución de la variable “vector a los 180 días” no está distribuida con normalidad (test de Kolmogorv-Smirnov de la tabla 168) y el test de Kruskal-Wallis demuestra que existen diferencias significativas entre los grupos (tabla 169). Por lo tanto se analizan los grupos de dos en dos mediante la U de Mann-Whitney para establecer en qué grupos existen las diferencias.

Adjuntamos a continuación en las tablas 170 a 176 únicamente los grupos en que estas diferencias son estadísticamente significativas.

En resumen de este apartado se puede afirmar que:

- a) No se encuentran diferencias entre grupos si la técnica es coaxial.
- b) El grupo Coaxial 3,2 obtiene significativamente peor resultado que los grupos Bimanual 1,7 y Bimanual 0,7.
- c) El grupo Coaxial 2,8 también obtiene significativamente peor resultado que los grupos Bimanual 1,7 y Bimanual 0,7.
- d) El grupo Coaxial 2,4 obtiene significativamente peor resultado que el grupo Bimanual 0,7.
- e) El grupo Bimanual 1,8 obtiene significativamente peor resultado que el grupo Bimanual 0,7.
- f) El grupo Bimanual 0,7 significativamente mejor resultado que todos los grupos a estudio, incluidos los otros dos bimanuales.

Pruebas de normalidad

| Grupo | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|----------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Vector 1 | ,220 | 31 | ,001 | ,742 | 31 | ,000 |
| 2 | ,103 | 32 | ,200* | ,969 | 32 | ,479 |
| 3 | ,115 | 32 | ,200* | ,957 | 32 | ,227 |
| 4 | ,093 | 33 | ,200* | ,969 | 33 | ,446 |
| 5 | ,120 | 39 | ,170 | ,945 | 39 | ,057 |
| 6 | ,237 | 55 | ,000 | ,602 | 55 | ,000 |

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 168: La variable vector astigmático a los 180 días no está distribuida con normalidad.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|--------|-------|-----|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 134,84 |
| | 2 | 32 | 118,64 |
| | 3 | 32 | 133,56 |
| | 4 | 33 | 103,92 |
| | 5 | 39 | 117,22 |
| | 6 | 55 | 81,85 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | Vector |
|---------------|--------|
| Chi-cuadrado | 20,757 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,001 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 169: **Significación por grupos** en el análisis del vector inducido a los 180 días.

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 37,39 | 1159,00 |
| | 4 | 33 | 27,91 | 921,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 360,000 |
| W de Wilcoxon | 921,000 |
| Z | -2,035 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,042 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 170: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (**Coaxial 3,2**) y 4 (**Bimanual 1,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 55,81 | 1730,00 |
| | 6 | 55 | 36,56 | 2011,00 |
| | Total | 86 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 471,000 |
| W de Wilcoxon | 2011,000 |
| Z | -3,432 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 171: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (Coaxial 3,2) y 6 (Bimanual 0,7).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 2 | 32 | 55,00 | 1760,00 |
| | 6 | 55 | 37,60 | 2068,00 |
| | Total | 87 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 528,000 |
| W de Wilcoxon | 2068,000 |
| Z | -3,099 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,002 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 172: **Diferencia significativa** entre los grupos 2 (Bimanual 1,8) y 6 (Bimanual 0,7).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 3 | 32 | 38,06 | 1218,00 |
| | 4 | 33 | 28,09 | 927,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 366,000 |
| W de Wilcoxon | 927,000 |
| Z | -2,126 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,034 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 173: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (**Coaxial 2,8**) y 4 (**Bimanual 1,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 3 | 32 | 55,47 | 1775,00 |
| | 6 | 55 | 37,33 | 2053,00 |
| | Total | 87 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 513,000 |
| W de Wilcoxon | 2053,000 |
| Z | -3,231 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 174: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (**Coaxial 2,8**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 4 | 33 | 51,68 | 1705,50 |
| | 6 | 55 | 40,19 | 2210,50 |
| | Total | 88 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 670,500 |
| W de Wilcoxon | 2210,500 |
| Z | -2,043 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,041 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 175: **Diferencia significativa** entre los grupos 4 (**Bimanual 1,7**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 5 | 39 | 55,03 | 2146,00 |
| | 6 | 55 | 42,16 | 2319,00 |
| | Total | 94 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 779,000 |
| W de Wilcoxon | 2319,000 |
| Z | -2,253 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,024 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 176: **Diferencia significativa** entre los grupos 5 (**Coaxial 2,4**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

10.5.4. Vector astigmático al día 365

En la tabla 177 se resume el vector astigmático a los 365 días de la cirugía. Se observa y confirma el mismo patrón por el que todos los grupos coaxiales inducen un astigmatismo vectorial mayor que los bimanuales. Asimismo la desviación estándar también es menor.

| Astigmatismo vectorial (D) | Día 365 ($\bar{X} \pm DS$) |
|----------------------------|------------------------------|
| Coaxial 3,2 (31) | 0,75 \pm 0,65 |
| Coaxial 2,8 (32) | 0,64 \pm 0,34 |
| Coaxial 2,4 (39) | 0,59 \pm 0,48 |
| Bimanual 1,8 (32) | 0,52 \pm 0,28 |
| Bimanual 1,7 (33) | 0,47 \pm 0,24 |
| Bimanual 0,7 (55) | 0,41 \pm 0,28 |

Tabla 177: Astigmatismo vectorial 365 días tras la cirugía.

La distribución de la variable “vector a los 365 días” no está distribuida con normalidad (test de Kolmogorov-Smirnov de la tabla 178) y el test de Kruskal-Wallis demuestra que existen diferencias significativas entre los grupos (tabla 179). Por lo tanto se analizan los grupos de dos en dos mediante la U de Mann-

Whitney para establecer en qué grupos existen las diferencias (tablas 180 a 184).

En resumen de este apartado se puede afirmar que:

- a) No se encuentran diferencias entre grupos con la misma técnica, sea bimanual o coaxial.
- b) El grupo Coaxial 3,2 obtiene significativamente peor resultado que los grupos Bimanual 1,7 y Bimanual 0,7.
- c) El grupo Coaxial 2,8 también obtiene significativamente peor resultado que los grupos Bimanual 1,7 y Bimanual 0,7.
- d) El grupo Coaxial 2,4 obtiene significativamente peor resultado que el grupo Bimanual 0,7.
- e) El grupo Bimanual 0,7 consigue significativamente mejor resultado que todos los grupos coaxiales, a largo plazo no se obtiene significación con los otros dos bimanuales.

Pruebas de normalidad

| Grupo | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|----------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Vector 1 | ,217 | 31 | ,001 | ,710 | 31 | ,000 |
| 2 | ,080 | 32 | ,200* | ,967 | 32 | ,432 |
| 3 | ,114 | 32 | ,200* | ,963 | 32 | ,324 |
| 4 | ,125 | 33 | ,200* | ,964 | 33 | ,329 |
| 5 | ,142 | 39 | ,046 | ,790 | 39 | ,000 |
| 6 | ,137 | 55 | ,011 | ,929 | 55 | ,003 |

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 178: La variable vector astigmático a los 365 días no está distribuida con normalidad.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio |
|--------|-------|-----|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 133,97 |
| | 2 | 32 | 112,53 |
| | 3 | 32 | 133,19 |
| | 4 | 33 | 105,03 |
| | 5 | 39 | 116,04 |
| | 6 | 55 | 86,28 |
| | Total | 222 | |

Estadísticos de contraste^{a,t}

| | Vector |
|---------------|--------|
| Chi-cuadrado | 16,458 |
| gl | 5 |
| Sig. asintót. | ,006 |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 179: **Significación por grupos** en el análisis del vector inducido a los 365 días.

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 37,23 | 1154,00 |
| | 4 | 33 | 28,06 | 926,00 |
| | Total | 64 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 365,000 |
| W de Wilcoxon | 926,000 |
| Z | -1,968 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,049 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 180: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (Coaxial 3,2) y 4 (Bimanual 1,7).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 1 | 31 | 54,48 | 1689,00 |
| | 6 | 55 | 37,31 | 2052,00 |
| | Total | 86 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 512,000 |
| W de Wilcoxon | 2052,000 |
| Z | -3,063 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,002 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 181: **Diferencia significativa** entre los grupos 1 (Coaxial 3,2) y 6 (Bimanual 0,7).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 3 | 32 | 37,69 | 1206,00 |
| | 4 | 33 | 28,45 | 939,00 |
| | Total | 65 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|-------------|
| U de Mann-Whitney | 378,000 |
| W de Wilcoxon | 939,000 |
| Z | -1,968 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,049 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 182: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (Coaxial 2,8) y 4 (Bimanual 1,7).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 3 | 32 | 55,41 | 1773,00 |
| | 6 | 55 | 37,36 | 2055,00 |
| | Total | 87 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 515,000 |
| W de Wilcoxon | 2055,000 |
| Z | -3,213 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 183: **Diferencia significativa** entre los grupos 3 (**Coaxial 2,8**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

| | Grupo | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|--------|-------|----|----------------|----------------|
| Vector | 5 | 39 | 54,27 | 2116,50 |
| | 6 | 55 | 42,70 | 2348,50 |
| | Total | 94 | | |

Estadísticos de contraste^a

| | Vector |
|---------------------------|----------|
| U de Mann-Whitney | 808,500 |
| W de Wilcoxon | 2348,500 |
| Z | -2,026 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,043 |

a. Variable de agrupación: Grupo

Tabla 184: **Diferencia significativa** entre los grupos 5 (**Coaxial 2,4**) y 6 (**Bimanual 0,7**).

10.6. CONCLUSIONES SOBRE EL ASTIGMATISMO VECTORIAL

Tras revisar exhaustivamente la literatura, la gran mayoría de los autores coinciden en que el astigmatismo inducido por los procedimientos bimanuales es menor. Donde se establecen las dudas científicas es en establecer si este menor vector astigmático adquiere valor significativo o es únicamente una tendencia.

Tanto Alió⁵⁷ como Can¹⁷⁶ obtienen esta significación y, el metaanálisis de Yu¹⁵⁴ concluye en que esta significación sí que existe. No obstante los estudios están realizados con plazos de tiempo diversos, motivo por el que decidimos prolongar nuestro trabajo a un año de seguimiento, lo cual nos ha proporcionado resultados más interesantes.

Por otro lado, en la bibliografía, no existe una estandarización en la localización de las incisiones. Ni en la principal de los trabajos coaxiales, ni en las dos de la técnica bimanual, ni en la distancia entre ambas ni en el criterio para ampliar la incisión al implantar la lente, pues hay autores que realizan una tercera incisión. Por ello nosotros fijamos el criterio de realizar la incisión más amplia en el meridiano más potente y en los grupos bimanuales que la secundaria estuviera a 90° de la que se ampliaría para el implante.

A la hora de extraer conclusiones de nuestros resultados es básico recordar el trabajo de Morcillo-Laiz²¹⁶ en el que realiza diferentes topografías a ojos no intervenidos para calcular la variabilidad entre pruebas. Su vector de control está cifrado en $0,31 D \pm 0,27$. Este es un dato muy interesante pues está muy cercano al astigmatismo inducido por el grupo Bimanual 0,7.

Como conclusiones del análisis astigmático podemos decir:

- a) Queda demostrado la poca sensibilidad del método sustractivo frente al análisis vectorial, por lo tanto sus resultados no son válidos para un análisis metodológicamente correcto.

- b) Con la técnica coaxial no encontramos diferencias entre los grupos estudiados. Aunque el vector inducido sea menor cuanto más pequeña sea la incisión, ni a medio ni a largo plazo encontramos significación al estudiar los grupos. Por lo tanto es muy destacable que con ningún grupo de la técnica coaxial hemos conseguido significación estadística al intentar reducir el vector astigmático.

- c) En cuanto a la técnica bimanual, y siempre recordando que la variación de las incisiones entre los grupos es mínima (0,1 mm), en los controles efectuados a 90 y 180 días existe una significación con un peor resultado del grupo Bimanual 1,8. También en el control de 180 días el grupo Bimanual 0,7 es significativamente mejor que los otros dos bimanuales. Ni en el control a 30 días ni a largo plazo hay diferencias entre los tres grupos de MICS, lo que explica los diferentes resultados de la literatura. Ciertamente el vector menor es el del grupo 0,7, pero no hay evidencia absoluta de que un grupo bimanual sea mejor que otro.

- d) En la comparación entre técnicas vemos que en todos los controles el astigmatismo inducido por las técnicas bimanuales es menor que en los grupos de la técnica coaxial.

- e) Además la desviación estándar de los grupos bimanuales es menor a la de los grupos coaxiales, lo cual nos permite una mayor precisión en nuestras cirugías.
- f) En todos los controles los grupos Coaxial 3,2 y Coaxial 2,8 obtienen peores resultados significativamente que los grupos Bimanual 1,7 y Bimanual 0,7. Con lo cual la duda de si se conseguía un nivel de significación bimanual versus coaxial está despejada.
- g) Incluso el más reciente y avanzado grupo Coaxial 2,4 tiene peor resultado, con evidencia significativa, que el grupo Bimanual 0,7.
- h) La significación entre el grupo Coaxial 2,4 y el grupo Bimanual 1,7 se observa en los controles de 30 y 90 días, después no se consigue. Esto demuestra que según la duración en el tiempo del estudio podemos observar unos resultados u otros.
- i) Por lo tanto podemos afirmar que la presente tesis demuestra que la técnica bimanual induce significativamente menor astigmatismo que la técnica coaxial.
- j) También demuestra que únicamente podemos disminuir significativamente el astigmatismo inducido si utilizamos técnicas bimanuales MICS.
- k) La incisión bimanual de 1,8 mm ya está superada y no la utilizamos en la actualidad. La ampliación a 1,7 mm depende en este momento

únicamente de la flexibilidad de las lentes a implantar. Si bien los dos grupos que utilizan esta incisión no tienen diferencias entre sí, el instrumental con el que se realiza la cirugía es diferente. Todo apunta a que la técnica microMICS con incisiones de 0,7 mm aún no ha agotado sus posibilidades de evolución.

El Dr. Andrés Picó García, en su tesis doctoral de 2007 sobre el astigmatismo en la cirugía de la catarata con incisiones de 3,2 a 3,75 mm, escribió que “si consideramos fisiológico un astigmatismo no superior a 0,5 D²¹⁷, podríamos calificar a una incisión que no supere dicha cantidad como astigmáticamente neutra o insignificante”²⁰. Para corregirlo sugirió la posibilidad de combinar otros procedimientos como las incisiones arcuatas u opuestas en córnea clara^{218,219}.

En la actualidad el planteamiento adecuado del astigmatismo en la cirugía de la catarata no es una opción, sino un componente esencial del procedimiento quirúrgico que se puede efectuar con incisiones relajantes o con el implante de lentes tóricas²²⁰. Aunque existen trabajos en que los resultados son similares²²¹, parece que la mayoría de los artículos tienden a demostrar que los resultados mediante el implante de lentes tóricas intraoculares ofrecen mejores resultados^{222,223,224,225} sobre todo si se ha calculado adecuadamente el astigmatismo preoperatorio²²⁶. Incluso encontramos artículos muy actuales con estas lentes y retos como los implantes tóricos multifocales²²⁵ o el tratamiento del queratocono con cirugía MICS e implante de LIO tórica²²⁷.

Si aceptamos estas premisas de una cirugía avanzada con componente refractivo y con tratamiento de los astigmatismos prequirúrgicos significativos con lentes tóricas, la consecución de un vector astigmático lo más pequeño posible y con una desviación estándar pequeña, nos asegura unas cirugías reproducibles, precisas y altamente satisfactorias.

Es muy interesante la evolución en estos pocos años. Creemos que en la actualidad no nos hemos de conformar con un astigmatismo inducido del rango del fisiológico. Si tenemos medios para disminuirlo y ser más precisos, el escenario de las lentes “Premium” nos ofrecerá los mejores resultados. Por lo tanto la cirugía bimanual nos ofrece, con evidencia científica, la mejor de las soluciones quirúrgicas. Es más reproducible, induce menos astigmatismo y consigue resultados que con la técnica coaxial no podemos obtener.

CAPITULO 11. CONCLUSIONES

CAPITULO 11. CONCLUSIONES

1. La práctica de la cirugía bimanual (MICS) no consiste únicamente en intervenir mediante dos incisiones mínimas, repartir las funciones entre ambas manos e implantar la lente intraocular a través de 1,7 mm. Es un concepto global de mínima agresión que implica la disminución de la energía liberada, con conocimientos de los programas de modulación de ultrasonidos y el ajuste preciso de la fluídica en relación al instrumental utilizado.

2. Las técnicas coaxial y bimanual son muy seguras y las complicaciones encontradas escasas.

MICS facilita realizar siempre la incisión más amplia en el meridiano más curvo y permite además un recurso añadido en los pacientes que pueden presentar síndrome ifis.

3. No hemos tenido ningún caso de edema macular quístico clínico o subclínico con ambas técnicas.

Los grupos con programas de modulación de ultrasonidos no han mostrado la tendencia probada al engrosamiento entre los días 30 y 90.

4. La técnica coaxial inicial es la que obtiene peores resultado en cuanto a pérdida endotelial, aun habiéndose considerado segura.

Los grupos MICS demuestran un mejor comportamiento que los grupos coaxiales, siendo el Bimanual 0,7 el mejor.

A largo plazo las técnicas bimanuales no son solamente igual de seguras que las técnicas de facoemulsificación coaxial, sino que producen una menor pérdida de celularidad endotelial, siendo por lo tanto menos iatrogénicas.

5. Hemos conseguido demostrar una correlación moderada entre la energía liberada y la pérdida endotelial. El consumo de suero fisiológico y el tiempo total de la cirugía sin complicaciones no están relacionados.

Los grupos con técnica bimanual han conseguido liberar menos energía durante las cirugías, con diferencias significativas sobre todos los grupos coaxiales. Lo cual explica la menor pérdida endotelial final.

6. La técnica coaxial reduce el vector inducido pero sin poder demostrar una diferencia significativa ni a corto ni a medio plazo entre sus grupos.

La técnica bimanual sí que induce significativamente menos astigmatismo que los procedimientos coaxiales, es más precisa y eficiente. El grupo Bimanual 0,7 de microMICS es significativamente mejor que todos los coaxiales.

7. Los inconvenientes hallados han sido la superación de una curva de aprendizaje y la duración de los procedimientos quirúrgicos aumentada en unos dos minutos de media.

CAPITULO 12. BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 12. BIBLIOGRAFIA

1. Lozano-Alcázar J. La cirugía de la catarata hasta el año 1748. *Cir Ciruj.* 2001;69:141–143.
2. Diab Haggi F. ¿Es la catarata la opacificación del cristalino? (I). Estudio sobre textos medievales 1. Etimología y doctrina médica. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 2008;83:563–566.
3. Lozano J. 3000 años de cirugía de la catarata. *Boletín oftalmológico.* 1977;96(132-138).
4. Bhashagratna K. An English Translation of the Sushruta Samhitá: Based on original Sanskrit text, with a full and comprehensive introduction, additional texts, different readings, notes, comparative views, index, glossary and plates. In: *Chowkhamba Sanskrit Series Office; vol 3: XVII.* Varanasi (India); 2005:206–210.
5. Bujalkova M. Rufus of Ephesus and his contribution to the development of anatomical nomenclature. *Acta Med Hist Adriat.* 2011;(9):89–100.
6. Chance B. *Ophthalmology.* New York: Paul B. Hoeber, Inc; 1939.
7. Rucker CW. Cataract: a historical perspective. *Invest Ophthalmol.* 1965;4:377–83.
8. Snyder C. Aurelius Cornelius Celsus on cataracts. *Arch Ophthalmol.* 1964;71:144–6.
9. Grom E. An inquiry into the history of the crystalline lens. In: *Cataract and abnormalities of the lens.* New York: Grune & Stratton; 1985:6–28.
10. Messenger HK. Glaukoma and glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 1964;71:264–6.
11. Hildreth HR. Daviel, modern surgeon. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1952;50:23–9.
12. Daviel J. On a new method to cure cataract by extraction of the lens. *Br J Ophthalmol.* 1967;51(7):449–58.
13. McKenzie W. *The diseases of the eye.* (Longman, Rees, Orme B& G, ed.). London; 1830:567.
14. Salado F. *Astigmatismo.* Cádiz: Publicaciones de la Universidad de Cádiz; 1988:19–31.

15. Donders F. *On the anomalies of accommodation and refraction of the eye.*; 1864.
16. Roper KL. Suturing in cataract surgery, with a transitional history of cataract: its early treatment; healing of the cataract wound; and the factors that have advanced the development of modern suture technics. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 52:587–749.
17. Schlote T, Sobottka B, Kreutzer B, Thiel HJ, Rohrbach JM. Cataract surgery at the end of the 19th century at Tübingen. *Surv Ophthalmol.* 42(2):190–4.
18. Kratz R. From von Graefe to Kelman. *Cataract Refract Surg Today.* 2004:55–56.
19. Duke-Elder S. *System of Ophthalmology.* (Mosby, ed.). St. Louis; 1970:362–373.
20. Picó García A. El astigmatismo en la cirugía de la catarata con incisión pequeña. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. 2007:26–30.
21. Barraquer I. Extracción total de la catarata. *España Oftalmológica.* 1917;(2):81–83.
22. Barraquer J. Enzymatic zonulolysis. *Proc R Soc Med.* 1959;(52):973.
23. Krwawicz T. Intracapsular extraction of intumescent cataracts by application of low temperature. *Br J Ophthalmol.* 1961;45(4):279–83.
24. Apple DJ, Sims J. Harold Ridley and the invention of the intraocular lens. *Surv Ophthalmol.* 40(4):279–92.
25. Vázquez Dorrego X. Recuerdo histórico de la cirugía de la catarata. In: Esmon, ed. *Actualización en la cirugía bimanual de la catarata.* Barcelona: Societat Catalana d'Oftalmologia; 2012:6–16. Available at: <http://www.scoftalmologia.cat/>.
26. Binkhorst C. Ridley's intra-ocular lens prosthesis; results with 12 patients. *Ned Tijdschr Geneesk.* 1956;Dec 1; 100(48):3522–8.
27. Binkhorst C. Ridley's intraocular lens prosthesis; the postoperative reaction; results obtained in 12 cases. *Ophthalmologica.* 1957;Jun;133(6):384–92.
28. Binkhorst C. Implantation of artificial lenses into the eye; new pupil or iris clip lens fixation method. *Ned Tijdschr Geneesk.* 1959;jun 20; 10(25):1289–94.

29. Binkhorst C. Results of implantation of intraocular lenses in unilateral aphakia. With special reference to the pupillary or iris clip lens--a new method of fixation. *Am J Ophthalmol.* 1960;Apr;(49):703–10.
30. Binkhorst C. Use of the pupillary lens (iris clip lens) in aphakia: our experience based on the first fifty implantations. *Br J Ophthalmol.* 1962;Jun;46(6):343–56.
31. Apple DJ. Nicholas Harold Lloyd Ridley. *Biogr Mem Fell R Soc.* 2007;(53):285–307.
32. Apple DJ, Mamalis N, Lofffield K, et al. Complications of intraocular lenses. A historical and histopathological review. *Surv Ophthalmol.* 29(1):1–54. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6390763>. Accessed March 12, 2014.
33. Quintana, M; Cámara J. Estudio comparativo de la extracción extracapsular e intracapsular del cristalino. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 1980;40:542–549.
34. Cámara J. Pérdida de células endoteliales en la cirugía de la catarata. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 1982;43:186–191.
35. Quintana, M; Cámara, J; Bone Palomar C. Implantes intraoculares de cámara anterior. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 1983;44:171–177.
36. Cámara, J; Bone, C; Quintana M. Hipopion estéril: una complicación rara de los implantes intraoculares. *Arch Soc Espa Oftalmol.* 1983;44(257-260).
37. Cámara, J; Quintana M. Extracción extracapsular del cristalino con LIO. Nuestra técnica actual. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 1985;48:401–404.
38. Cámara, J; Quintana M. Implantes intraoculares: comentario a cuatro años de experiencia. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 1986;50:57–60.
39. Floyd G. Changes in the corneal curvature following cataract extraction. *Am J Ophthalmol.* 1951;34(11):1525–33.
40. Parker WT, Clorfeine GS. Long-term evolution of astigmatism following planned extracapsular cataract extraction. *Arch Ophthalmol.* 1989;107(3):353–7.
41. Talamo JH, Stark WJ, Gottsch JD, et al. Natural history of corneal astigmatism after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1991;17(3):313–8.

42. Kelman CD. Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol.* 1967;64(1):23–35.
43. Kelman CD. The history of phacoemulsification. In: CD KM y K, ed. *The history of modern cataract surgery.* The Hague, The Netherlands; 1998:123–130.
44. Neuhann T. Theory and surgical technique of capsulorhexis. *Klin Monbl Augenheilkd.* 1987;190(6):542–5.
45. Gimbel H. Capsulotomy method eases in-the-bag PCL. *Ocul Surg News.* 1985;(1):20–20.
46. Gimbel H V, Neuhann T. Development, advantages, and methods of the continuous circular capsulorhexis technique. *J Cataract Refract Surg.* 1990;16(1):31–7.
47. Gimbel H. The history of capsulorhexis technique. *Cataract Refract Surg Today2.* 2007:39–41.
48. Faust KJ. Hydrodissection of soft nuclei. *J Am Intraocul Implant Soc.* 1984;10(1):75–7.
49. Fine IH. Cortical cleaving hydrodissection. *J Cataract Refract Surg.* 1992;18(5):508–12.
50. Fine IH. The evolution of phacoemulsification. *Cataract Refract Surg Today.* 2007:43–45.
51. Aron-Rosa D, Aron JJ, Griesemann M, Thyzel R. Use of the neodymium-YAG laser to open the posterior capsule after lens implant surgery: a preliminary report. *J Am Intraocul Implant Soc.* 1980;6(4):352–4.
52. Höh H, Fischer E. Pilot study on erbium laser phacoemulsification. *Ophthalmology.* 2000;107(6):1053–61; discussion 1061–2.
53. Dodick J. Questions. *Cataract Refract Surg Today2.* 2004;nov-dic:90.
54. Packer M, Fishkind WJ, Fine IH, Seibel BS, Hoffman RS. The physics of phaco: a review. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31(2):424–431.
55. Agarwal A, Agarwal S, Bagmar A, Patel N, Pandey SK, Shah SP. Phakonit-lens removal through a 0.9 mm incision. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(10):1531–1533.

56. Agarwal A, Agarwal S, Narang P, Narang S. Phakonit: phacoemulsification through a 0.9 mm corneal incision. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(10):1548–1552.
57. Alió JL, Rodríguez-Prats JL, Vianello A, Galal A. Visual outcome of microincision cataract surgery with implantation of an Acri. Smart lens. 2005;31(8):1549–1556.
58. Alió JL, Klonowski P, Rodríguez-Prats JL. MICS instrumentation. In: Alió JL, Fine IH, eds. *Minimizing Incisions and Maximizing Outcomes in Cataract Surgery.* 2010: Springer; 2010:25–36.
59. Alió JL, Rodríguez-Prats JL, Galal A. Cirugía de la catarata por microincisión (MICS). In: Alió JL, Rodríguez-Prats JL, eds. *Buscando la excelencia en la cirugía de la catarata.* Barcelona: Glosa; 2006:246–256.
60. Agarwal AA, Agarwal S, Lal V, Patel N. Antichamber collapse. *J Cataract Refract Surg.* 2002;28(7):1085–6; author reply 1086.
61. Agarwal A. MICS: from Phakonit to Microphakonit. In: Agarwal, A; Lindstrom R, ed. *Microincisional cataract surgery. The art and the Science.* Thorofare,NJ: SLACK Incorporated; 2010:XXI–XXVI.
62. Tsuneoka H, Shiba T, Takahashi Y. Ultrasonic phacoemulsification using a 1.4 mm incision: clinical results. *J Cataract Refract Surg.* 2002;28(1):81–86.
63. Alió JL, Agarwal A, Klonowski P. 0,7 mm Microincision Cataract Surgery. In: Alió JL, Fine IH, eds. *Minimizing Incisions and Maximizing Outcomes in Cataract Surgery.* New York: Springer; 2010:13–23.
64. Fine IH. Introduction. In: Alió Fine, IH. JL, ed. *Minimizing Incisions and Maximizing Outcomes in Cataract Surgery.* New York: Spriger; 2010:1–4.
65. Anglada R. *Actualización en la cirugía bimanual de la catarata.* Barcelona: Societat Catalana d'Oftalmologia Esmon; 2012:1–116.
66. Fishkind WJ. Evolution of ultrasound pumps and fluidics and ultrasound power: from standard coaxial towards the minimal incision possible in cataract surgery. In: Alió JL, Fine IH, eds. *Minimizing incisions and maximizing outcomes in cataract surgery.*; 2010:37–49.
67. Seibel BS. Machine technology. In: Drummond AE, ed. *Phacodynamics. Mastering the tools and techniques of Phacoemulsification surgery.* Vol 2^a. Thorofare,NJ: SLACK; 1995:2–69.

68. Fishkind WJ. Phacoemulsification: the machine and technique. In: Agarwal, Amar; Lindstrom R, ed. *Microincisional cataract surgery. The art and the Science*. 1st ed. Thorofare,NJ: SLACK Incorporated; 2010:23–50.
69. Ernest P, Rhem M, McDermott M, Lavery K, Sensoli A. Phacoemulsification conditions resulting in thermal wound injury. *J Cataract Refract Surg*. 2001;27(11):1829–1839.
70. Packer M, Fishkind WJ, Fine IH, Seibel BS, Hoffman RS. The physics of phaco: a review. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31(2):424–431.
71. Fine IH, Packer M, Hoffman RS. Power modulations in new phacoemulsification technology: improved outcomes. *J Cataract Refract Surg*. 2004;30(5):1014–1019.
72. Donnenfeld ED, Olson RJ, Solomon R, et al. Efficacy and wound-temperature gradient of whitestar phacoemulsification through a 1.2 mm incision. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(6):1097–1100.
73. Soscia W, Howard JG, Olson RJ. Microphacoemulsification with WhiteStar. A wound-temperature study. *J Cataract Refract Surg*. 2002;28(6):1044–1046.
74. Franchini A, I. F, Tognetto D. Thermodynamics. In: Alió JL, Fine IH, eds. *Minimizing Incisions and Maximizing Outcomes in Cataract Surgery*. New York: Springer; 2010:117–124.
75. Shearing S et al. Routine phacoemulsification through a 1.0 mm non-sutured incision. *Cataract*. 1985;(1):6–8.
76. Narsimhan S et al. Air pump, gas-forced infusion, and fluidics. In: Agarwal, A; Lindstrom R, ed. *Microincisional cataract surgery. The art and the Science*. Thorofare,NJ: SLACK Incorporated; 2010:23–33.
77. Vejarano L. Instruments for MICS. In: Agarwal, A; Lindstrom R, ed. *Microincisional cataract surgery. The art and the Science*.2. Thorofare,NJ: SLACK Incorporated; 2010:37–43.
78. Braga-Mele R. Transitioning to Bimanual MICS. In: Alió JL, Fine IH, eds. *Minimizing Incisions and Maximizing Outcomes in Cataract Surgery*. New York: Springer; 2010:11–13.
79. Soler F, Lorente F, Asís O. Los pasos quirúrgicos. In: Implanto-Refractia SECO, ed. *Cirugía microincisional de la catarata*.Vol 1ª. San Sebastián: SECOIR; 2004:95–123.

80. Agarwal A, Kumar DA, Jacob S, Agarwal A. In vivo analysis of wound architecture in 700 microm microphakonit cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(9):1554–60.
81. Berdahl JP, DeStafeno JJ, Kim T. Corneal wound architecture and integrity after phacoemulsification evaluation of coaxial, microincision coaxial, and microincision bimanual techniques. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33(3):510–515.
82. Soler F. Instrumental para microincisión. In: Implanto-Refractia SECO, ed. *Cirugía microincisional de la catarata.* San Sebastián: SECOIR; 2004:89–93.
83. Packer M, Smith JH, Fine IH, Hoffman RS. Surgical technique - How to perform a smooth transition. In: Alió JL, Fine IH, eds. *Minimizing Incisions and Maximizing Outcomes in Cataract Surgery.* New York: Springer; 2010:95–99.
84. Devgan U. Transition to Microincisional Cataract Surgery. In: Agarwal, A; Lindstrom R, ed. *Microincisional cataract surgery. The art and the Science.2.* Thorofare,NJ: SLACK Incorporated; 2010:89–94.
85. Little BC, Smith JH, Packer M. Little capsulorhexis tear-out rescue. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(9):1420–1422.
86. Koch PS, Katzen LE. Stop and chop phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 1994;20(5):566–570.
87. Agarwal A. No-anesthesia sub-1-mm (700 µm) Microincisional Cataract Surgery - Microphakonit. In: Agarwal, A; Lindstrom R, ed. *Microincisional cataract surgery. The art and the Science.2.* Thorofare,NJ: SLACK Incorporated; 2010:125–132.
88. Fine IH, Hoffman RS, Packer M. Optimizing refractive lens exchange with bimanual microincision phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30(3):550–554.
89. Skuta G et al. Complications of cataract surgery. In: *Lens and Cataract. Basic and clinical science course. Section 11.* Singapore: American Academy of Ophthalmology; 2011.
90. Gilbert Grand M et al. Retinal vascular disease: cystoid macular edema. In: *Retina and Vitreous. Basic and Clinical Science Course, section 12.* San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2000:117–120.
91. Harris A et al. Anatomía y fisiología. In: Ryan J, ed. *Retina.* Madrid: Marbán.; 2009:79–93.

92. Packer M, Lowe J, Fine H. Incidence of acute postoperative cystoid macular edema in clinical practice. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38(12):2108–11.
93. Lobo CL, Faria PM, Soares MA, Bernardes RC, Cunha-Vaz JG. Macular alterations after small-incision cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30(4):752–60.
94. Kusbeci T, Eryigit L, Yavas G, Inan UU. Evaluation of cystoid macular edema using optical coherence tomography and fundus fluorescein angiography after uncomplicated phacoemulsification surgery. *Curr Eye Res.* 2012;37(4):327–33.
95. Gharbiya M, Cruciani F, Cuozzo G, Parisi F, Russo P, Abdolrahimzadeh S. Macular thickness changes evaluated with spectral domain optical coherence tomography after uncomplicated phacoemulsification. *Eye (Lond).* 2013;27(5):605–11.
96. Nguyen Q. The uveitis syndromes: Cystoid macular edema. In: Foster, S; Vitale A, ed. *Diagnosis and treatment of uveitis.* Philadelphia: WB Saunders Company; 2002:573–579.
97. Lobo C. CME after cataract surgery. *Eurotimes.* 2014;19(4):12–13.
98. Donnenfeld ED, Perry HD, Wittpenn JR, Solomon R, Nattis A, Chou T. Preoperative ketorolac tromethamine 0.4% in phacoemulsification outcomes: pharmacokinetic-response curve. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(9):1474–82.
99. Heier JS, Topping TM, Baumann W, Dirks MS, Chern S. Ketorolac versus prednisolone versus combination therapy in the treatment of acute pseudophakic cystoid macular edema. *Ophthalmology.* 2000;107(11):2034–8;discussion 2039.
100. Elsayy MF, Badawi N, Khairy HA. Prophylactic postoperative ketorolac improves outcomes in diabetic patients assigned for cataract surgery. *Clin Ophthalmol.* 2013;7:1245–9.
101. Chatziralli IP, Papazisis L, Sergentanis TN. Ketorolac plus tobramycin/dexamethasone versus tobramycin/dexamethasone after uneventful phacoemulsification surgery: a randomized controlled trial. *Ophthalmologica.* 2011;225(2):89–94.
102. Sivaprasad S, Bunce C, Crosby-Nwaobi R. Non-steroidal anti-inflammatory agents for treating cystoid macular oedema following cataract surgery. *Cochrane database Syst Rev.* 2012;2:CD004239..

103. Almeida DRP, Khan Z, Xing L, et al. Prophylactic nepafenac and ketorolac versus placebo in preventing postoperative macular edema after uneventful phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(9):1537–43.
104. Warren KA, Bahrani H, Fox JE. NSAIDs in combination therapy for the treatment of chronic pseudophakic cystoid macular edema. *Retina*. 2010;30(2):260–6.
105. Hassenstein A, Meyer CH. Clinical use and research applications of Heidelberg retinal angiography and spectral-domain optical coherence tomography - a review. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2009;37(1):130–43.
106. Schaudig U, Scholz F, Lerche R-C, Richard G. Optical coherence tomography for macular edema. Classification, quantitative assessment, and rational usage in the clinical practice. *Ophthalmologe*. 2004;101(8):785–93.
107. Sadda SR, Wu Z, Walsh AC, et al. Errors in retinal thickness measurements obtained by optical coherence tomography. *Ophthalmology*. 2006;113(2):285–93.
108. Khaw KW, Lam HH, Khang TF, Wan Ab Kadir AJ, Subrayan V. Spectral-domain optical coherence tomography evaluation of postoperative cystoid macular oedema following phacoemulsification with intraoperative complication. *BMC Ophthalmol*. 2014;14:16.
109. Kim SJ, Belair M-L, Bressler NM, et al. A method of reporting macular edema after cataract surgery using optical coherence tomography. *Retina*. 2008;28(6):870–6.
110. Chan A, Duker JS. A standardized method for reporting changes in macular thickening using optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol*. 2005;123(7):939–43.
111. Cupo G, Scarinci F, Ripandelli G, et al. A novel index for predicting macular thickening after cataract surgery. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2013;17(23):3237–43.
112. Von Jagow B, Ohrloff C, Kohnen T. Macular thickness after uneventful cataract surgery determined by optical coherence tomography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2007;45(12):1765–71.
113. Kurz S, Krummenauer F, Thieme H, Dick HB. Optical coherence tomography of macular thickness after biaxial vs coaxial microincision clear corneal cataract surgery. *Eur J Ophthalmol*. 2009;19(6):990–997.

114. Waring 3rd GO, Bourne WM, Edelhauser HF, Kenyon KR. The corneal endothelium. Normal and pathologic structure and function. *Ophthalmology*. 1982;89(6):531–590.
115. Dick HB, Kohnen T, Jacobi FK, Jacobi KW. Long-term endothelial cell loss following phacoemulsification through a temporal clear corneal incision. *J Cataract Refract Surg*. 1996;22(1):63–71.
116. Krey HF. Ultrasonic turbulences at the phacoemulsification tip. *J Cataract Refract Surg*. 1989;15(3):343–344.
117. Kim EK, Cristol SM, Geroski DH, McCarey BE, Edelhauser HF. Corneal endothelial damage by air bubbles during phacoemulsification. *Arch Ophthalmol*. 1997;115(1):81–88.
118. Kohlhaas M, Klemm M, Kammann J, Richard G. Endothelial cell loss secondary to two different phacoemulsification techniques. *Ophthalmic Surg Lasers*. 1998;29(11):890–895.
119. Milla E, Verges C, Cipres M. Corneal endothelium evaluation after phacoemulsification with continuous anterior chamber infusion. *Cornea*. 2005;24(3):278–282.
120. Arshinoff SA. Dispersive-cohesive viscoelastic soft shell technique. *J Cataract Refract Surg*. 1999;25(2):167–173.
121. Arshinoff SA. Using BSS with viscoadaptives in the ultimate soft-shell technique. *J Cataract Refract Surg*. 2002;28(9):1509–1514.
122. Alio J, Rodriguez-Prats JL, Galal A, Ramzy M. Outcomes of microincision cataract surgery versus coaxial phacoemulsification. *Ophthalmology*. 2005;112(11):1997–2003.
123. Mathys KC, Cohen KL, Armstrong BD. Determining factors for corneal endothelial cell loss by using bimanual microincision phacoemulsification and power modulation. *Cornea*. 2007;26(9):1049–1055.
124. Kim EC, Byun YS, Kim MS. Microincision versus small-incision coaxial cataract surgery using different power modes for hard nuclear cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(10):1799–1805.
125. Bourne WM, Nelson LR, Hodge DO. Continued endothelial cell loss ten years after lens implantation. *Ophthalmology*. 1994;101(6):1013–1014.
126. Lesiewska-Junk H, Kaluzny J, Malukiewicz-Wisniewska G. Long-term evaluation of endothelial cell loss after phacoemulsification. *Eur J Ophthalmol*. 2002;12(1):30–33.

127. Mencucci R, Ponchiotti C, Virgili G, Giansanti F, Menchini U. Corneal endothelial damage after cataract surgery: Microincision versus standard technique. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(8):1351–1354.
128. Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Risk factors for corneal endothelial injury during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 1996;22(8):1079–1084.
129. Hayashi K, Yoshida M, Manabe S, Hirata A. Cataract surgery in eyes with low corneal endothelial cell density. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37(8):1419–1425.
130. Yamazoe K, Yamaguchi T, Hotta K, et al. Outcomes of cataract surgery in eyes with a low corneal endothelial cell density. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37(12):2130–2136.
131. Zetterstrom C, Laurell CG. Comparison of endothelial cell loss and phacoemulsification energy during endocapsular phacoemulsification surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1995;21(1):55–58.
132. Eom Y, Kim S-W, Ahn J, Kim JT, Huh K. Comparison of cornea endothelial cell counts after combined phacovitrectomy versus pars plana vitrectomy with fragmentation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2013;251(9):2187–93.
133. Mayer WJ, Klaproth OK, Hengerer FH, Kohnen T. Impact of crystalline lens opacification on effective phacoemulsification time in femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Am J Ophthalmol.* 2014;157(2):426–432.e1.
134. Faramarzi A, Javadi MA, Karimian F, et al. Corneal endothelial cell loss during phacoemulsification: bevel-up versus bevel-down phaco tip. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37(11):1971–1976.
135. Gonen T, Sever O, Horozoglu F, Yasar M, Keskinbora KH. Endothelial cell loss: Biaxial small-incision torsional phacoemulsification versus biaxial small-incision longitudinal phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38(11):1918–24.
136. Hayashi K, Nakao F, Hayashi F. Corneal endothelial cell loss following phacoemulsification using the Small-Port Phaco. *Ophthalmic Surg.* 1994;25(8):510–513.
137. Chylack Jr LT, Wolfe JK, Singer DM, et al. The Lens Opacities Classification System III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol.* 1993;111(6):831–836.

138. Dick HB. Corneal Endothelium and Other Safety Issues. In: Alió Fine, IH, JL, ed. *Minimizing Incisions and Maximizing Outcomes in Cataract Surgery*. New York: Springer; 2010:292–296.
139. Beltrame G, Salvetat ML, Driussi G, Chizzolini M. Effect of incision size and site on corneal endothelial changes in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2002;28(1):118–125.
140. Walkow T, Anders N, Klebe S. Endothelial cell loss after phacoemulsification: relation to preoperative and intraoperative parameters. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26(5):727–732.
141. Kreisler KR, Mortenson SW, Mamalis N. Endothelial cell loss following “modern” phacoemulsification by a senior resident. *Ophthalmic Surg*. 1992;23(3):158–160.
142. Ravalico G, Tognetto D, Palomba MA, Lovisato A, Baccara F. Corneal endothelial function after extracapsular cataract extraction and phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg*. 1997;23(7):1000–1005.
143. Vajpayee RB, Sabarwal S, Sharma N, Angra SK. Phacofracture versus phacoemulsification in eyes with age-related cataract. *J Cataract Refract Surg*. 1998;24(9):1252–1255.
144. Diaz-Valle D, Benitez Del Castillo Sanchez JM, Toledano N, Castillo A, Perez-Torregrosa V, Garcia-Sanchez J. Endothelial morphological and functional evaluation after cataract surgery. *Eur J Ophthalmol*. 1996;6(3):242–245.
145. Dosso AA, Cottet L, Burgener ND, Di Nardo S. Outcomes of coaxial microincision cataract surgery versus conventional coaxial cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34(2):284–288.
146. Gogate P, Ambardekar P, Kulkarni S, Deshpande R, Joshi S, Deshpande M. Comparison of endothelial cell loss after cataract surgery: phacoemulsification versus manual small-incision cataract surgery: six-week results of a randomized control trial. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36(2):247–253.
147. Crema AS, Walsh A, Yamane Y, Nose W. Comparative study of coaxial phacoemulsification and microincision cataract surgery. One-year follow-up. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33(6):1014–1018.
148. Kurz S, Krummenauer F, Thieme H, Dick HB. Biaxial microincision versus coaxial small-incision cataract surgery in complicated cases. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36(1):66–72.

149. Cavallini GM, Campi L, Masini C, Pelloni S, Pupino A. Bimanual microphacoemulsification versus coaxial miniphacoemulsification: prospective study. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33(3):387–392.
150. Wilczynski M, Drobniowski I, Synder A, Omulecki W. Evaluation of early corneal endothelial cell loss in bimanual microincision cataract surgery (MICS) in comparison with standard phacoemulsification. *Eur J Ophthalmol.* 2006;16(6):798–803.
151. Wilczynski M, Supady E, Loba P, Synder A, Palenga-Pydyn D, Omulecki W. Comparison of early corneal endothelial cell loss after coaxial phacoemulsification through 1.8 mm microincision and bimanual phacoemulsification through 1.7 mm microincision. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35(9):1570–1574.
152. Kahraman G, Amon M, Franz C, Prinz A, Abela-Formanek C. Intraindividual comparison of surgical trauma after bimanual microincision and conventional small-incision coaxial phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33(4):618–622.
153. Dick HB. Controlled clinical trial comparing biaxial microincision with coaxial small incision for cataract surgery. *Eur J Ophthalmol.* 2012;0.
154. Yu JG, Zhao YE, Shi JL, et al. Biaxial microincision cataract surgery versus conventional coaxial cataract surgery: metaanalysis of randomized controlled trials. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38(5):894–901.
155. Von Sonnleithner C, Bergholz R, Gonnermann J, Torun N, Bertelmann E. Aqualase® revisited: endothelial cell loss strongly depends on lens density. *Ophthalmic Res.* 2014;51(1):9–14.
156. Kurz S, Krummenauer F, Gabriel P, Pfeiffer N, Dick HB. Biaxial microincision versus coaxial small-incision clear cornea cataract surgery. *Ophthalmology.* 2006;113(10):1818–1826.
157. Patrício MS, Almeida AC, Rodrigues MP, Guedes ME, Ferreira TB. Correlation between cataract grading by Scheimpflug imaging and phaco time in phacoemulsification using peristaltic and venturi pumps. *Eur J Ophthalmol.* 2013;23(6):789–792.
158. Ozkurt YB, Evciman T, Sengor T, et al. Comparison of burst, pulse, and linear modes used in phacoemulsification surgery. *Eur J Ophthalmol.* 20(2):353–64.
159. Baykara M, Ercan I, Ozcetin H. Microincisional cataract surgery (MICS) with pulse and burst modes. *Eur J Ophthalmol.* 16(6):804–8.

160. Liu Y, Jiang Y, Wu M, Liu Y, Zhang T. Bimanual microincision phacoemulsification in treating hard cataracts using different power modes. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2008;36(5):426–30.
161. Olson RJ. Clinical experience with 21-gauge manual microphacoemulsification using Sovereign WhiteStar Technology in eyes with dense cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2004;30(1):168–72.
162. Elnaby EA, El Zawahry OM, Abdelrahman AM, Ibrahim HE. Phaco Prechop versus Divide and Conquer Phacoemulsification: A Prospective Comparative Interventional Study. *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2008;15(3):123–7.
163. Park J, Yum HR, Kim MS, Harrison AR, Kim EC. Comparison of phaco-chop, divide-and-conquer, and stop-and-chop phaco techniques in microincision coaxial cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(10):1463–9.
164. Pereira ACA, Porfírio F, Freitas LL, Belfort R. Ultrasound energy and endothelial cell loss with stop-and-chop and nuclear preslice phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32(10):1661–6.
165. Vajpayee RB, Kumar A, Dada T, Titiyal JS, Sharma N, Dada VK. Phaco-chop versus stop-and-chop nucleotomy for phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26(11):1638–41.
166. Helvacioğlu F, Sencan S, Yeter C, Tunc Z, Uyar OM. Outcomes of torsional microcoaxial phacoemulsification using tips with 30-degree and 45-degree aperture angles. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(3):362–8.
167. Helvacioğlu F, Yeter C, Sencan S, Tunc Z, Uyar OM. Comparison of Two Different Ultrasound Methods of Phacoemulsification. *Am J Ophthalmol*. 2014.
168. Faramarzi A, Javadi MA, Karimian F, et al. Corneal endothelial cell loss during phacoemulsification: bevel-up versus bevel-down phaco tip. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(11):1971–6.
169. Reddy KP, Kandulla J, Auffarth GU. Effectiveness and safety of femtosecond laser-assisted lens fragmentation and anterior capsulotomy versus the manual technique in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(9):1297–306.
170. Krarup T, Morten Holm L, la Cour M, Kjaerbo H. Endothelial cell loss and refractive predictability in femtosecond laser-assisted cataract surgery compared with conventional cataract surgery. *Acta Ophthalmol*. 2014.

171. Can I, Takmaz T, Yildiz Y, Bayhan HA, Soyugelen G, Bostanci B. Coaxial, microcoaxial, and biaxial microincision cataract surgery: prospective comparative study. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(5):740–6.
172. Park JH, Lee SM, Kwon J-W, et al. Ultrasound energy in phacoemulsification: a comparative analysis of phaco-chop and stop-and-chop techniques according to the degree of nuclear density. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* 41(2):236–41.
173. Nixon DR. Preoperative cataract grading by Scheimpflug imaging and effect on operative fluidics and phacoemulsification energy. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(2):242–6.
174. Schriefl SM, Stifter E, Menapace R. Impact of low versus high fluidic settings on the efficacy and safety of phacoemulsification. *Acta Ophthalmol.* 2013.
175. Cavallini GM, Lugli N, Campi L, Lazzerini A, Longanesi L. Surgically induced astigmatism after manual extracapsular cataract extraction or after phacoemulsification procedure. *Eur J Ophthalmol.* 1996;6(3):257–263.
176. Can I, Takmaz T, Yildiz Y, Bayhan HA, Soyugelen G, Bostanci B. Coaxial, microcoaxial, and biaxial microincision cataract surgery: prospective comparative study. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(5):740–746.
177. Yu JG, Zhao YE, Shi JL, et al. Biaxial microincision cataract surgery versus conventional coaxial cataract surgery: metaanalysis of randomized controlled trials. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38(5):894–901.
178. Stainer GA, Binder PS, Parker WT, Perl T. The natural and modified course of post-cataract astigmatism. *Ophthalmic Surg.* 1982;13(10):822–7.
179. Sanders, DR;Hoffman, RS; Saiz J. *The surgical correction of idiopathic astigmatism.* (Sanders, DR; Hoffman, RF; Saiz J, ed.). Thorofare,NJ: Slack; 1986:241–290.
180. Beiko GH. Outcomes: 9.1 Safety: MICS versus Coaxial Phaco. In: Alió Fine, IH. JL, ed. *Minimizing Incisions and Maximizing Outcomes in Cataract Surgery.* New York: Springer; 2010:277–285.
181. Leen MM, Ho CC, Yanoff M. Association between surgically-induced astigmatism and cataract incision size in the early postoperative period. *Ophthalmic Surg.* 1993;24(9):586–92.
182. Cristobal JA, Minguez E, Ascaso J, et al. Size of incision and induced astigmatism in cataract surgery. *J Fr Ophtalmol.* 1993;16(5):311–4.

183. Pflieger T, Skorpik C, Menapace R, Scholz U, Weghaupt H, Zehetmayer M. Long-term course of induced astigmatism after clear corneal incision cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 22(1):72–7.
184. Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. The correlation between incision size and corneal shape changes in sutureless cataract surgery. *Ophthalmology.* 1995;102(4):550–6.
185. Nordan LT, Lusby FW. Refractive aspects of cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 1995;6(1):36–40.
186. Kohnen T, Dick B, Jacobi KW. Comparison of the induced astigmatism after temporal clear corneal tunnel incisions of different sizes. *J Cataract Refract Surg.* 1995;21(4):417–24.
187. Gimbel H V, Sun R, DeBroff BM. Effects of wound architecture and suture technique on postoperative astigmatism. *Ophthalmic Surg Lasers.* 26(6):524–8.
188. Navaro R. La aberración de astigmatismo. In: SECOIR, ed. *Corrección del astigmatismo.* 1ª ed. Madrid: MAE; 2006:79–86.
189. Weikert MP. Update on bimanual microincisional cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 2006;17(1):62–67.
190. Yao K, Tang X, Ye P. Corneal astigmatism, high order aberrations, and optical quality after cataract surgery: microincision versus small incision. *J Refract Surg (Thorofare, NJ 1995).* 2006;22(9 Suppl):S1079–82.
191. Alio JL, Schimchak P, Montes-Mico R, Galal A. Retinal image quality after microincision intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31(8):1557–1560.
192. Alio JL, Elkady B, Ortiz D. Corneal Optical Quality Following Sub 1.8 mm Micro-Incision Cataract Surgery vs. 2.2 mm Mini-Incision Coaxial Phacoemulsification. *Middle East Afr J Ophthalmol.* 2010;17(1):94–99.
193. Alió JL. Control of Corneal Astigmatism and Aberrations. In: Alió Fine, IH, JL, ed. *Minimizing Incisions and Maximizing Outcomes in Cataract Surgery.* New York: Springer; 2010:286–291.
194. Tsuneoka H, Shiba T, Takahashi Y. Feasibility of ultrasound cataract surgery with a 1.4 mm incision. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(6):934–940.
195. Elkady B, Alio JL, Ortiz D, Montalban R. Corneal aberrations after microincision cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(1):40–45.

196. Tong N, He JC, Lu F, Wang Q, Qu J, Zhao YE. Changes in corneal wavefront aberrations in microincision and small-incision cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(12):2085–2090.
197. Denoyer A, Denoyer L, Marotte D, Georget M, Pisella P-JJ. Intraindividual comparative study of corneal and ocular wavefront aberrations after biaxial microincision versus coaxial small-incision cataract surgery. *Br J Ophthalmol.* 2008;92(12):1679–1684.
198. Jiang Y, Le Q, Yang J, Lu Y. Changes in corneal astigmatism and high order aberrations after clear corneal tunnel phacoemulsification guided by corneal topography. *J Refract Surg (Thorofare, NJ 1995).* 2006;22(9 Suppl):S1083–8.
199. Koch DD. How should we analyze astigmatic data? *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(1):1–3.
200. Alpíns N. Astigmatism analysis by the Alpíns method. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(1):31–49.
201. Faus, F; Cristóbal, JA; Mateo A. Métodos de análisis. In: SECOIR, ed. *Corrección del astigmatismo.* Madrid: MAE; 2006:87–97.
202. Huang FC, Tseng SH. Comparison of surgically induced astigmatism after sutureless temporal clear corneal and scleral frown incisions. *J Cataract Refract Surg.* 1998;24(4):477–81..
203. Kaye SB, Patterson A. Analyzing refractive changes after anterior segment surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(1):50–60.
204. Holladay JT, Moran JR, Kezirian GM. Analysis of aggregate surgically induced refractive change, prediction error, and intraocular astigmatism. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(1):61–79.
205. Thibos LN, Horner D. Power vector analysis of the optical outcome of refractive surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(1):80–85.
206. Naeser K, Knudsen EB, Hansen MK. Bivariate polar value analysis of surgically induced astigmatism. *J Refract Surg (Thorofare, NJ 1995).* 2002;18(1):72–78.
207. Naeser K, Hjortdal J. Polar value analysis of refractive data. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(1):86–94.
208. Harris WF. Analysis of astigmatism in anterior segment surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(1):107–128.

209. Naeser K. Conversion of keratometer readings to polar values. *J Cataract Refract Surg.* 1990;16(6):741–5.
210. Holladay JT, Cravy T V, Koch DD. Calculating the surgically induced refractive change following ocular surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1992;18(5):429–443.
211. Simsek S, Yasar T, Demirok A, Cinal A, Yilmaz OF. Effect of superior and temporal clear corneal incisions on astigmatism after sutureless phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 1998;24(4):515–518.
212. Masket S, Tennen DG. Astigmatic stabilization of 3.0 mm temporal clear corneal cataract incisions. *J Cataract Refract Surg.* 1996;22(10):1451–1455.
213. Borasio E, Mehta JS, Maurino V. Surgically induced astigmatism after phacoemulsification in eyes with mild to moderate corneal astigmatism: temporal versus on-axis clear corneal incisions. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(4):565–572.
214. Olsen T, Dam-Johansen M, Bek T, Hjortdal JO. Corneal versus scleral tunnel incision in cataract surgery: a randomized study. *J Cataract Refract Surg.* 1997;23(3):337–341.
215. Long DA, Monica ML. A prospective evaluation of corneal curvature changes with 3.0- to 3.5-mm corneal tunnel phacoemulsification. *Ophthalmology.* 1996;103(2):226–232.
216. Morcillo-Laiz R, Zato MA, Munoz-Negrete FJ, Arnalich-Montiel F. Surgically induced astigmatism after biaxial phacoemulsification compared to coaxial phacoemulsification. *Eye (Lond).* 2009;23(4):835–839.
217. Wilson SE, Klyce SD. Screening for corneal topographic abnormalities before refractive surgery. *Ophthalmology.* 1994;101(1):147–52.
218. Nichamin LD. Opposite clear corneal incisions. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(1):7–8.
219. Lever J, Dahan E. Opposite clear corneal incisions to correct pre-existing astigmatism in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2000;26(6):803–5.
220. Mozayan E, Lee JK. Update on astigmatism management. *Curr Opin Ophthalmol.* 2014;25(4):286–90.

221. Titiyal JS, Khatik M, Sharma N, et al. Toric intraocular lens implantation versus astigmatic keratotomy to correct astigmatism during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40(5):741–7.
222. Hirnschall N, Gangwani V, Crnej A, Koshy J, Maurino V, Findl O. Correction of moderate corneal astigmatism during cataract surgery: toric intraocular lens versus peripheral corneal relaxing incisions. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40(3):354–61.
223. Maedel S, Hirnschall N, Chen Y-A, Findl O. Rotational performance and corneal astigmatism correction during cataract surgery: Aspheric toric intraocular lens versus aspheric nontoric intraocular lens with opposite clear corneal incision. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40(8):1355–62.
224. Ouchi M. High-cylinder toric intraocular lens implantation versus combined surgery of low-cylinder intraocular lens implantation and limbal relaxing incision for high-astigmatism eyes. *Clin Ophthalmol.* 2014;8:661–7.
225. Crema AS, Walsh A, Ventura B V, Santhiago MR. Visual outcomes of eyes implanted with a toric multifocal intraocular lens. *J Refract Surg.* 2014;30(7):486–91.
226. Hirnschall N, Hoffmann PC, Draschl P, Maedel S, Findl O. Evaluation of factors influencing the remaining astigmatism after toric intraocular lens implantation. *J Refract Surg.* 2014;30(6):394–400.
227. Alió JL, Peña-García P, Abdulla Guliyeva F, Soria FA, Zein G, Abu-Mustafa SK. MICS with toric intraocular lenses in keratoconus: outcomes and predictability analysis of postoperative refraction. *Br J Ophthalmol.* 2014;98(3):365–70.