

MARCO ANTÔNIO REY DE FARIA

**Avaliação da eficácia de uma nova
pinça fragmentadora de núcleo do cristalino
para cirurgia de catarata**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Ciências

Programa de Oftalmologia

Orientador: Prof. Dr. Milton Ruiz Alves

São Paulo

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Faria, Marco Antônio Rey de
Avaliação da eficácia de uma nova pinça
fragmentadora de núcleo do cristalino para cirurgia
de catarata / Marco Antônio Rey de Faria. -- São
Paulo, 2020.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.
Programa de Oftalmologia.
Orientador: Milton Ruiz Alves.

Descritores: 1.Catarata 2.Cirurgia 3.Extração de
catarata 4.Instrumentação 5.Facoemulsificação/métodos
6.Reabilitação

USP/FM/DBD-236/20

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

“O sonho é que leva a gente para a frente. Se a gente for seguir a razão, fica aquietado, acomodado”.

Ariano Suassuna

DEDICATÓRIA

À minha esposa Francisca de Fátima Mendes de Faria (Nininha), minha amada companheira de todas as horas, sempre presente me incentivando em todos os momentos e desafios de minha vida.

Aos meus pais, Gastão Mariz de Faria e Iracema Rey de Faria (*in memoriam*) a quem devo toda a base de minha formação, meu caráter e minha educação.

Aos meus filhos, Marcelo Mendes de Faria, Bruno Mendes de Faria e Guilherme Mendes de Faria, pelos quais sempre lutei.

Aos meus netos, Ana Luiza Pinheiro de Faria, Lara Pinheiro de Faria, Tomás Melo de Faria, Henrique Tribsti de Faria, Heitor Tribsti de Faria e Otávio Melo de Faria, a quem desejo deixar o exemplo de nunca desistir dos seus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Milton Ruiz Alves pelo incentivo constante e decisivo para que começasse e terminasse essa etapa importante de minha vida acadêmica.

À Sra. Regina Ferreira de Almeida, pelo incentivo e dedicação aos projetos na Pós-Graduação.

Ao Prof. Dr. Mário Luiz Ribeiro Monteiro, coordenador da Pós-Graduação, pela oportunidade de participar deste programa.

Ao Prof. Dr. Remo Susanna Júnior, pela competência e dedicação com a Instituição.

Finalmente, a Deus, senhor maior de todas as coisas, sempre presente em nossas vidas, em cuja fé me abrigo de todas as dificuldades em minha vida e que sempre me conduz para o bem.

NORMATIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de Apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha; Maria Júlia de A. L. Freddi; Maria F. Crestana; Marinalva de Souza Aragão; Suely Campos Cardoso; Valéria Vilhena. 3. ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação, 2011.

Abreviatura dos títulos de periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

Lista de Tabelas

Lista de Figuras

Resumo

Abstract

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	6
	2.1 Objetivo geral	7
	2.2 Objetivos específicos	7
3	REVISÃO DA LITERATURA	8
	3.1 O cristalino	9
	3.2 A catarata	14
	3.3 A prevalência de catarata.....	17
	3.4 A cirurgia de catarata.....	19
	3.5 A moderna cirurgia de catarata.....	24
	3.6 A pinça fragmentadora de núcleo do cristalino	26
	3.7 A técnica de utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino.....	28
4	MÉTODOS	31
	4.1 Aspectos éticos	32
	4.2 Tipo de estudo e amostra	32
	4.3 Critérios de inclusão	32
	4.4 Critérios de exclusão	32
	4.5 Procedimentos	33
	4.6 Parâmetros avaliados	33
	4.7 Análise estatística	34
5	RESULTADOS	35
6	DISCUSSÃO	43
	6.1 Limitações do estudo	46
7	CONCLUSÕES	48
8	ANEXOS	50
9	REFERÊNCIAS.....	53
10	APÊNDICE.....	62

LISTAS

ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
<	Menor
=	Sinal de igual
±	Mais ou menos
≤	Menor ou igual
≥	Maior ou igual
AV	Acuidade visual
CA	Câmara anterior
CC/Min	Centímetros cúbicos por minuto
CEROF	Centro de Referência em Oftalmologia de Goiânia
DP	Desvio padrão
HUOL	Hospital Universitário Onofre Lopes
IBGE	Instituto Brasileira de Geografia Estatística
IC	Intervalo de confiança
LIO	Lente intraocular
LOCS	<i>Lens Opacities Classification System</i>
mm	Milímetro
mmHg	Milímetro de mercúrio
MS	Ministério da Saúde
n	Número
OMS	Organização Mundial de Saúde
PIO	Pressão intraocular
SUS	Sistema Único de Saúde
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
US	Ultrassom
v.	Versus
µm	Micrômetro

TABELAS

Tabela 1 - Valores médios, diferenças da média, erro padrão da diferença da média, valores inferiores e superiores do IC 95% da diferença da média e o valor de p das variáveis avaliadas, durante a extração de catarata pela técnica de facoemulsificação torsional, com ou sem o uso de pinça fragmentadora de núcleo do cristalino, nos 60 olhos porcinos.....	36
---	----

FIGURAS

Figura 1 -	Anatomia do olho	10
Figura 2 -	Inserção zonular e relações importantes da sustentação do cristalino	12
Figura 3 -	A. Zônula de Zinn vista lateral. B. inserção anterior da Zônula. C. Capsulorrexe respeitando a inserção anterior zonular	13
Figura 4 -	Classificação das opacidades do cristalino através do exame à lâmpada de fenda onde vemos a classificação do núcleo em 6 graus de opacidade e córtex e opacificação subcapsular posterior em 5 graus	16
Figura 5 -	Imagem em Scheimpflug de uma catarata nuclear grau III (LOCS III) de um adulto acima de 60 anos de idade	17
Figura 6 -	Técnica intracapsular de Jacques Daviel	21
Figura 7 -	Sir Harold Ridley e sua lente intraocular	22
Figura 8 -	A esquerda Dr. Charles D Kelman, a direita o seu aparelho de facoemulsificação e o pesquisador	23
Figura 9 -	<i>Stop-and- chop</i> e dividir e conquistar	25
Figura 10 -	Desenho de criação da pinça fragmentadora de cristalino	27
Figura 11 -	Desenho industrial da pinça fragmentadora de cristalino	27
Figura 12 -	Demonstração da ergonomia da pinça fragmentadora do cristalino	28
Figura 13 -	A- Introdução da pinça fragmentadora na câmara anterior após a fratura do núcleo em 4 partes. B- Cada quadrante do núcleo do cristalino é aprisionado e fragmentado pela pinça. C e D- Aspiração dos múltiplos fragmentos do núcleo	29
Figura 14 -	Da esquerda para a direita, vemos a sequência da técnica para o uso da pinça fragmentadora de cristalino	30
Figura 15 -	Box plot comparativo da energia dissipada acumulada COM e SEM a utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para <i>prechop</i> no faco torsional	37
Figura 16 -	Box plot comparativo da média da amplitude do faco torsional COM e SEM a utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para <i>prechop</i> no faco torsional	38
Figura 17 -	Box plot comparativo da média da amplitude do faco torcional em FP3 COM e SEM a utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para <i>prechop</i> no faco torsional	39

Figura 18 -	Box plot comparativo do líquido aspirado estimado COM e SEM a utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para <i>prechop</i> no faco torsional.....	40
Figura 19 -	Box plot comparativo do tempo total de ultrassom COM e SEM a utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para <i>prechop</i> no faco torsional.....	41
Figura 20 -	Box plot comparativo do tempo total de aspiração COM e SEM a utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para <i>prechop</i> no faco torsional.....	42

RESUMO

Faria MR. *Avaliação da eficácia de uma nova pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para cirurgia de catarata* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2020.

Objetivo: Avaliar a eficácia de uma nova pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para cirurgia de catarata, de baixo custo, desenvolvida com a finalidade de diminuir a utilização de ultrassom durante a emulsificação do núcleo do cristalino. **Métodos:** Foram utilizados 60 olhos de porco provenientes de matadouro, descartados depois do abate do animal, colocados em forno de micro-ondas em potência máxima durante 10 segundos para a formação de catarata com dureza comparada a de um núcleo classificado como IV na LOCS III. A técnica cirúrgica utilizada foi *prechop*, com a divisão do núcleo do cristalino em quatro partes seguida da conquista dos fragmentos com facoemulsificação (grupo 1) e dividiu o núcleo em quatro partes, seguida da fragmentação de cada uma dessas partes com a utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino (grupo 2). Nos dois grupos a conquista dos fragmentos foi feita por facoemulsificação com o modo torsional. Foram analisados os seguintes parâmetros: energia dissipada acumulada; média de amplitude do faco torsional; potência ultrassônica média equivalente; líquido aspirado estimado; tempo total de ultrassom (US); e tempo total de aspiração. A verificação de normalidade dos dados foi feita com o emprego do teste Shapiro-Wilk. As diferenças nos parâmetros avaliados com e sem o uso da pinça fragmentadora foram analisadas com o emprego do teste de Kruskal-Wallis. Considerou-se o intervalo de confiança de 95% e a significância de 5% ($\alpha=0,05$). **Resultados:** Houve redução estatisticamente significativa em favor do uso da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino na energia dissipada acumulada; na potência ultrassônica média equivalente; no líquido aspirado estimado; no tempo total de ultrassom e no tempo total de aspiração. **Conclusão:** O estudo demonstrou que o uso da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino melhorou a eficácia da cirurgia de catarata com faco torsional em olhos porcinos.

Descritores: Catarata; Cirurgia; Extração de catarata; Instrumentação; Facoemulsificação; Métodos; Reabilitação.

ABSTRACT

Faria MR. *Evaluation of the efficacy of a new lens nucleus fragmenting forceps for cataract surgery* [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2020.

Objective: To evaluate the efficacy of a low-cost lens nucleus fragmenting forceps for cataract surgery designed to reduce the use of ultrasound during the emulsification of the lens nucleus. **Methods:** We used 60 pig eyes from slaughterhouse, discarded after slaughter of the animal, placed in a microwave oven at maximum power for 10 seconds for the formation of cataracts with hardness compared to a nucleus classified as IV in LOCS III. The surgical technique used was prechop, with the division of the lens nucleus into four parts followed by the conquest of the fragments with phacoemulsification (group 1) and divided the nucleus into four parts, followed by the fragmentation of each of these parts with the use of the lens nucleus fragmenting forceps (group 2). In both groups, the conquest of the fragments was made by phacoemulsification with the torsional mode. The following parameters were analyzed: cumulative dissipated energy; mean amplitude torsional phaco; equivalent mean ultrasonic power; estimated aspirated liquid; total ultrasound time (US); and total aspiration time. Data normality was verified using the Shapiro-Wilk test. The differences in the parameters evaluated with and without the use of the lens nucleus fragmenting forceps were analyzed using the Kruskal-Wallis test. The 95% confidence interval and the significance of 5% ($\alpha=0.05$) were considered. **Results:** There was a statistically significant reduction in favor of the use of the fragmenting nucleus forceps for the following parameters: cumulative dissipated energy; equivalent mean ultrasonic power; estimated aspirated liquid; total ultrasound time (US); and total aspiration time. **Conclusion:** The study demonstrated that the use of lens nucleus fragmenting forceps improved the efficacy of cataract surgery with torsional phaco in pig eyes.

Descriptors: Cataract; Surgery; Cataract extraction; Instrumentation; Phacoemulsification; Methods; Rehabilitation.

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O termo catarata refere-se a qualquer tipo de perda de transparência do cristalino, seja ela congênita ou adquirida, independentemente de causar ou não prejuízos à visão ¹.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), há no mundo, cerca de 40 milhões de cegos. A catarata é considerada a principal causa de cegueira reversível, sendo responsável por metade desse número, cerca de 20 milhões de pessoas ².

O número de pessoas cegas por catarata no mundo está aumentando em aproximadamente 1 milhão por ano e o número de olhos "operáveis" com acuidade visual (AV) inferior a 6/60 está aumentando em 4 a 5 milhões por ano³. Aproximadamente, 10 milhões de cirurgias de catarata são realizadas a cada ano no mundo, com taxas variando de 100 a 6.000 cirurgias por milhão de população por ano ³.

Com a melhora das condições socioeconômicas e culturais, a população brasileira vem aumentando sua expectativa de vida. No último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (censo 2010), o número de idosos, pessoas com mais de 60 anos, era equivalente a 11,1% da população, correspondendo a mais de 20 milhões de pessoas ⁴.

Ainda, de acordo com o IBGE, se observarmos a população brasileira acima de 90 anos, comparando o censo de 2000 no qual constatamos um número de 211.622 pessoas, com o censo de 2010 observamos que esta população aumentou para 455.191 pessoas, ou seja, mais de 100% de crescimento ⁴.

O envelhecimento para algumas pessoas é uma etapa natural do desenvolvimento da vida aceitando-a com naturalidade, para outras é uma fase negativa ⁵. A diferença talvez esteja na qualidade de vida, que varia individualmente, e na qualidade visual, que é considerada um dos seus fatores mais determinantes, uma vez que a perda visual leva à menor comunicação social, dependência e

restrição de mobilidade, inclusive levando a maior probabilidade de traumas em geral ⁶.

Os distúrbios visuais, ao promoverem maior dependência física, geram também dificuldades emocionais. Grande parte das mudanças decorrentes do envelhecimento é inevitável, mas podem receber cuidados preventivos e curativos, sendo pelo menos postergadas ⁶.

Considera-se que, para a solução da problemática da cegueira por catarata no Brasil não seja suficiente apenas oferecer o tratamento gratuito, deve-se também, adotar medidas educativas junto à população, sendo importante a criação de condições que facilitem o acesso à cirurgia, pois, mesmo que esta seja gratuita, o paciente não está isento de gastos financeiros com sua mobilização nos dias das avaliações pré e pós-operatórias, além das despesas com as medicações certamente necessárias ⁷. Por isso é importante que a cirurgia seja um procedimento ao mesmo tempo de boa qualidade, mas com um custo baixo, para que os recursos financeiros, que não são muitos, sejam distribuídos para as outras demandas ⁷.

Atualmente, a cirurgia de catarata com implante de lente intraocular (LIO) é o procedimento cirúrgico mais realizado no mundo e são marcantes os benefícios conferidos aos pacientes operados ^{2,3,8}.

Santos *et al.* ⁹ relataram que em 2010 foram realizadas no Brasil, 346.125 cirurgias de catarata através do Sistema Único de Saúde (SUS); em 2011, 413.416 cirurgias; em 2014 foram realizadas 469.820 cirurgias e em 2016, 452.893. Como vemos, embora a população idosa esteja em crescimento exponencial, o número de cirurgias encontra-se estável. Para nos situarmos na grandeza desses números, observando os Estados Unidos da América, com uma população de 327,2 milhões de habitantes (por volta de 50% a mais que o Brasil) vemos que lá são realizadas mais de 3 milhões desse procedimento por ano ¹⁰. Ou seja, por extrapolação, aqui no Brasil deveríamos fazer cerca de 2 milhões de cirurgias de catarata por ano.

Ainda, de acordo com Santos *et al.* ⁹, do total de indivíduos com 60 anos ou mais de idade examinados (estimados hoje em 13,2% da população brasileira), 28,7% foram diagnosticados com catarata, com maiores proporções para o Centro-Oeste (33,7%) e Nordeste (31,9%). No Norte foram 26,7%. Do total de

diagnosticados com catarata no Brasil, 72,7% tiveram indicação de cirurgia e a realizaram. Destes, 47,6% utilizaram o SUS e 37,9% das cirurgias foram cobertas por planos de saúde. Das pessoas com mais de 60 anos de idade, 27,7% das que tiveram indicação de cirurgia de catarata, por algum motivo não realizaram o procedimento.

Vemos, portanto, que a cirurgia de catarata é um importante e crescente problema de saúde pública, sendo imperativo que se busque métodos cada vez mais seguros e de baixo custo para a cirurgia, sempre com a visão no binômio risco/benefício, custo-efetividade ⁷.

Introduzida em 1967 por Charles Kelman ¹¹, a facoemulsificação ultrassônica passou por uma lenta evolução. Devido ao conceito revolucionário para a época que exigiu longa curva de aprendizado e, principalmente, devido a ineficácia e mal desempenho dos primeiros aparelhos, a facoemulsificação apenas se tornou o método de escolha para a maioria das cirurgias de catarata na década de 90 ¹¹. Percebeu-se que o endotélio corneano poderia ser danificado durante a facoemulsificação e isso poderia ser causado por vários fatores, como o fluxo do líquido de irrigação, a turbulência e movimento do líquido na câmara anterior, bolhas de ar, traumas diretos dos instrumentos ou fragmentos de núcleo no endotélio e o tempo e a potência de ultrassom necessária para a emulsificação do núcleo ¹².

Para evitar dano endotelial, diversas técnicas foram desenvolvidas para melhorar a eficiência da remoção do núcleo do cristalino ¹³. Essas técnicas buscavam, também, diminuir lesões térmicas nas incisões, reduzir as taxas de complicações, minimizar o estresse zônula-capsular, encurtar o tempo cirúrgico e abaixar a quantidade de energia ultrassônica necessária para a emulsificação do núcleo ¹³.

A primeira delas foi dividir e conquistar, introduzida por Gimbel ¹⁴. Na sequência, as mais importantes foram “*stop and chop*” de Paul Koch ¹⁵ e “*phaco chop*” de Nagahara ¹⁶. Essas técnicas foram desenvolvidas para dividir o núcleo do cristalino em vários ou múltiplos fragmentos, para com isso deixá-los mais acessíveis e assim diminuir a quantidade de energia ultrassônica e as lesões endoteliais e térmicas decorrentes de seu uso ¹⁴⁻¹⁷.

Introduzido na última década, o *laser* de femtosegundo tem sido sugerido para diminuir o tempo e a potência de ultrassom utilizada na cirurgia de catarata ¹⁸, entretanto o seu custo elevado o torna impeditivo, pelo menos por enquanto, para o uso em nosso serviço público.

Em 1998, Akahoshi ¹⁹ introduziu a técnica de *prechop* e “*conter prechop*”, nas quais se procede a pré fratura mecânica do núcleo, sendo na primeira com um único instrumento e na segunda com dois ganchos apropriados em manobra de movimentos centrípetos.

No presente trabalho o autor analisa a eficácia de um instrumento por ele idealizado (pinça fragmentadora de núcleo do cristalino), de baixo custo, para realizar uma manobra complementar à técnica de *prechop* (fragmentação do núcleo em pequenos pedaços), com a finalidade de diminuir ainda mais (podendo até abolir) a utilização do ultrassom na técnica de facoemulsificação, visando torná-la mais segura, com pouco dano ocular, sem aumentar o custo da cirurgia de catarata.

2 OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar se o uso da pinça projetada para fragmentar o núcleo do cristalino, em múltiplos pedaços que possam ser emulsificados, diminui o “tempo total de ultrassom” em cirurgias de catarata, realizadas pela técnica de facoemulsificação com *pre-chop*, em olhos porcinos enucleados.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar se o uso da pinça projetada para fragmentar o núcleo do cristalino, em múltiplos fragmentos que possam ser emulsificados, contribui para diminuir a “energia dissipada acumulada; a média de amplitude do faco torsional; a potência ultrassônica média equivalente; o líquido aspirado estimado; e o tempo total de aspiração” em cirurgias de catarata, realizadas pela técnica de facoemulsificação com *pre-chop*, em olhos porcinos enucleados.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3 REVISÃO DA LITERATURA

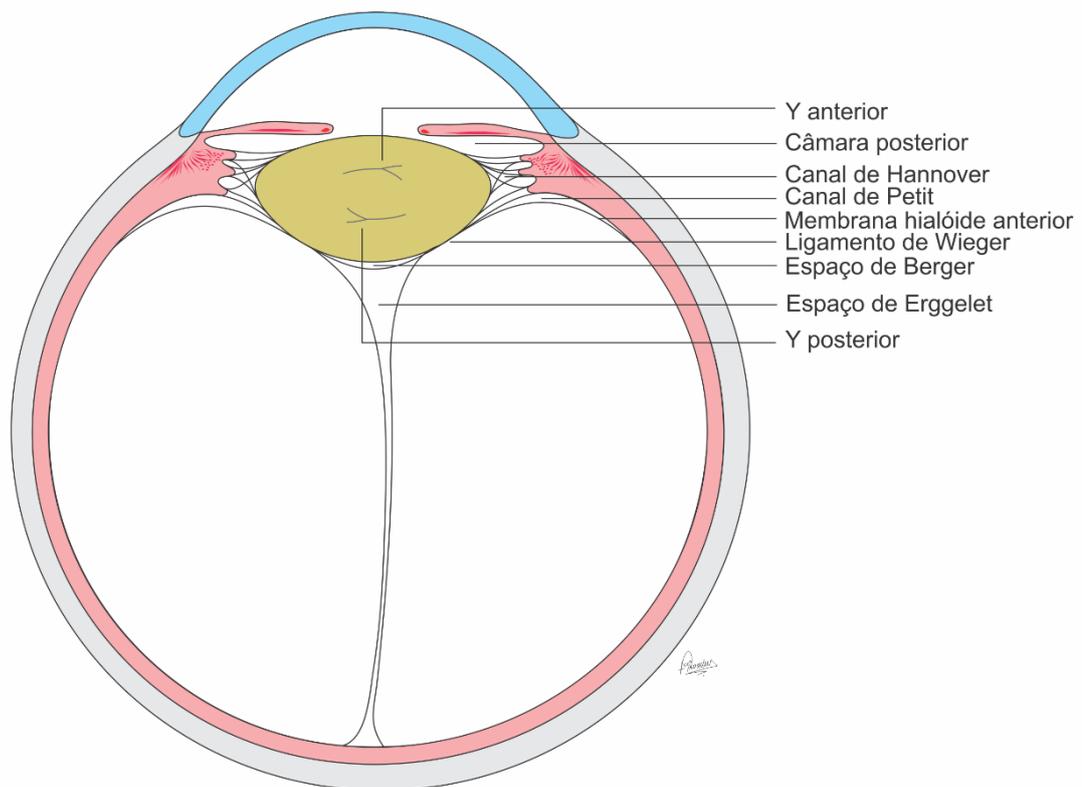
3.1 O Cristalino

O cristalino (lente) é uma estrutura biconvexa, elíptica, com aparência cristalina de origem ectodérmica, incolor, transparente e com forma suscetível a modificações²⁰. Localiza-se na câmara posterior, entre a íris e o vítreo. Lateralmente, a zona equatorial da lente projeta-se para dentro da câmara posterior e está presa pela zônula do epitélio ciliar²⁰ (Figura 1).

A sua largura axial sagital varia de 3,5mm a 4,5mm ao nascimento, cerca de 4,0 mm até 40 anos e aumenta lentamente de 4,7 mm a 5,0 mm em idades mais avançadas. Em contraste, o diâmetro equatorial é de 6,5 mm ao nascimento, de 9 mm a 10 mm após os 20 anos e poucas mudanças ocorrem depois da segunda década de vida²¹. O tamanho do cristalino aumenta com a idade; aos 80 anos é cerca de 50% maior que aos 30. No recém-nascido tem 65 mg de peso, 130 mg com 1 ano e 250 mg com 90 anos²².

O seu índice de refração é de 1,36 na periferia e 1,4 no centro. Sua face anterior é convexa, lisa, relacionada com a pupila, íris e processos ciliares. O seu valor dióptrico varia durante a vida, sendo até 44D em recém-nascidos prematuros, 35D em recém-nascidos a termo, 28D no final do primeiro ano de vida e estabilizando-se entre 22D e 20D a partir dos 6 anos de idade até a vida adulta²⁰.

A cápsula é delgada, elástica, muito refringente, e é muito importante para a integridade da lente. A cápsula age como uma membrana semipermeável e regula o transporte de substâncias entre o aquoso e a lente²³. A sua espessura varia com a idade e regiões topográficas da lente, sendo mais delgada no equador e nos polos anterior e posterior. Apresenta um espessamento anterior em uma área circular localizada a 3 mm do polo anterior, e um espessamento posterior a 1 mm do polo posterior. Nesses espessamentos da cápsula inserem-se as fibras da zônula²⁰.



Fonte: Cortesia de Francisco Iroshima

Figura 1 - Anatomia do olho

A cápsula é uma membrana basal hipertrofiada, formada por microfibrilas de colágenos tipo I, II e IV, incluídos em uma matriz rica em glicoproteínas e glicosaminoglicanos (laminina e fibronectina) ²³. Com o envelhecimento a cápsula pode sofrer delaminação na sua parte anterior, esfoliação e perda da elasticidade decorrente do aumento de pontes de dessulfurização entre as moléculas do colágeno tipo IV e diminuição de proteoglicanas e fibronectina ²⁰.

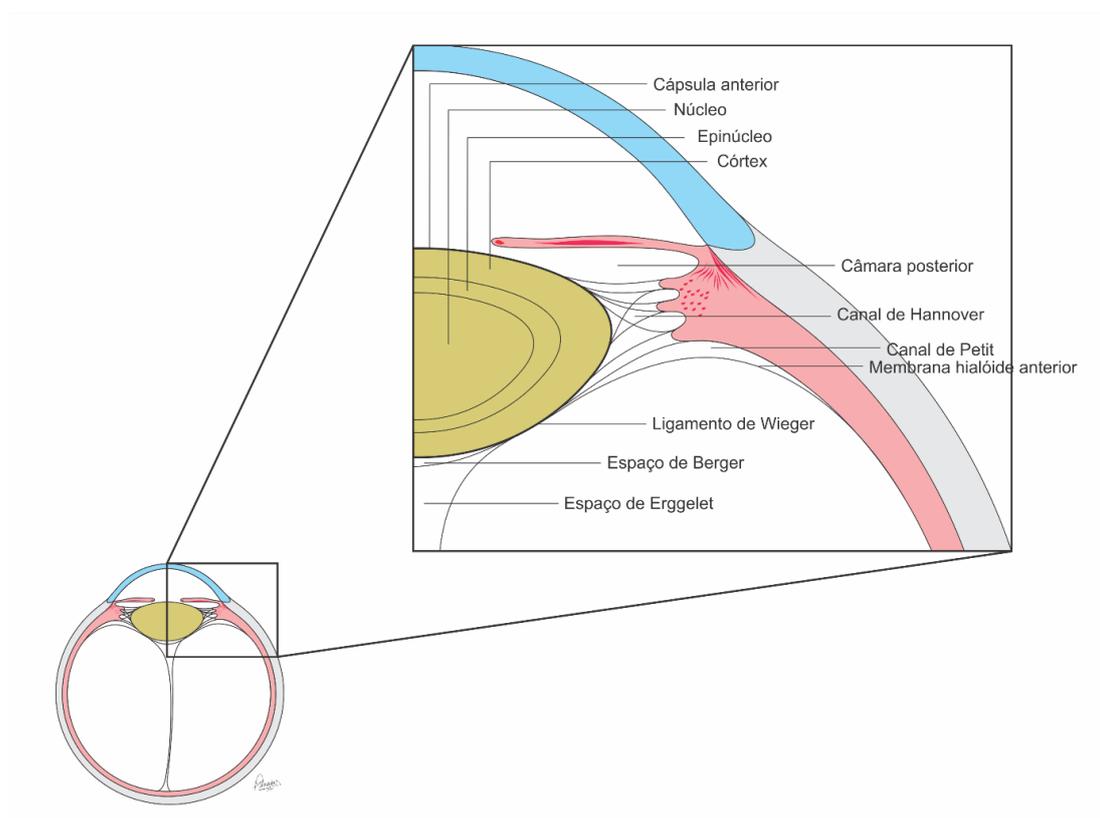
O epitélio é metabolicamente ativo e é o responsável pelo crescimento gradativo do cristalino. Ele é composto por uma camada única de células poligonais que ocupa toda a face anterior do cristalino até o equador, estando aderido à cápsula anterior. As células centrais estão localizadas no polo anterior e apresentam forma cuboide com 5 μm a 8 μm de altura e 13 μm de comprimento. Na zona intermediária

existe uma maior quantidade de células, que assume um formato colunar e com atividade mitótica maior. As células oriundas dessa divisão não mais se multiplicam, migram posteriormente para a zona equatorial, diferenciando-se em fibras lenticulares. Elas vão perdendo suas organelas e finalmente seu núcleo. A perda das organelas favorece a passagem da luz²³.

As fibras lenticulares constituem a maior parte do cristalino e são formadas continuamente na zona germinativa. São compostas por proteínas, lipídeos e fosfolipídios. O colesterol compõe 50% a 60% do total de lipídeos e fosfolipídios e a esfingomielina constitui a maior parte dos fosfolipídios^{24, 25}. Elas são dispostas em camadas concêntricas e se depositam do interior para a periferia da lente desde o período embrionário, formando assim camadas parecidas com as de uma cebola. O centro da lente é formado pelos núcleos embrionário e fetal. As fibras que se depositam nos primeiros anos logo após o nascimento formam o núcleo adulto que cresce continuamente. As fibras mais externas formam o córtex. Não existe diferença morfológica entre o córtex e o núcleo, sendo gradual a sua transição^{24, 25}.

A zônula ciliar, também conhecida como ligamento suspensor do cristalino ou zônula de Zinn, é uma estrutura tridimensional originada na *pars plana* do corpo ciliar, entre 0,5 e 1,5 mm da *ora serrata*, que se projeta para o equador do cristalino, sendo essa a única conexão entre o cristalino e o corpo ciliar²⁰. Histologicamente, as fibras da zônula apresentam-se como fibras homogêneas, de espessura variável de 2 a 8 µm. Elas se originam nos processos ciliares, próximo à coroa ciliar, se fundem para formar cerca de 140 feixes de fibras mais espessas que se dirigem anteriormente à cápsula do cristalino²⁰. De acordo com o tipo de inserção, classificam-se em fibras orbicapsulares posteriores, fibras orbicapsulares anteriores; fibras ciliocapsulares posteriores, fibras cilioequatoriais e fibras ciliociliares²⁰. As fibras zonulares atravessam a câmara posterior a partir dos vales ciliares situados entre os processos ciliares para fazerem inserção na cápsula cristaliniana no nível do equador por intermédio de dois fascículos principais e se inserem na região equatorial do saco capsular de modo contínuo, sendo um feixe anterior e outro posterior a 1,5 mm e 1,25 mm, respectivamente, da borda do cristalino e outros no próprio equador. Entre estes feixes, forma-se o canal de Hannover. A zona de inserção anterior das fibras na cápsula é conhecida como lamela zonular²⁰.

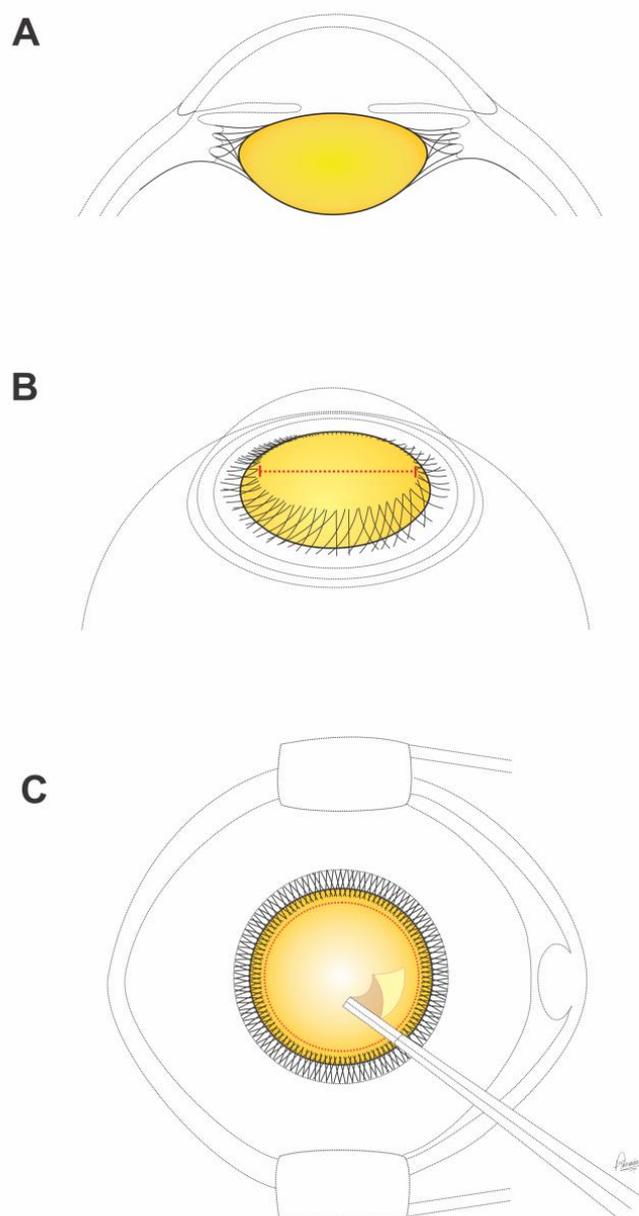
A face posterior do cristalino forma, em conjunto com a concavidade anterior do vítreo (membrana hialoide anterior), a fossa patelar de Vogt. A hialoide anterior se adere, a 1 mm do equador, à face posterior do cristalino através do ligamento capsular de Wieger. Este apresenta uma forte aderência nos jovens, tornando-se mais frágil nos idosos e tem aproximadamente 8 mm de diâmetro. A região delimitada entre a área interna do ligamento de Wieger e a fossa patelar, é denominada espaço de Berger ou Erggelet. Este espaço consiste no prolongamento anterior do canal de Cloquet²⁰ (Figura 2).



Fonte: Cortesia de Francisco Iroshima

Figura 2 - Inserção zonular e relações importantes da sustentação do cristalino

Com o envelhecimento ocorre uma anteriorização da lamela zonular anterior, diminuindo a área capsular sem fibrilas, que é de 8 mm aos 20 anos para 6,5 mm aos 80 anos²⁶. As fibras zonulares quando danificadas podem provocar complicações cirúrgicas importantes durante ou após a cirurgia (Figura 3).



Fonte: Cortesia de Francisco Irochima.

Figura 3 - A – Zônula de Zinn vista lateral. B – Inserção anterior da zônula. C – Capsulorrexe respeitando a inserção anterior zonular

3.2 A catarata

Catarata é a denominação dada a qualquer opacidade do cristalino, congênita ou adquirida que, pela absorção ou dispersão dos raios luminosos pela porção axial, pode levar à diminuição da AV, quantitativa ou qualitativa ²⁰. O cristalino é responsável pela focalização das imagens na retina. Por isso ele necessita ser transparente, ter um índice de refração superior às estruturas transparentes que o cercam e ter a capacidade de variar o seu poder dióptrico para poder focalizar objetos a diferentes distâncias ²⁰. O mecanismo básico da acomodação é a contração do músculo ciliar e conseqüente relaxamento da zônula, permitindo à lente aumentar sua convexidade. Nesse processo, o polo anterior da lente move-se para frente, provocando uma discreta diminuição da câmara anterior; o polo posterior permanece imóvel; há um aumento na espessura e diminuição do diâmetro da lente ²⁰.

Por ser avascular, a nutrição do cristalino depende de trocas metabólicas com os humores aquoso e vítreo ²³. Ele normalmente tem 66% de água e 33% de proteína e são, também, encontradas quantidades significativas de ácido ascórbico ²³. A sua cápsula é permeável à glicose e o seu metabolismo por glicólise anaeróbica gera 2/3 da adenosina trifosfato (ATP) necessária ao seu metabolismo, sendo o restante produzido pelo ciclo de Krebs ²⁷. Entre 90% e 95% da glicose que entra no cristalino é fosforilada em glicose-6-fosfato, em reação química catalisada pela hexoquinase. A glicose-6-fosfato é utilizada na via glicolítica (80%) ou na via pentose-fosfato ²⁷. O cristalino contém uma maior concentração de potássio e uma menor concentração de sódio que os humores aquoso e vítreo, sendo o seu equilíbrio mantido pela bomba de sódio-potássio ATPase na membrana epitelial anterior da cápsula cristalina. A falha da função dessa bomba modifica a concentração desses íons, provocando hidratação do cristalino e conseqüente perda de transparência ^{23, 27}.

O cristalino apresenta uma grande quantidade de proteínas solúveis e insolúveis. As insolúveis formam o citoesqueleto, constituído por actina, espectrina, alfa-actina, miosina e tropomiosina. As principais proteínas solúveis são as cristalinas, quais sejam: alfacristalina (31,7%), betacristalina (53,4%) e gamacristalina (1,5%) ²³. O citoesqueleto é o principal responsável pelo índice

refrativo do cristalino, enquanto as proteínas solúveis são as principais responsáveis pela transparência e propriedades refrativas. Em relação à proteína alfacristalina, ela age também como antioxidativo, permitindo ao cristalino tolerar as alterações do envelhecimento até uma certa idade²³.

Todas as proteínas, estruturais ou solúveis, do cristalino sofrem modificações pós-sínteses, enzimáticas e não enzimáticas. O evento inicial da cataratogênese inicia-se pela oxidação das membranas celulares. Esse processo gera a produção de cromóforos (triptofano) que com o seu acúmulo leva a uma coloração amarelada do núcleo. O núcleo, por sua vez, vai se opacificando progressivamente devido à modificação química das proteínas estruturais, bem como à produção contínua de novas fibras corticais. Com isso, as mais velhas vão se compactando no núcleo que se torna progressivamente endurecido e opacificado²³. A degradação das proteínas citoesqueléticas se inicia na fibrogênese secundária, com o desaparecimento gradual, no córtex profundo e no núcleo, da expectrina, da vimentina e da actina. As atividades da superóxido dismutase diminui no córtex e no núcleo. A atividade das enzimas implicadas na síntese da glutathiona diminui com a idade; as células mais velhas tornam-se menos tolerantes diante do processo oxidativo²³.

O processo de envelhecimento do cristalino é acompanhado de aumento da pigmentação, que pode adquirir tom mais amarelado ou acastanhado. Os tipos de catarata mais comuns relacionados à idade são o nuclear, cortical e capsular posterior. A histologia da catarata nuclear pouco difere do cristalino normal, a não ser pelos agregados proteicos e aumento do número de vacúolos de membranas lamelares. A catarata cortical está associada a alterações histoquímicas decorrentes da ruptura de fibras maduras do cristalino, que causam precipitação e oxidação proteicas. A catarata subcapsular posterior pode estar relacionada a traumas, uso de corticosteroide, alcoolismo, exposição à radiações ionizantes, diabetes, entre outras causas. Sua origem está associada à migração de células epiteliais para a face interna da cápsula posterior, formando opacidades de aspecto granular²⁸.

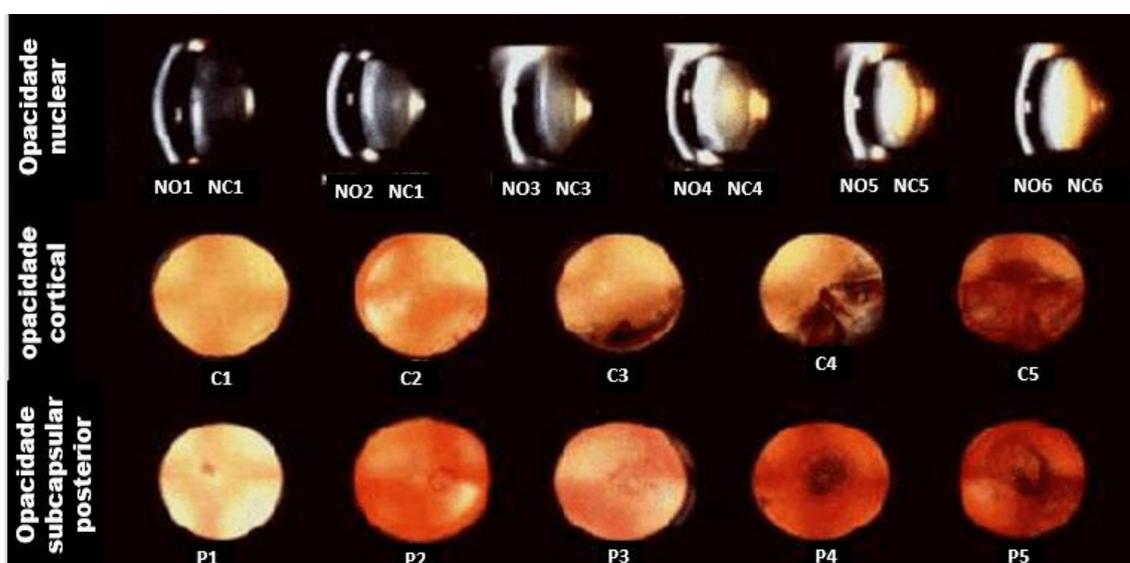
A morfologia da catarata congênita é muito variável, 40% delas são idiopáticas. Podem ser hereditárias, geralmente herança autossômica dominante, ou

associadas a infecções intrauterinas como a rubéola, ou transtornos metabólicos (galatosemias, hipocalcemias)²⁹.

O trauma ocular constitui a primeira causa de catarata na população com menos de 60 anos. Quando ocorre ruptura da cápsula a opacificação do cristalino é imediata. No trauma fechado a opacificação pode ocorrer após décadas. A concomitância com glaucoma é frequente nas cataratas traumáticas²⁹.

A catarata também pode estar relacionada a enfermidades genéticas e metabólicas. Outras doenças associadas à catarata são dermatites atópicas, síndrome de Down, distrofia miotônica, síndrome de Werner e síndrome de Rothmund²⁹.

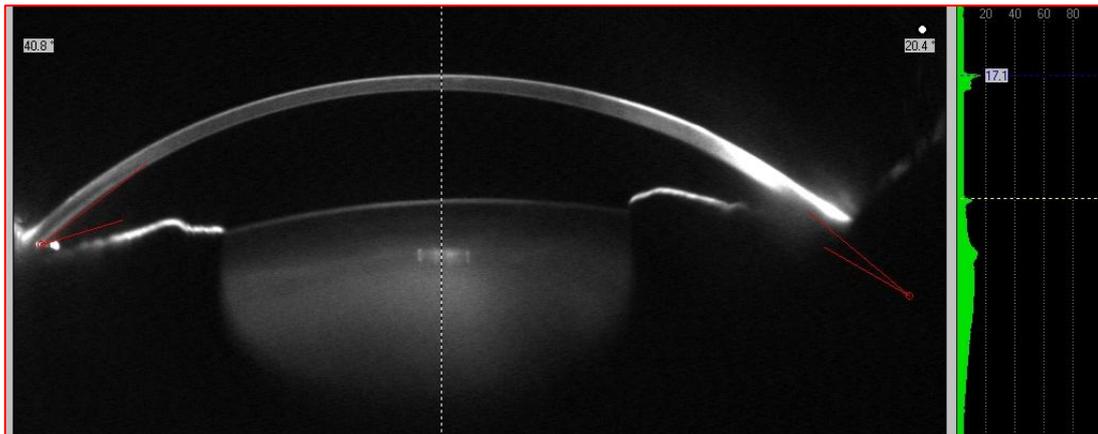
Existem diferentes formas de classificação da catarata. Em 1989, Chylack *et al.*³⁰ introduziram uma classificação morfológica com o intuito de auxiliar o cirurgião em seu planejamento, sendo chamado de *Lens Opacities Classification System*, que consiste em, por meio de fotografias à lâmpada de fenda classificar o grau de opacidade cortical, nuclear e subcapsular posterior, além da cor do núcleo. Em 1993, esse método foi aperfeiçoado com a publicação, pelos mesmos autores, da *Lens Opacities Classification System III*, que classifica a coloração e o grau de opacidade do núcleo em 6 categorias, a opacidade cortical em 5 graus e a opacificação subcapsular posterior também em 5 graduações³⁰ (Figura 4).



Fonte: Chylack LT *et al.*³⁰

Figura 4 - Classificação das opacidades do cristalino através do exame à lâmpada de fenda onde vemos a classificação do núcleo em 6 graus de opacidade e córtex e opacificação subcapsular posterior em 5 graus

Como essa classificação pode variar de examinador para examinador e de acordo com a iluminação da lâmpada de fenda, tenta-se atualmente classificar o grau de opacidade do cristalino a partir de fotografias em alta definição obtidas pelo método *Scheimpflug*, uma vez que os aparelhos de avaliação do segmento anterior ocular por esse método já são providos de um módulo de avaliação e classificação para esse fim ³¹ (Figura 5).



Fonte: Foto do autor.

Figura 5 - Imagem em *Scheimpflug* de uma catarata nuclear grau III (LOCS III) de um adulto acima de 60 anos de idade

3.3 A prevalência de Catarata

Os estudos de base populacional de prevalência de catarata são poucos e difíceis de realizar. As dificuldades são de ordens metodológica, logística e econômica. A definição de catarata não é simples, pois trata-se de doença multifatorial e degenerativa. Por esses motivos, dependendo do estudo, podem se encontrar diferenças de prevalência de catarata em um mesmo país ³².

Os tipos de catarata mais comuns com os dados observados na maioria desses estudos são: opacidade nuclear, cortical e subcapsular posterior. A prevalência de catarata se modifica conforme a idade e a região estudada, aumentando com o envelhecimento. Estudos realizados na Índia mostram que na população de 75 a 83

anos 82% das pessoas têm catarata, já nos Estados Unidos da América, nessa mesma faixa etária, o índice é de 46%³².

Entre os fatores de risco para o aparecimento de catarata, além do envelhecimento, temos: traumas, doenças sistêmicas e ingestão de determinados medicamentos. O hábito de fumar foi avaliado em uma revisão sistemática baseada em evidências e ela mostrou que existe uma forte relação entre o tabagismo e a indução de catarata, particularmente a catarata nuclear³². Outro fator de risco, presente em países tropicais, como o Brasil, especialmente nas regiões Norte-Nordeste, é o sol. Em um estudo publicado em 2005, Lee *et al.*³³ relataram os fortes indícios dessa associação, que se inicia pelo dano epitelial e por mudança na permeabilidade da cápsula do cristalino, levando à opacificação cortical.

No entanto, o principal fator de desenvolvimento da catarata é a idade. No estudo de Beaver Dam, EUA, de 1990, em população branca, encontrou-se catarata nuclear em: 0,9% nas pessoas de 40 a 54 anos; 3,2% de 55 a 59 anos; 9,2% de 60 a 64 anos; 21,9% de 65 a 69 anos; 33,4% de 70 a 74 anos; 51,1% de 75 a 79 anos; 63,3% de 80 a 84 anos, e em 90,3% das pessoas com mais de 85 anos de vida. Os dados sobre qualquer tipo de opacidade foram: 1,5% nas pessoas de 40 a 49 anos; 2,3% de 50 a 54 anos; 5,5% de 55 a 59 anos; 14,8% de 60 a 64 anos; 29,8% de 65 a 69 anos; 42,9% de 70 a 74 anos; 59,1% de 75 a 79 anos; 77,1% de 80 a 84 anos; e em 90,6% das pessoas com mais de 85 anos de vida³⁴.

Em uma análise de prevalência e epidemiologia da catarata na população atendida no Centro de Referência em Oftalmologia (CEROF) da Universidade Federal de Goiás, 7.954 prontuários de pacientes atendidos em consultas eletivas, foi diagnosticado catarata em 576 pacientes (7,2%), dos quais 56,2% eram do sexo feminino e 43,4% do sexo masculino.^{35,36} Entre todos os pacientes atendidos de forma eletiva, foi detectada a prevalência de catarata de 2,3% entre os pacientes com 40-49 anos; 19,2% nos pacientes entre 50-59 anos; 36,4% entre pacientes de 60-69 anos; e 52,5% nos pacientes com mais de 70 anos³⁶.

3.4 A cirurgia de catarata

Para entendermos as cirurgias oftalmológicas nos moldes que conhecemos hoje, devemos compreender a evolução do conhecimento da anatomia e da fisiologia do olho, que teve início há mais de 3.000 anos³⁷.

Na Grécia antiga, acreditava-se que o globo ocular fosse preenchido por um único humor indiferenciado. O cristalino era considerado por Aristóteles um achado *post-mortem*. Praxágoras, discípulo de Hipócrates, dizia que o nervo óptico era um vaso que se estendia do cérebro para o olho, refletindo o conceito grego de que o líquido intraocular era um filtrado do cérebro. Segundo ele, o material do centro do olho mantinha-se como um gel (o vítreo) em temperaturas quentes e quando resfriado tornava-se duro (referindo-se ao cristalino)³⁸. Por sua vez, os árabes achavam que o cristalino tinha função sensorial e, portanto, era o responsável pela visão, ideia compartilhada por Leonardo da Vinci, considerado por muitos como o grande anatomista moderno³⁸.

A localização correta do cristalino (atrás da íris) só foi identificada a partir do trabalho *Oculo* de Girolamo Fabrici d'Acquapendente em 1600, quando realizou minuciosa dissecação de olhos humanos e de animais³⁸.

A primeira menção de catarata foi de Hipócrates em *Aphorisms*, obra na qual a descrevia como uma doença que acometia os idosos, gerando distúrbios visuais que ele denominava de *glaukoses* (coloração azulada da pupila) e perda da audição. Em seu livro, Hipócrates menciona ainda que “quando a pupila se torna azul clara, cinza prata ou azul escura, não serve mais para a visão”³⁹.

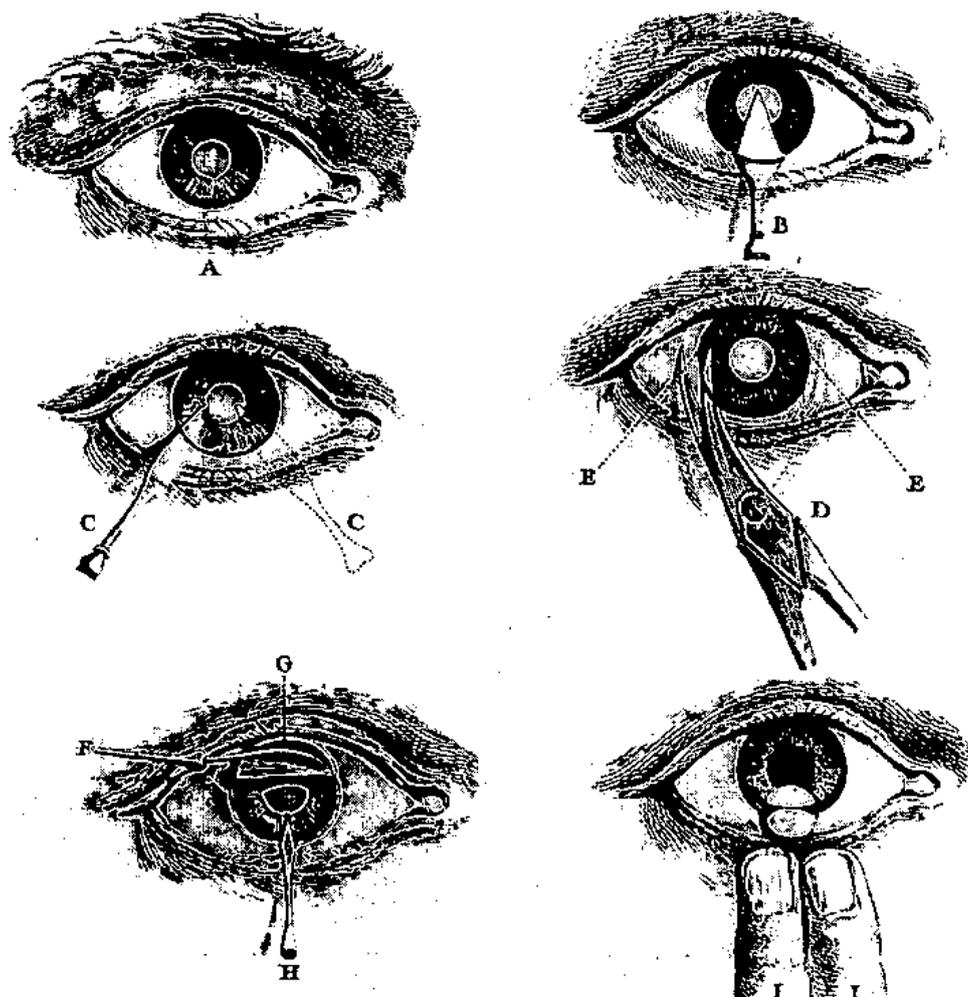
A primeira descrição cirúrgica foi encontrada no livro *Samhita Uttara-Tantra*, no qual o cirurgião Susruta, em 600 a.C., demonstra a declinação do cristalino para o vítreo, removendo-se assim o obstáculo à passagem dos raios luminosos³⁸. Acredita-se que esta técnica já era realizada na Índia muitos anos antes, porém não há documentos precisos indicando quem realmente a idealizou³⁸.

O relato mais antigo dessa técnica cirúrgica pertence ao médico romano Aulus Cornelius Celso (25 a.C. - 50 d.C.). Ele detalhou o procedimento, relatando

que o paciente ficava sentado, de frente para o sol, com a cabeça segura pelo seu assistente. Ele se sentava em frente ao paciente e introduzia uma agulha pelo limbo corneoescleral e empurrava o cristalino cataratoso em direção à margem inferior da pupila³⁸.

Até o século XVI acreditava-se que o cristalino era o centro da visão e que a catarata era uma membrana localizada a sua frente, bloqueando a passagem da luz³⁹. Nesse sentido foi Johannes Kepler, astrônomo e matemático alemão, quem identificou a retina como órgão sensorial da visão e o cristalino como uma lente refratora da luz. Entretanto, esta ideia só seria aceita em 1515, quando Vesalius confirmou a função da retina e Francisco Manrolycus estabeleceu a função óptica do cristalino⁴⁰.

Mais de cem anos depois, em 1705, o médico francês Pierre Brisseau publicou que a catarata era a opacificação do cristalino, chegando a essa conclusão a partir de olhos necropsiados³⁸. Em 1752, o cirurgião francês Jacques Daviel afirmou que a catarata poderia ser extraída do bulbo ocular e apresentou sua técnica de extração intracapsular em uma memorável sessão na Academia Francesa de Cirurgia. A Figura 6 mostra a incisão corneana inferior (A, B e C) ampliada com uma tesoura curva (D), a retirada da catarata com um instrumento pontiagudo (H), complementada por expressão digital na pálpebra inferior (I)³⁸.



Fonte: Disponível em:

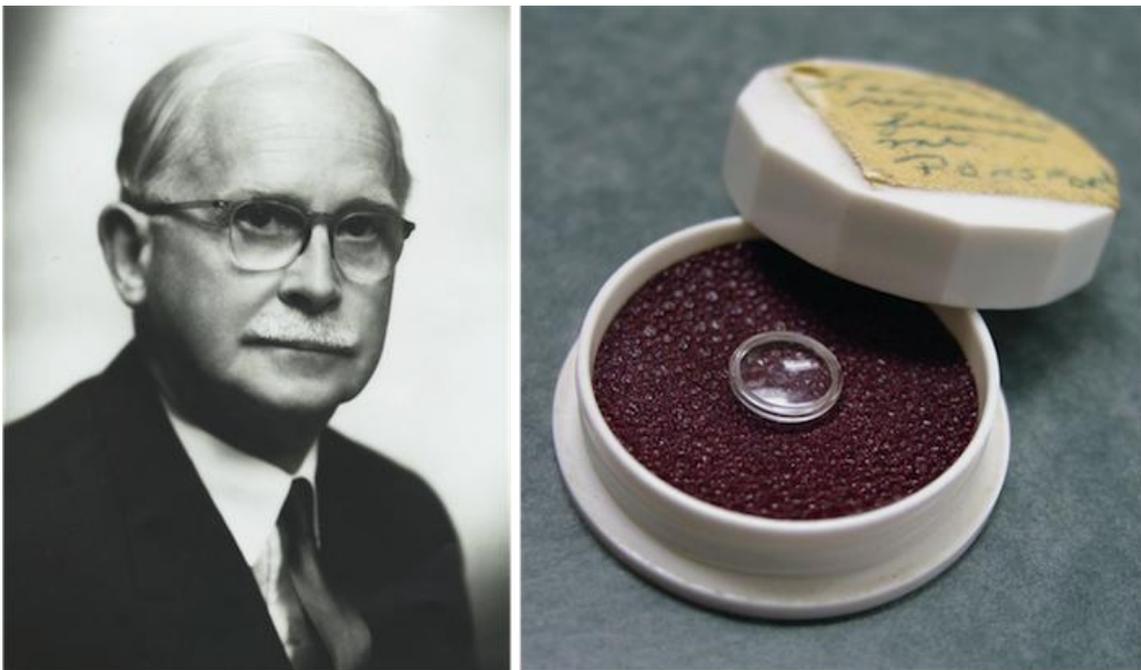
<https://www.google.com/search?q=Jacques+Daviel+catarata+surgery+extraction&rlz>

Figura 6 - Técnica de extração intracapsular de Jacques Daviel

Em seguida houve diversas mudanças no procedimento cirúrgico da catarata, a saber: passagem da incisão para a parte superior da córnea, diminuindo o número de infecções por ficar coberta pela pálpebra; introdução da anestesia geral por Henry Willard Williams; introdução da extração extracapsular por Albrecht von Graefe em 1864; anestesia tópica com cocaína em 1884 por Carl Koller; sutura da incisão em 1894 por Kalt; acinesia das pálpebras em 1914 por Van Lint; anestesia retrobulbar por Anton Elshining; extração intracapsular com pinça de Arruga; introdução do método de sucção com ventosa aperfeiçoado por Barraquer na década de 1920³⁸.

Já no início da segunda metade do século XX, Harms e Barraquer começaram a utilizar o microscópio Zeiss nas cirurgias oftalmológicas ³⁸. Em 1958, Joaquim Barraquer introduziu o uso da alfaquimiotripsina, que fazia a lise química das fibras zonulares e facilitava a extração intracapsular da catarata, em 1961 Krwawicz introduz a crioextração do cristalino, que consistia em extrair o cristalino através de uma ponteira de metal resfriada em gelo seco ³⁸. A crioextração foi introduzida no Brasil por Campos da Paz Neto, no Rio de Janeiro, em 1964 ⁴⁰.

A era contemporânea da cirurgia de Catarata inicia-se com Sir Harold Ridley, que em novembro de 1949 implanta a primeira lente intraocular manufaturada em acrílico *Perspex CQ*, utilizada para a confecção das carlingas dos aviões ingleses, com técnica extracapsular (Figura 7). O implante da lente intraocular impôs à medicina um novo paradigma, o do implante de um corpo estranho bem tolerado pelo organismo humano ³⁸.



Fonte: Disponível em: <https://www.gene.com/stories/ophthalmic-implants-history-of-a-breakthrough>.

Figura 7 - Sir Harold Ridley e sua lente intraocular

Em 1967, Charles Kelman, médico nova-iorquino, mostra que podemos extrair a catarata através de uma incisão de 3 mm com a emulsificação do cristalino por meio do ultrassom⁴⁰ (Figura 8). Essa técnica chegou ao Brasil em 1975, pelos doutores Pedro Moacir Aguiar, Afonso Fatorelli, Miguel Padilha e Paulo César Fontes⁴⁰.



Fonte: Disponível: <https://www.google.com/search?q=charles+kelman&rlz>.

Figura 8 - A esquerda, Dr. Charles D. Kelman. A direita o seu aparelho de facoemulsificação e o pesquisador

Em 1957, Okasala, na Finlândia, utilizando o modo A, introduziu o ultrassom para avaliar um tumor intraocular. Em 1958, Baum e Greenwood desenvolveram o primeiro aparelho com o modo B. Assim se pôde medir o comprimento axial do olho e junto com a ceratometria foram desenvolvidas fórmulas para o cálculo das LIOs⁴¹.

Em 1984, Thomas R. Mazzocco tem sua lente dobrável de silicone que podia ser implantada através de uma incisão de 3.2 mm, aprovada pela *Federal Drug Administration* (FDA), promovendo, com isso, a união entre a facoemulsificação de Kelman - que permitia que a cirurgia de catarata fosse realizada por uma pequena incisão - com a ideia de Ridley e, assim, garantia a restauração praticamente completa da visão aos portadores de catarata, com uma cirurgia realizada por uma pequena incisão⁴².

Em 1993, Fichman publicou sua experiência em facoemulsificação com anestesia tópica com tetracaína a 0,5%, iniciada em 1991. Desse modo, abriu espaço para uma cirurgia ainda menos invasiva, subtraindo da cirurgia de catarata os riscos inerentes aos bloqueios anestésicos oculares ⁴³.

Por todas essas mudanças na técnica e na semiologia, com a rápida evolução dos novos aparelhos, os estudos avançaram nos seguintes aspectos: introdução da avaliação computadorizada da curvatura corneana e, na sequência, a avaliação também da sua face posterior por captura de imagem pelo método *Scheimpflug*, e, com posterior tomografia corneal por coerência óptica, além da introdução da biometria por interferometria óptica. Com o aperfeiçoamento das lentes tóricas, acomodativas, multifocais e multifocais tóricas, além da rápida recuperação visual, a cirurgia de catarata passa agora também a ter uma finalidade refrativa ⁴⁴.

Com a nova realidade, a necessidade de um aprimoramento maior da técnica, observando-se ainda mais os pequenos detalhes, levou a melhoramentos em cada passo da cirurgia. Uma dessas melhorias foi o aparecimento do *laser* de femtosegundo, em 2001, inicialmente utilizado para se fazer a lamela corneana no Lasik e, subsequentemente, para trepanação nos transplantes de córnea⁴⁵. Por suas propriedades de fotodisrupção, que provocam uma menor dispersão de energia para o olho e uma mínima lesão aos tecidos oculares, logo foi desenvolvido para sua utilização, também, na cirurgia de catarata ⁴⁵.

3.5 A moderna cirurgia de catarata

A cirurgia de catarata com os resultados que conseguimos atualmente, dentro de algumas variações de técnica e de tecnologia, só foi possível devido a introdução de dois importantes conceitos (manobras). A primeira delas, foi a introdução por Howard Gimbel e Thomas Neuhan ⁴⁶ da capsulorrexe curvilínea contínua em 1985. A borda contínua da capsulorrexe permitiu a realização da facoemulsificação dentro do saco capsular. Com isso a perda endotelial foi radicalmente minimizada ⁴⁶. A segunda delas, foi a técnica *dividir e conquistar*, apresentada em 1991, por Gimbel ¹⁴ (Figura 9). Ela se baseia na fragmentação do núcleo em 4 quadrantes e posterior

emulsificação sequencial de cada um deles. Em 1993, Nagahara ¹⁶ introduziu um segundo instrumento para cortar o cristalino. Esta técnica ficou conhecida como *phaco chop*. A dificuldade observada para a realização do primeiro corte do cristalino levou Paul Koch ¹⁵ a propor uma mistura de técnicas que recebeu o nome de *stop-and-chop* (Figura 9). No final da década de 1990, Akahoshi ¹⁹ desenvolveu a técnica de *prechop*. O conceito desta técnica era de se fraturar totalmente o núcleo mesmo antes de se introduzir a caneta do facoemulsificador.



Fonte: Modificado de Koch P ⁴⁷

Figura 9 - *Stop-and-chop e dividir e conquistar*

Nos últimos anos, observamos com grande interesse o aparecimento de aparelhos de *laser* de femtossegundo que produzem não só as fraturas nucleares, bem como as incisões corneanas e a capsulorrexe ^{48, 49}. Entretanto, sua elegância e reprodutibilidade para realizar a fratura nuclear e a abertura capsular anterior encantam e atraem a atenção de todo cirurgião de catarata da atualidade ⁴⁸.

Hoje sabemos que em uma cirurgia bem-sucedida de catarata por facoemulsificação, perdemos entre 1,8% e 15% de células endoteliais, dependendo de alguns fatores como a dureza do núcleo, aparelho e técnica utilizada ⁵⁰.

Em uma publicação recente, Fan *et al.* ⁵⁰ comparando a cirurgia de facoemulsificação convencional (16 olhos) com a cirurgia assistida pelo *laser* de

femtosegundo (15 olhos), obtiveram uma diminuição significativa na perda endotelial com o uso do *laser* como auxiliar na fragmentação do núcleo.

Por outro lado, em um estudo sobre custo-benefício da cirurgia de catarata assistida pelo *laser* de femtosegundo versus facoemulsificação convencional, os autores concluíram que apesar de alguns benefícios oferecidos pela nova técnica, os seus altos custos não levavam, ainda, a um custo benefício que justificasse a sua adoção em substituição as outras técnicas⁴⁹.

3.6 A pinça fragmentadora de núcleo do cristalino

Aproximadamente 50% dos casos de cegueira no mundo devem-se a catarata². Este é um dado importante de morbidade humana, mas também de perda no aspecto econômico e social⁶. São ainda mais prejudicados os países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, onde o acesso ao diagnóstico e tratamento é mais difícil; seja por deficiência estrutural, ineficiência do sistema de saúde e/ou por falta de profissionais capacitados para o tratamento. Devido ao aumento da expectativa de vida vemos que a cirurgia de catarata é um importante e crescente problema de saúde pública, sendo imperativo que se busque métodos cada vez mais seguros e de baixo custo para a cirurgia, com a visão no binômio risco/benefício, custo/efetividade⁷.

A técnica de eleição para a cirurgia de catarata é a facoemulsificação com implante de LIO, no entanto o cirurgião deve procurar adaptar a melhor técnica cirúrgica ao tipo de catarata, permitindo um procedimento seguro e com bom resultado. Pensando em diminuir o tempo de uso do ultrassom na facoemulsificação e assim poupar as estruturas oculares, utilizando uma técnica de baixo custo, factível para o uso nos programas de Saúde Pública em nosso país, desenvolvemos uma nova pinça com a finalidade de fragmentar ainda mais cada quadrante do núcleo do cristalino resultante da técnica de *prechop*. A pinça foi concebida com ação cruzada e com dimensões que permitem a sua entrada por uma incisão de 2,75 mm, que é a incisão padrão utilizada no HUOL, podendo ser diminuída para incisões menores. O desenho da pinça e suas dimensões estão detalhados nas Figuras 10 a 12.

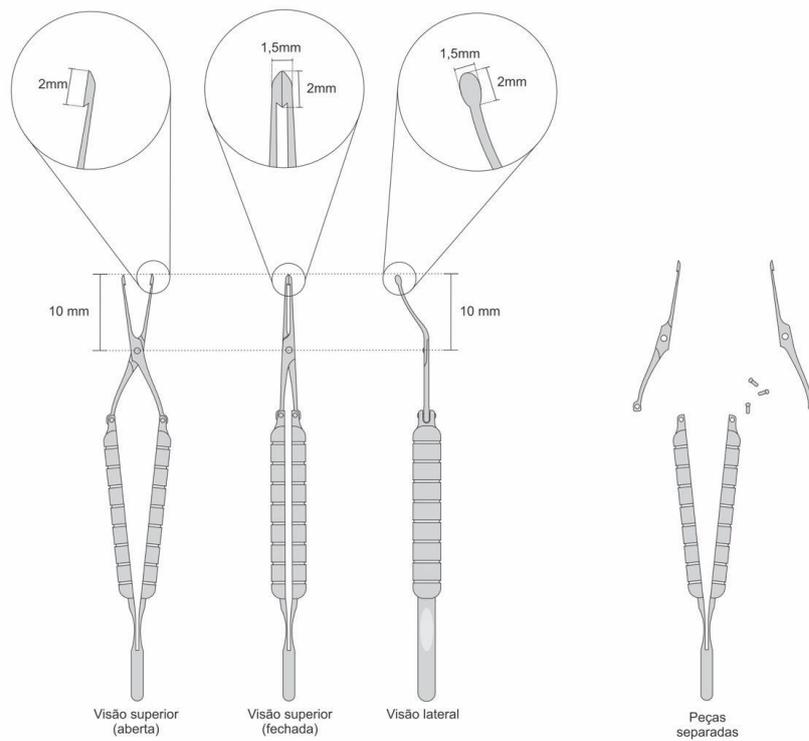


Figura 10 - Desenho de criação da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino

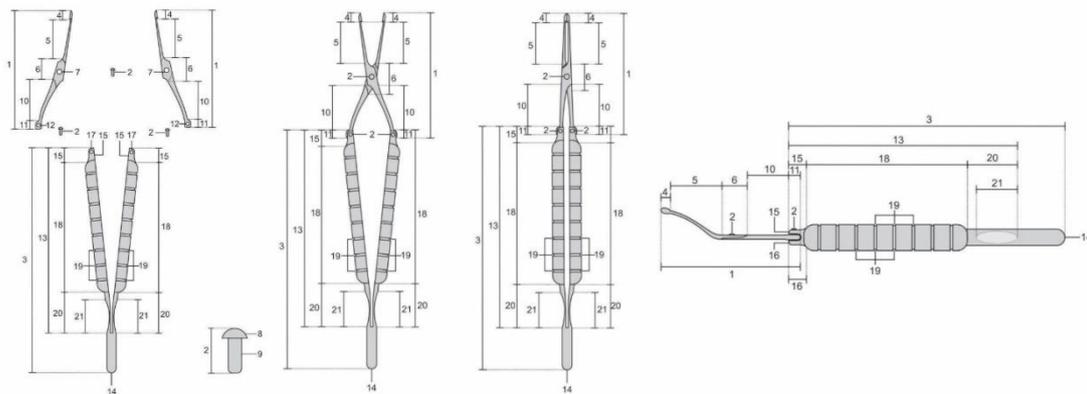


Figura 11 - Desenho industrial da pinça fragmentadora de cristalino



Figura 12 - Demonstração da ergonomia da pinça fragmentadora do cristalino

Após pesquisa na literatura por instrumento e técnica semelhante, os direitos da propriedade industrial nos foram assegurados por meio do registro do pedido de patente junto ao INPI sob o número BR 10 2018 001342-4, de 22/01/2018 Título: Pinça fragmentadora de cristalino para facectomias (Apêndice).

3.7 A Técnica de utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino

A facoemulsificação com a técnica de *pre-chop* é realizada através de incisão tunelizada de 2,75 mm, auto selante, às 12h por córnea clara, complementada com mais uma incisão auxiliar às 10h ou às 2h. A câmara anterior é mantida com viscoelástico para proteção do endotélio. Após a capsulorrexe circular continua são realizadas a hidrodissecção e hidrodelaaminação do núcleo do cristalino. Com o uso de dois *choppers* modificados de Akahoshi posicionados diametralmente opostos no equador do cristalino, sob a borda da capsulorrexe, é realizado um movimento horizontal trazendo um *chopper* em direção ao outro. O movimento promove a separação das fibras concêntricas do cristalino, A manobra é repetida até que núcleo seja separado em 4 fragmentos (Figura 13 A).

Após a divisão mecânica do núcleo do cristalino, a pinça fragmentadora é introduzida na câmara anterior. O quadrante do núcleo do cristalino que se deseja

esmagar é levantado com uma espátula para facilitar a sua apreensão pela pinça. O fechamento da pinça produz o esmagamento deste quadrante do núcleo do cristalino. Em seguida, outro quadrante do núcleo do cristalino é aprisionado e esmagado pela pinça (Figura 13 B). Depois, os restos fragmentados do núcleo e córtex poderão ser aspirados com um sistema de irrigação-aspiração ou emulsificados (Figuras 13 C e D). Em seguida, implanta-se a LIO no saco capsular, remove-se o viscoelástico e as incisões são hidratadas. Com a utilização da pinça fragmentadora pretende-se diminuir a energia do faco aplicada ao olho, evitando-se danos aos tecidos.

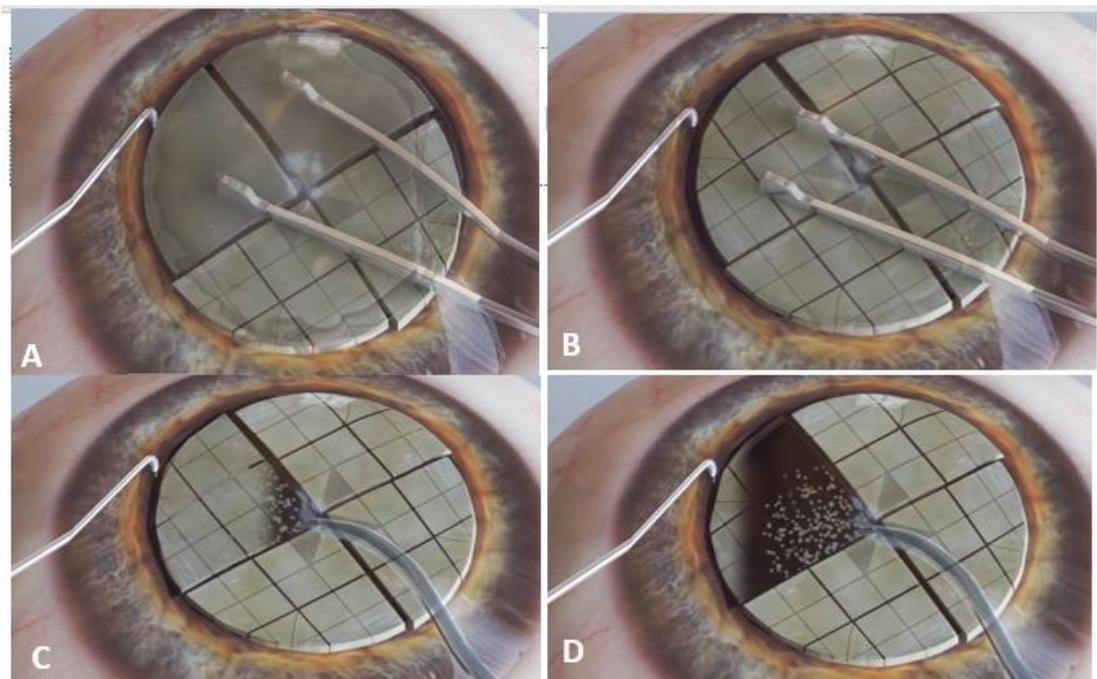


Figura 13 - **A**- Introdução da pinça fragmentadora na câmara anterior após a fratura do núcleo em 4 partes. **B**- Cada quadrante do núcleo do cristalino é aprisionado e fragmentado pela pinça. **C** e **D**- Aspiração dos múltiplos fragmentos do núcleo

Todas as manobras estão delineadas na Figura 14.

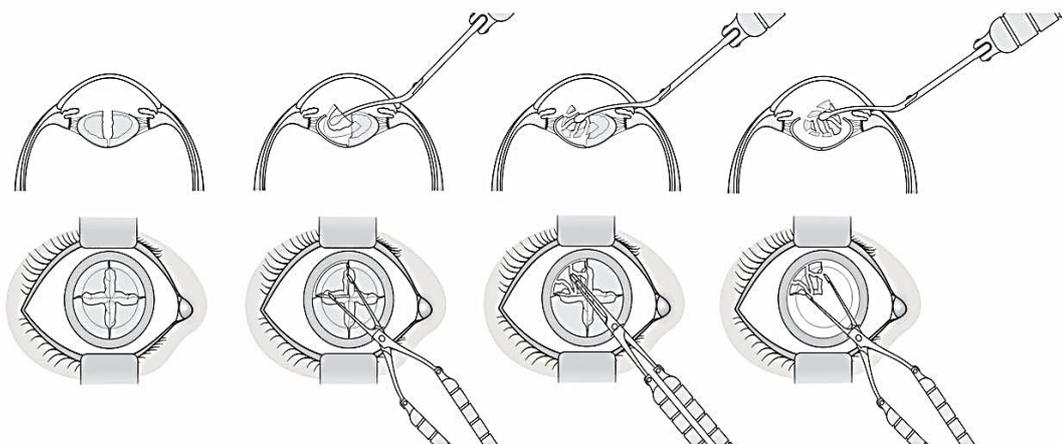


Figura 14 - Da esquerda para a direita, vemos a sequência da técnica para o uso da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino

4 MÉTODOS

4 MÉTODOS

4.1 Aspectos Éticos

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, de acordo com as diretrizes do Centro Nacional de Substituição, Refino e Redução de Animais em Pesquisa (NC3Rs), sob o Processo n. 1250/2019 (Anexo 8).

4.2 Tipo de estudo e amostra

Foi realizado um estudo experimental com 60 olhos porcinos, entre novembro de 2018 a abril de 2019.

4.3 Critérios de Inclusão

Os olhos porcinos utilizados no estudo foram provenientes de matadouro e seriam descartados depois do abate. Foram incluídos somente os olhos com menos de 10 horas, a partir do momento da enucleação.

4.4 Critérios de exclusão

Os olhos porcinos com mais de 10 horas de enucleação e/ou com alterações na transparência da córnea e/ou na anatomia, evidentes a olho nu, foram excluídos do estudo.

4.5 Procedimentos

Os olhos porcinos foram colocados em forno de micro-ondas, em potência máxima durante 10 segundos, para a formação de catarata com dureza comparada a um núcleo classificado como IV na LOCS III. Os procedimentos para a extração da catarata foram realizados com a utilização do aparelho de facoemulsificação Centurion (Alcon Laboratórios) sob microscopia (Microscópio Leica modelo M620).

Inicialmente, os 60 olhos porcinos foram submetidos à técnica de *prechop* para dividir o núcleo do cristalino em 4 partes. No tempo seguinte, em 30 olhos (Grupo 1), a divisão do núcleo do cristalino foi seguida da fragmentação de cada uma de suas partes com o uso da pinça fragmentadora (Figura 14) e a conquista dos fragmentos foi feita com o aparelho de facoemulsificação no módulo torsional. Nos outros 30 olhos (Grupo 2), a divisão do núcleo do cristalino em 4 partes foi seguida pela conquista dos fragmentos nucleares com o mesmo aparelho de facoemulsificação no módulo torsional, sem a utilização da pinça fragmentadora.

O facoemulsificador foi calibrado para o modo torsional da seguinte forma: faco torsional 40% linear partindo de 0%; pressão intraocular 65 mmHg, contínuo; vácuo 600 mmHg, linear partindo de 200 mmHg; fluxo de aspiração 40 cc/min partindo de 20 cc/min.

4.6 Parâmetros avaliados

Foram anotados ao fim de cada um dos procedimentos os seguintes parâmetros:

- energia dissipada acumulada;
- média de amplitude do faco torsional;
- potência ultrassônica média;
- líquido aspirado estimado;

- tempo total de ultrassom (US); e
- tempo total de aspiração.

4.7 Análise estatística

Para a organização dos dados foram utilizados a planilha eletrônica MS-Excel, em sua versão do MS-Office 2013 e o pacote estatístico IBM SPSS (Statistical Package for Social Sciences), em sua versão 24.0.

A verificação de normalidade dos dados foi feita com o emprego do teste Shapiro-Wilk. A verificação de possíveis diferenças dos parâmetros da faco avaliados com e sem o uso da pinça fragmentadora foi feita com o emprego do teste de Kruskal-Wallis. Foram criados box plots para mostrar as variáveis estudadas com e sem o uso da pinça fragmentadora. Os resultados foram analisados mediante um nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$).

5 RESULTADOS

5 RESULTADOS

Encontram-se na Tabela 1 os valores médios, diferenças da média, erro padrão da diferença da média, valores inferiores e superiores do IC 95% da diferença da média e o valor de p das variáveis avaliadas, durante a extração de catarata pela técnica de facoemulsificação, com ou sem o uso de pinça fragmentadora de núcleo do cristalino, nos 60 olhos porcinos do estudo.

Tabela 1 - Valores médios, diferenças da média, erro padrão da diferença da média, valores inferiores e superiores do IC 95% da diferença da média e o valor de p das variáveis avaliadas, durante a extração de catarata pela técnica de facoemulsificação torsional, com ou sem o uso de pinça fragmentadora de núcleo do cristalino, nos 60 olhos porcinos

Variáveis	N	Média	Diferença média (DM)	Erro padrão de DM	95% Intervalo de Confiança da DM		P-valor	
					Inferior	Superior		
Energia dissipada acumulada	Sem Pinça	30	4,80	2,50	0,71	1,09	3,91	0,004*
	Com Pinça	30	2,30					
Média da amplitude do faco torsional	Sem Pinça	30	0,27	0,07	0,02	0,03	0,12	0,134
	Com Pinça	30	0,20					
Potência ultra-sonica média equivalente	Sem Pinça	30	0,11	0,01	0,01	-0,01	0,04	0,014*
	Com Pinça	30	0,09					
Líquido aspirado estimado	Sem Pinça	30	27,40	11,13	3,16	4,81	17,45	<0,0001*
	Com Pinça	30	16,27					
Tempo total de ultrassom (US)	Sem Pinça	30	2627,37	1206,73	299,08	608,06	1805,40	<0,0001*
	Com Pinça	30	1420,63					
Tempo total de aspiração	Sem Pinça	30	4156,00	1134,00	519,55	94,00	2174,00	0,001*
	Com Pinça	30	3022,00					

*Estatisticamente significativa ao nível de 5%

As Figuras 15 a 20 mostram os *boxes plots* criados para as variáveis estudadas.

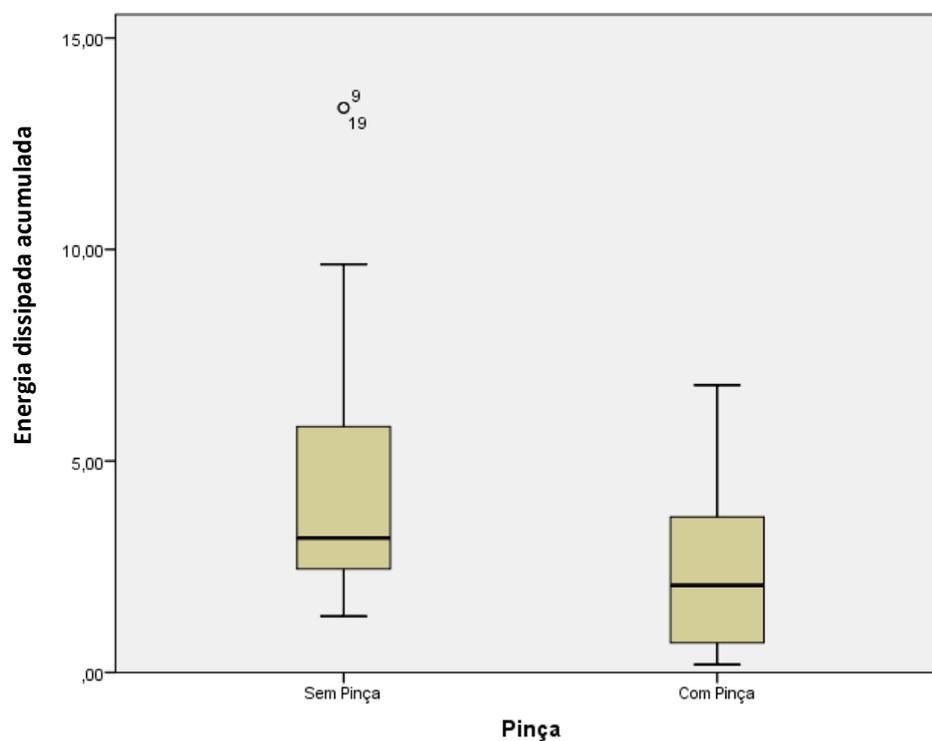


Figura 15 - Box plot comparativo da energia dissipada acumulada **COM** e **SEM** a utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para *prechop* no faco torsional

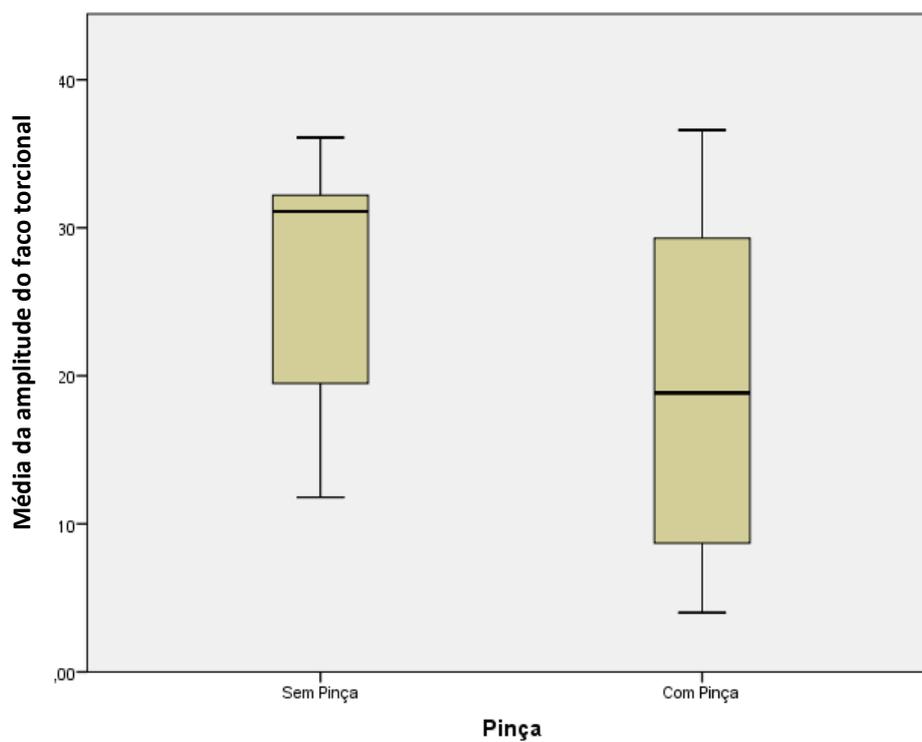


Figura 16 - Box plot comparativo da média da amplitude do faco torcional **COM** e **SEM** a utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para *prechop* no faco torcional

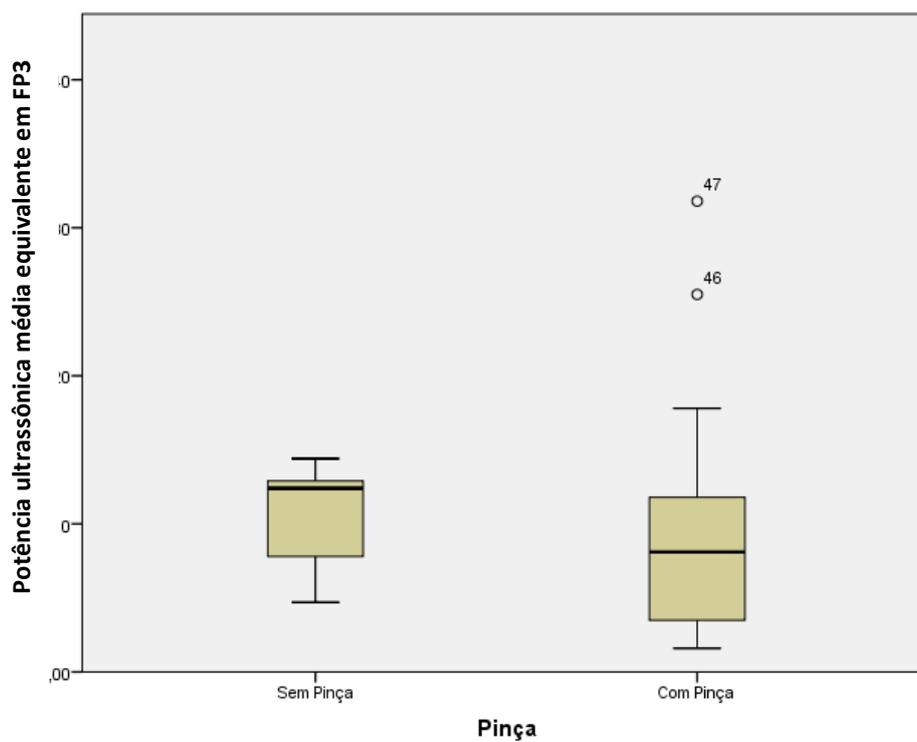


Figura 17 - Box plot comparativo da potência ultrassônica média equivalente **COM** e **SEM** a utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para *prechop* no faco torsional

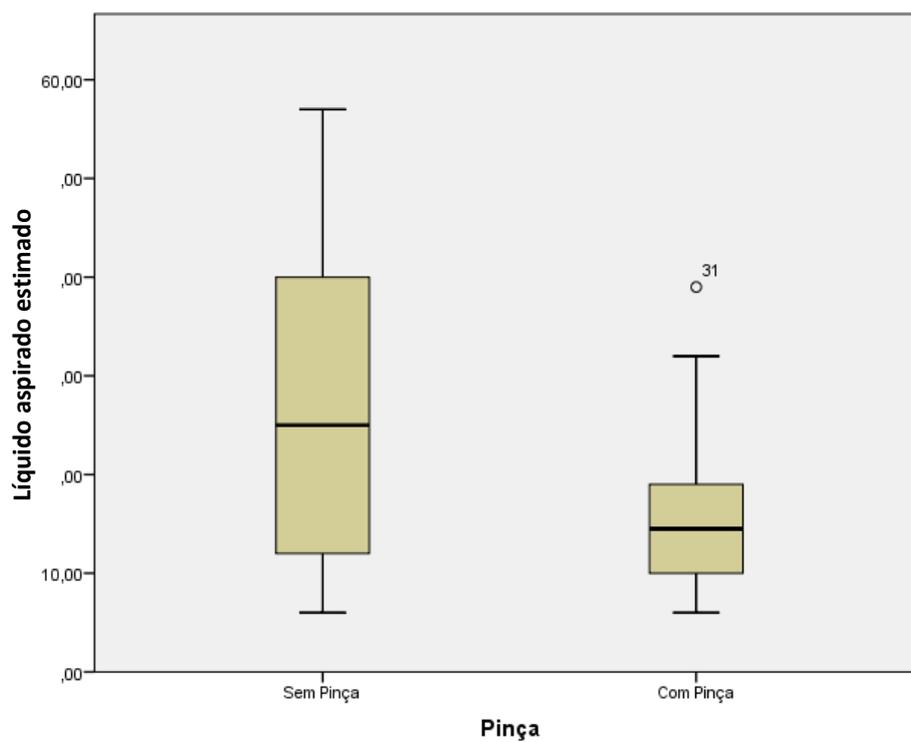


Figura 18 - Box plot comparativo do líquido aspirado estimado **COM** e **SEM** a utilização da pinça fragmentadora de núcleo para *prechop* no faco torsional

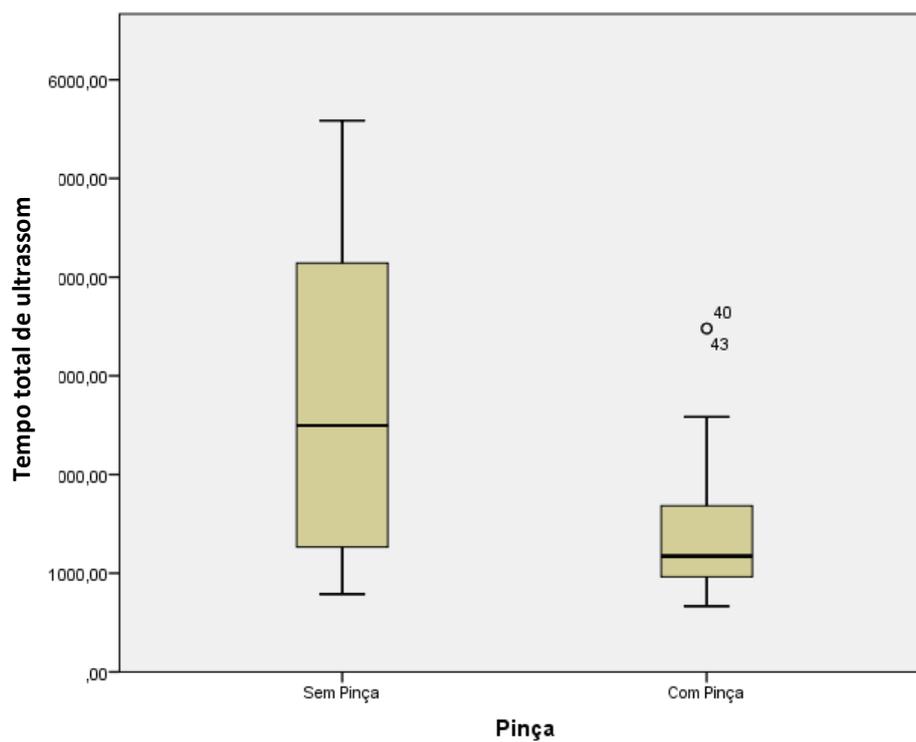


Figura 19 - Box plot comparativo do tempo total de ultrassom **COM** e **SEM** a utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para *prechop* no faco torsional

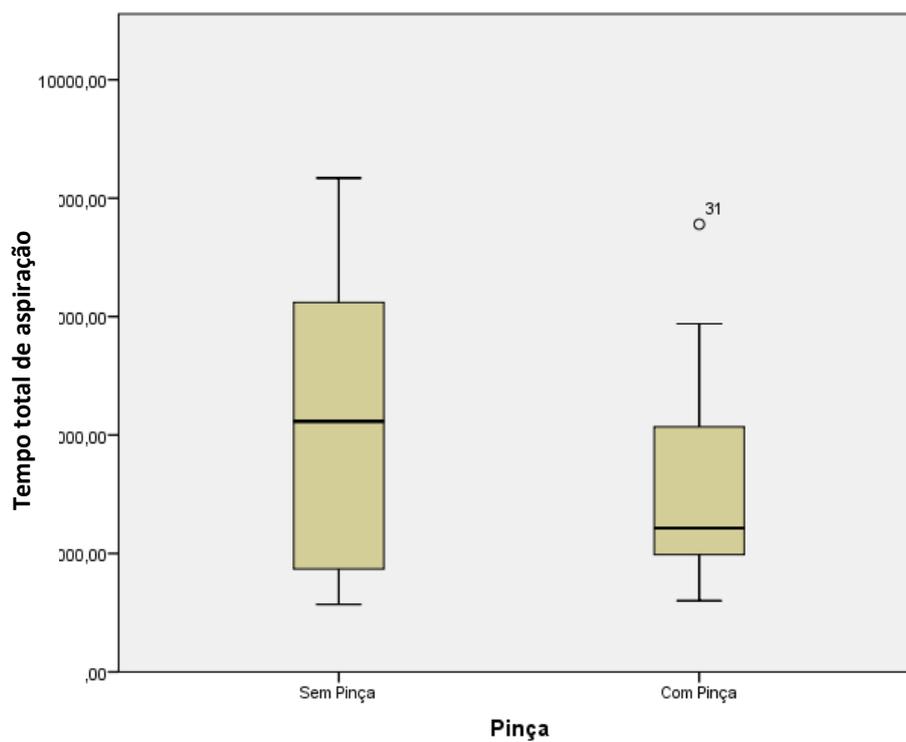


Figura 20 - Box plot comparativo do tempo total de aspiração **COM** e **SEM** a utilização da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino para *prechop* no faco torsional

6 DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

As cinco principais etapas na cirurgia convencional de facoemulsificação são: (i) incisões corneanas, (ii) capsulorrexe, (iii) fragmentação do núcleo do cristalino, (iv) remoção dos fragmentos do núcleo e córtex (v) inserção da LIO⁵¹. A fragmentação do núcleo do cristalino é considerada a etapa mais crítica⁵¹. Por isso, foram desenvolvidos vários métodos de fraturamento do núcleo, como a fratura *in situ*⁵², dividir e conquistar¹⁴, técnicas de *stop-and-chop*¹⁵ e de *phaco-chop*¹⁶. No entanto, as taxas de perda de células endoteliais, edema córnea e ruptura de cápsula têm sido relativamente altas⁵¹. Assim, o desenvolvimento de uma nova pinça fragmentadora de núcleo do cristalino que possa contribuir para reduzir o poder de ultrassom, encurtar o tempo de facoemulsificação efetivo e diminuir essas complicações, continua sendo um promissor campo de pesquisa.

Na técnica do *prechop* o núcleo do cristalino é fraturado com instrumentos especiais antes da aspiração convencional. O *prechop* foi preconizado por Akahoshi¹⁹ em 1998. Em seguida, novos instrumentos foram desenvolvidos para realizá-lo, destacamos a cânula de *hidrochopping* de Fukasaku⁵³ e cistítilos modificados⁵⁴.

Embora O'Brien *et al.*⁵⁵ tenham relatado perda endotelial entre 4% e 15%, essa taxa pode ser de até 42% em casos de núcleo duro⁵⁶. A energia do faco parece ser o principal fator de risco no que se refere à lesão ou disfunção celular endotelial da córnea⁵⁷. Há também uma relação linear entre o poder do ultrassom e a perda de células endoteliais⁵⁸⁻⁶⁰. O endotélio corneano, também, pode ser lesado pela turbulência do fluido de irrigação, uso exagerado de energia ultrassônica, trauma mecânico durante a cirurgia, por instrumentos, manobras mal realizadas e até por fragmentos nucleares^{12, 61}.

A recente utilização do *laser* de femtosegundo para cirurgia de catarata, onde incisão corneana, capsulorrexe e fragmentação do núcleo do cristalino são realizadas pelo *laser*, reduziu o tempo de utilização do ultrassom na facoemulsificação e tem se mostrado um procedimento seguro em pacientes com distrofia endotelial de Fuchs⁶².

Bascaran *et al.*⁶³ compararam parâmetros perioperatórios de facoemulsificação (energia dissipada acumulada, tempo total de cirurgia intraocular, tempo total de ultrassom, tempo total facoemulsificação, tempo total de energia torsional, tempo total de aspiração, potência ultrassônica equivalente, amplitude do faco torsional e líquido aspirado estimado) em olhos submetidos à facoemulsificação convencional (plataforma Infinity Vision System) e à cirurgia de facoemulsificação assistida por *laser* de femtosegundo (plataforma laser Victus femtosecond). Os valores dos parâmetros energia dissipada acumulada, tempo total de ultrassom, amplitude de faco torsional e líquido aspirado estimado foram significativamente mais baixos na cirurgia de catarata assistida pelo *laser* de femtosegundo. Os outros parâmetros avaliados não apresentaram diferenças significativas na comparação entre as duas técnicas cirúrgicas.

No presente estudo, verificou-se que nos olhos enucleados de porcos em que o pesquisador usou o faco no modo torsional (Tabela 1 e Figuras 15 a 20) houve redução estatisticamente significativa em favor do uso da pinça fragmentadora de 47,9% na energia dissipada acumulada (passou de 4,80 para 2,30); 81,8% na potência ultrassônica média equivalente (passou de 0,11 para 0,09); 59,4% no líquido aspirado estimado (passou de 27,40 para 16,27); 54,1% no tempo total de ultrassom (passou de 2627,37 para 1420,63) e de 72,7% no tempo total de aspiração (passou de 4156,00 para 3022,00).

Valores mais elevados de energia dissipada acumulada foram relacionados tanto com tempos mais longos de duração da cirurgia como de recuperação pós-operatória, enquanto valores inferiores apontam para uma maior eficiência cirúrgica⁶⁴. As reduções dos outros parâmetros avaliados apontam para uma maior eficiência do procedimento cirúrgico. Em uma análise mais ampla, a redução de líquido aspirado estimado e do tempo total de aspiração, também adicionam evidências favoráveis, uma vez que um volume excessivo de solução de irrigação perioperatória poderia aumentar o fluxo hidrodinâmico e a turbulência na câmara anterior, potencialmente danificando as células endoteliais⁶⁵. A redução no volume de solução de irrigação necessária pode ser explicada pelo uso da pinça fragmentadora do núcleo, que evita a necessidade de manipulação excessiva (com vazamento associado de feridas) e a facoemulsificação ineficaz dos fragmentos do

núcleo. O ultrassom e a energia dinâmica dos fluidos têm o pior efeito nas estruturas oculares ⁶⁶. O tempo total de ultrassom tem sido relacionado à perda de células endoteliais ⁶⁷⁻⁶⁹.

É fato que a cirurgia de facoemulsificação assistida pelo *laser* de femtosegundo tem se tornado paulatinamente mais popular, mostrando vantagens para a capsulorrexe, incisões auto selantes, fragmentação do núcleo em pequenos pedaços, assim como para a correção de astigmatismos corneanos. Porém, devido ao aumento importante no custo da cirurgia, seu uso fica mais limitado, principalmente em lugares com menor poder aquisitivo ⁷⁰. Além do aumento expressivo nos custos da cirurgia, existem acidentes importantes no uso do *laser* de femtosegundo na cirurgia de catarata, como a dissecação total da membrana de Descemet e sua aspiração acidental ⁶¹. Assim, técnicas para a divisão mecânica do núcleo do cristalino ¹⁴⁻¹⁶ têm se tornado uma alternativa interessante, principalmente, por não traumatizar o complexo zonular. Com o pensamento nessa direção, visando tornar a cirurgia de catarata por facoemulsificação mais segura para o paciente, sem elevar seu custo, o pesquisador idealizou a pinça fragmentadora de núcleo do cristalino utilizada nesta pesquisa com a finalidade de quebrar em pequeninos pedaços cada quadrante resultante da fratura mecânica do núcleo do cristalino.

6.1 Limitações do estudo

Uma vez que o uso da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino mostrou uma melhora significativa na eficiência cirúrgica da extração de catarata, ficou faltando a avaliação de possível redução de danos ao endotélio corneano. Como vimos, Bascaran *et al.* ⁶³ encontraram valores mais baixos nos parâmetros de energia dissipada acumulada, tempo total de ultrassom, tempo de energia torsional e total de líquido aspirado estimado no uso de faco assistida por *laser* de femtosegundo em comparação com a cirurgia de faco convencional. No entanto, a análise endotelial dos seus pacientes não refletiu a economia de energia relatada. Não houve diferenças significativas entre os dois grupos operados em relação à paquimetria central da

córnea, densidade e morfologia celular endotelial, antes e após 6 meses dos procedimentos.

Portanto, a falta de informação entre a melhora significativa na eficiência cirúrgica da extração da catarata em olhos porcinos enucleados e a sua repercussão na redução do dano endotelial consequente é outra limitação do estudo. Essas informações só poderão ser obtidas de porcinos submetidos à cirurgia de catarata e depois acompanhados no tempo. Fica, portanto, patente a necessidade de que novos estudos sejam realizados para dar maior consistência aos resultados desta investigação.

7 CONCLUSÕES

7 CONCLUSÕES

A eficácia de uma nova pinça fragmentadora de núcleo de cristalino foi avaliada em cirurgias de catarata realizadas em olhos porcinos enucleados, com as técnicas de facoemulsificação e *pre-chop*.

Houve redução estatisticamente significativa em favor do uso da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino nos seguintes parâmetros: “energia dissipada acumulada; média da amplitude do faco torsional; potência ultrassônica média equivalente; líquido aspirado estimado; tempo total de ultrassom e tempo total de aspiração”.

Nas condições do estudo, estes resultados demonstram que o uso da pinça fragmentadora de núcleo do cristalino contribuiu para melhorar a eficiência das cirurgias de catarata realizadas em olhos porcinos enucleados.

8 ANEXOS

8 ANEXOS

Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa



Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
Avenida Dr. Arnaldo, 455
Pacaembu – São Paulo – SP

COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

Certificamos que a proposta intitulada “**Avaliação da efetividade de uma nova pinça fragmentadora de núcleo para cirurgia de catarata**” registrada com o nº **1250/2019**, sob a responsabilidade de **MILTON RUIZ ALVES** e **MARCO ANTONIO REY DE FARIA**, apresentada pelo Departamento de Oftalmologia e Otorrinolaringologia - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) da Faculdade de Medicina da USP em reunião de 27.03.19

Finalidade	() Ensino (x) Pesquisa Científica
Vigência da autorização	Início: 01-04-2019 Término: 31-03-2020
Espécie/linhagem/raça	60 olhos de porco oriundos de matadouro
Nº de animais	Não se aplica
Peso/Idade	Não se aplica
Sexo	Não se aplica
Origem	HUOL - RN

A CEUA FMUSP solicita que ao final da pesquisa seja enviado Relatório com todas as atividades.

CEUA-FMUSP, 27 de Março de 2019

Dr. Eduardo Pompeu
Coordenador
Comissão de Ética no Uso de Animais

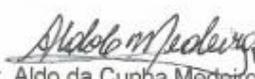
EBSERH

HOSPITAIS UNIVERSITÁRIOS FEDERAIS

HOSPITAL UNIVERSITÁRIO ONOFRE LOPES - HUOL
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA/HUOL**CERTIFICADO**

Certificamos que a proposta intitulada "**Avaliação da efetividade de uma nova pinça fragmentadora de núcleo para cirurgia de catarata**", registrada com o nº 006/2018, sob a responsabilidade de Marco Rey de Faria - que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA/HUOL) DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO ONOFRE LOPES - EBSERH, em reunião de 29/10/2018.

Natal-RN, 30 de outubro de 2018.


Prof. Dr. Aldo da Cunha Medeiros CPF 071 177 014-04
CRM-821
Coordenador da CEUA/HUOL

9 REFERÊNCIAS

9 REFERÊNCIAS

- 1 Ramos LJ, Ramos ICO. Epidemiologia e Classificação da Catarata. (Catarata – Tema Oficial CBO). Rio de Janeiro: Cultura Médica; 2015. p. 15-20.
- 2 WHO World Health Organization. World report on vision. Geneva: WHO; 2020. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/world-report-on-vision>. Acesso: 25/08/2020.
- 3 Foster A (ed.). Vision 2020: the cataract challenge. Community Eye Health. 2000;13(34):17-9.
- 4 IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf. Acesso: 4/04/2020.
- 5 Cypel MG, Palácio G, Dantas PEC, Lottenberg CL, Belfort Jr R. Achados oculares em pacientes com mais de 99 anos. Arq Bras Oftalmol. 2006;69(5):665-9.
- 6 Pereira AI, Silveira BM, Martins FCA, Thomaz JMAE, Silva MHS, Pujatti PB, Lopes BT. Fatores modificadores da qualidade de vida em pacientes submetidos à cirurgia de catarata no sistema público de saúde. Rev Med Minas Gerais 2017;27(Supl 1):S45-S51.
- 7 Oliveira D, Arieta CEL. Necessidade de Cirurgia de Catarata no Brasil. In: Arieta C. Cristalino e Catarata / Conselho Brasileiro de Oftalmologia. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2015. p. 45-49.

-
- 8 Wang W, Yan W, Fotis K, Prasad NM, Lansingh VC, Taylor HR, Finger RP, Facciolo D, He M. Cataract surgical rate and socioeconomics: A global study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017;57:5872-81.
- 9 Santos J, Ávila M, Faria M, Mello P. Futuras políticas na atenção em oftalmologia no Brasil. In: Santos J Os desafios na assistência oftalmológica em 2012. 5 ed. Brasília: Conselho Brasileiro de Oftalmologia; 2012. p. 42-82.
- 10 National Eye Institute. Cataract Data and Statistics 2019. Disponível em: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/resources-for-health-educators/eye-health-data-and-statistics/cataract-data-and-statistics>. Acesso: 25/08.2020.
- 11 Vasumathi R. Remembering Dr. Charles D. Kelman and development of phacoemulsification. *J Ophthalmic Science Research*. 2018;56(1):45-50.
- 12 Pereira ACA, Porfirio F Jr, Freitas LL, Belfort R Jr. Ultrasound energy and endothelial cell loss with stop-and-chop and nuclear pre slice phacoemulsification. *J. Cataract Refract Surg*. 2006;32:1661-6.
- 13 Fontes PC, Fontes BM, Fontes BM. Técnica de facoemulsificação. In: Ambrósio Jr. R, Crema A. Tratado Brasileiro de catarata e cirurgia refrativa. 1 ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan; 2014. p.256-260.
- 14 Gimbel HV. Divide and conquer nucleofractis phacoemulsification: development and variations. *J Cataract Refract Surg*. 1991;17(3):281-91.
- 15 Koch PS, Katzen LE. Stop and chop phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg*. 1994;20(5):566-70.
- 16 Nagahara K. Phaco-chop technique eliminates central sculpting and allows faster, safer phaco. *Ocular Surgery News*. 1993;10:12-3.

-
- 17 Ianchulev T, Chang DF, Koo E, MacDonald S. Micro interventional endocapsularnucleus disassembly for phacoemulsification-free full-thickness fragmentation. *J Cataract Refract Surg.* 2018;44(8):932-4.
- 18 Kendall ED, Mele RBM, Cabot F, Davidson R, Dhaliwal DK, Hamilton R, Jackson M, Patterson L, Stonecipher K, Yoo SH; ASCRS Refractive Cataract Surgery Subcommittee. Femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Surg* 2013;39(11):1753-63.
- 19 Akahoshi T. Phaco prechop: manual nucleofracture prior to phacoemulsification. *Operative Tech Cataract Refract Surg.* 1998;1:69-91.
- 20 Dantas AM, Zangalli AL. Anatomia do aparelho visual. In: Alves MR, editor. *Cirurgia Ocular. Texto e Atlas.* Rio de Janeiro: Cultura Médica; 2012. p.1-69.
- 21 Wolff E. *Anatomy of the eye and orbit.* 8th ed. London: Chapman & Hall; 1997.
- 22 Ferreira Filho N, Nogueira JC. Lente ou cristalino. In: Lima Filho AAS, Dantas AM, Sallum JMF, Ferreira Filho N, Marback RL, editores. *Série Brasileira de Oftalmologia, Vol 1 Bases da Oftalmologia.* Rio de Janeiro: Cultura Médica; 2011. p.62-69.
- 23 Beebe DC. The Lens. In Levin LA, Nilsson SFE, Hoeve JV, Wu SM, Kaufman PL, Alm A, editors: *Adler's Physiology of the Eye.* 11th ed, London: Saunders Elsevier; 2011. p.131-163.
- 24 Coulombre JL, Coulombre AJ. Lens development: fibers elongation and lens orientation. *Science.* 1963;142(3598):1489-90.
- 25 Coulombre JL, Coulombre AJ. Lens development. IV Size, shape and orientation. *Invest Ophthalmol.* 1969;8(3):251-7.

- 26 Farnsworth PN, Mauriello JA, Burke-Gadomski P, Kulyk T, Cinotti AA. Surface ultrastructure of human lens capsule and zonular attachments. *Invest Ophthalmol.* 1976;15(1):36-40.
- 27 Winkler BS, Riley MV. Relative contributions of epithelial cells and fibers to rabbit lens ATP content and glycolysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1991;32(9):2593-8.
- 28 Messias A, Ferreira M, Caram M. Alterações do cristalino com a idade. *In: Arieta CEL, editor. Cristalino e catarata. Série Brasileira de Oftalmologia, 4ª ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica; 2018-2019. p. 21-24.*
- 29 Jordao L, Ramos ICO. Epidemiologia e classificação da catarata. *In: Faria MAR, Nosé W, Mello AA. Catarata. 1. ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica; 2015. p.15-20.*
- 30 Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, Leske MC, Bullimore MA, Bailey IL, Friend J, McCarthy D, Wu SY. The Lens Opacities Classification System III. The longitudinal study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol.* 1993;111(6):831-6.
- 31 Gupta M, Ram J, Jain A, Sukhija J, Chaudhary M. Correlation of nuclear density using the Lens Opacity Classification System III versus Scheimpflug imaging with phacoemulsification parameters. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39(12):1818-23.
- 32 Arieta CEL. Epidemiologia da catarata senil. *In: Arieta CEL, Leite CE, Ruiz M. Cristalino e catarata. Rio de Janeiro: Cultura Médica; Guanabara Koogan; 2018. p.51-56.*
- 33 Lee DH, Cho KS, Park SG, Kim EK, Joo CK. Cellular death mediated by nuclear factor kappa B (NF- κ B) translocation in cultured human lens epithelial cells after ultraviolet-B irradiation. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31(3):614-9.

- 34 Klein BE, Klein R, Lee KE. Incidence of age-related cataract: The Beaver Dam Eye Study. *Arch Ophthalmol* 1998;116(2):219-25.
- 35 Oliveira LL, Ávila MP, Isaac DLC, Rocha MNAM, Mendonça LSM. Análise de prevalência e epidemiologia da catarata na população atendida no Centro de Referência em Oftalmologia da Universidade Federal de Goiás. SBPC. Disponível em: http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/pivic/trabalhos/LAIS_LEA.PDF. Acesso: 20/08/2020.
- 36 Santos J. Política Nacional de Atenção em Oftalmologia. *In: Ávila M, Faria MAR, Mello PAA. Olhares sobre o Brasil | Os desafios na assistência oftalmológica em 2012. Bloco Catarata. Brasília. Conselho Brasileiro de Oftalmologia. 5 ed. 2012. p.42-47.*
- 37 Beer – Encyclopedie Française d’ Ophthalmologie. Vol IX. Paris: Dohn Editors; 1910. p.58.
- 38 Magalhães PB. Evolução da cirurgia de catarata. *Arq Bras Oftalmol.* 1985;48:1-7.
- 39 Hirschberg J. The History of Ophthalmology. Vol. 1. Antiquity. Trans. Blodi FC. Bonn: J.P. Wayenborgh; 1982.
- 40 Dias Filho FR, Dias FR. Histórico. *In: Rezende F. Cirurgia da Catarata. Rio de Janeiro. Cultura Médica; 2000. p.3-8.*
- 41 Teles A. Ecobiometria e cálculo da lente intraocular. *In: Rezende F. Cirurgia de Catarata. Rio de Janeiro. Cultura Médica; 2000. p.53-68.*
- 42 Cook CS, Peiffer RL Jr, Mazzocco TR. Clinical and pathologic evaluation of a flexible silicone posterior chamber lens design in a rabbit model. *J Cataract Refract Surg* 1986;12(2):130-4.

- 43 Fichman RA. Phacoemulsification with Topical anesthesia. *In: Fine IN, Fichman RA; Grabow HB. Clear-Corneal cataract surgery & topical anesthesia. Thorofare: Slack; 1993.*
- 44 Rezende F, Bisol RR, Bisol T. Troca do cristalino com finalidade refrativa (TCR). *Rev Bras Oftalmol.* 2009;68(3):180-7.
- 45 Trikha S, Turnbull AMJ, Morris RJ, Anderson DF, Hossain P. The journey to femtosecond laser-assisted cataract surgery: new beginnings or a false dawn? *Eye (Lond);* 2013;27(4):461-73.
- 46 Gimbel HV. The history of the capsulorhexis technique. *Cataract & Refractive Surgery Today.* 2007:39-41.
- 47 Koch P. Stop-and-Chop technique. Disponível em: <https://cataractcoach.com/2018/07/18/stop-and-chop-technique-for-cataract-surgery/> - Acesso: 31/03/2020.
- 48 Trindade BLC, Trindade CLC, Trindade FC. Avanços em tecnologia: técnicas de fragmentação nuclear. *In: Alves MR, editor. Cirurgia Ocular. Texto e Atlas. Rio de Janeiro: Cultura Médica; 2012. p.231-234.*
- 49 Abell RG, Vote BJ. Cost-effectiveness of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus phacoemulsification cataract surgery. *Ophthalmology.* 2014;121(1):10-6.
- 50 Fan W, Yan H, MD, Zhang G. Femtosecond laser–assisted cataract surgery in Fuchs endothelial corneal dystrophy: Long-term outcomes. *J Cataract Refract Surg.* 2018;44(7):864-70.
- 51 Li X, He M, Su T, Tian Y, Wang Y, Xia X, Song W. Comparison of outcomes between cystotome-assisted prechop phacoemulsification on surgery and

conventional phacoemulsification on surgery for hard nucleus cataracts. A consort - compliant article. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(46):e13124.

52 Shepherd JR. In situ fracture. *J Cataract Refract Surg*. 1990;16(4):436-40.

53 Henriques JS, Alió JL, Akahoshi T, Escaf L, Fukasaku H, Walewska A. Prechopping surgical techniques. *Tech Ophthalmol*. 2009;7:139-45.

54 Berger A, Contin IN, Nicoletti G, Pazos PFB, Pazos HSB, Gomes JAP. Middle prechop: fracturing the middle portion of the nucleus. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(4):564-7.

55 O'Brien PD, Fitzpatrick P, Kilmartin DJ, Beatty S. Risk factors for endothelial cell loss after phacoemulsification surgery by a junior resident. *J Cataract Refract Surg*. 2004;30:839-43.

56 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;37:1799-805.

57 Zeng M, Liu X, Liu Y, Xia Y, Luo L, Yuan Z, Zeng Y, Liu Y. Torsional ultrasound modality for hard nucleus phacoemulsification cataract extraction. *Br J Ophthalmol*. 2008;92(8):1092-6.

58 Walkow T, Anders N, Klebe S. Endothelial cell loss after phacoemulsification: relation to preoperative and intraoperative parameters. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26:727-32.

59 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.

- 60 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;92(7):617-22.
- 61 Nosé RM, Rivera-Monge MD, Forseto AS, Nosé W. Descemet membrane destacamento em femtosecond laser - assisted cirurgia de catarata. *Córnea.* 2016;35(4):562-4.
- 62 Zhu DC, Shah P, Feuer WJ, Shi W, Koo EH. Outcomes of conventional phacoemulsification versus femtosecond laser-assisted cataract surgery in eyes with Fuchs endothelial corneal dystrophy. *J Cataract Refract Surg.* 2018;44(5):534-40.
- 63 Bascaran L, Alberdi TM, Martinez-Soroa I, Sarasqueta C, Mendicute J. Differences in energy and corneal endothelium between femtosecond laser-assisted and conventional surgeries: prospective, intraindividual, randomized controlled trial. *Int J Ophthalmol.* 2018;11(8):1308-16.
- 64 Chen M, Chen M. Comparison of CDE data in phacoemulsification between an open hospital-based ambulatory surgical center and a free-standing ambulatory surgical center. *Clin Ophthalmol.* 2010;4:1287-9.
- 65 Millá E, Vergés C, Ciprés M. Corneal endothelium evaluation after phacoemulsification with continuous anterior chamber infusion. *Cornea.* 2005;24(3):278-82.
- 66 Fishkind W, Bakewell B, Donnenfeld ED, Rose AD, Watkins LA, Olson RJ. Comparative clinical trial of ultrasound phacoemulsification with and without the WhiteStar system. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(1):45-9.
- 67 Dick HB, Kohen 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):63-7.

- 68 Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Risk factors for corneal endothelial injury during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 1996;22(8):1079-84.
- 69 Mahdy MA, Eid MZ, Mohammed MA, Hafez A, Bhatia J. Relationship between endothelial cell loss and microcoaxial phacoemulsification parameters in noncomplicated cataract surgery. *Clin Ophthalmol.* 2012;6:503-10.
- 70 Chen X, Yu Y, Song X, Zhu Y, Wang W, Yao K. Clinical outcomes of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery for hard nuclear cataracts. *J Cataract Refract Surg.* 2017;43(4):486-91.

10 APÊNDICES

10 APÊNDICE

ÁGUIA
MARCAS E PATENTES

Natal, 17 de julho de 2018.

Att.: Marco Antonio Rey de faria e Francisco Irochima Pinheiro

REF: Publicação do Pedido da Patente **MU 202012010818-1**
Titulo: **PINÇA FRAGMENTADORA DE CRISTALINO PARA FACECTOMIAS.**

Prezados,

Conforme acompanhamento efetuado por nossa empresa, através da leitura da Revista da Propriedade Industrial – RPI – sistema oficial de divulgação do Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, informamos que na edição nº 2480 de 17/07/2018, foi publicado o despacho cod. 2.1 **“Notificação de Depósito de Pedido de Patente de Invenção”**, referente ao processo acima referenciado (cópia do parecer do INPI abaixo). Essa publicação informa que o Depósito do Pedido, preencheu todas as exigências legais e que seguirá para exame.

Sendo o que tínhamos até o momento, colocamo-nos à disposição para os esclarecimentos necessários.

Atenciosamente,

Maria Lúcia Mosca
Sócia Administrativa
API nº 630

ÁGUIA

MARCAS E PATENTES



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

EXAME PRELIMINAR

N.º do Pedido: BR102018001342-4 N.º de Depósito PCT:
Data de Depósito: 22/01/2018

O pedido atende formalmente as disposições legais, especialmente quanto ao Art. 19 da LPI e o Instrução Normativa nº 31/2013, estando apto a ser protocolado.

Condições do Pedido	S	N
Requerimento de depósito com os campos obrigatórios preenchidos	X	
Idioma Português	X	
Relatório Descritivo	X	
Reivindicações	X	
MI e U – Apresenta desenhos citados ou não cita nem apresenta desenhos. MU – Apresenta desenhos.	X	
Resumo	X	
Formatado no padrão exigido	X	
Valor correto de recolhimento	X	

Fortaleza, 12 de julho de 2018.

Carla Fernandes de Freitas
Mat. Nº 1489558
DIRPA / COSAPI/SEFOR

ÁGUIA

MARCAS E PATENTES

Patentes – RPI 2535 de 06 de Agosto de 2019

214/838

(21) BR 10 2018 001336-0 A2 Código 3.1 - Publicação do Pedido de Patente ou de Certificado de Adição de Invenção
 (22) 22/01/2018
 (51) A47G 9/10 (2000.01), C08G 71/04 (1974.07), C08G 101/00 (1990.01)
 (52) A47G 9/10, A47G 2009/1018, C08G 71/04, C08G 2101/0008
 (54) TRAVESSEIRO ANTICARGA ESTÁTICA
 (71) FIBRASCA QUÍMICA TÊXTIL LTDA. (BR/SC)
 (72) KLAUS SIEBJE

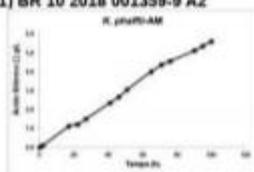
(21) BR 10 2018 001337-8 A2 Código 3.1 - Publicação do Pedido de Patente ou de Certificado de Adição de Invenção
 (22) 22/01/2018
 (51) A01K 11/00 (1968.09), A01K 35/00 (1968.09), A01K 45/00 (1968.09)
 (54) EQUIPAMENTO PARA SEXAGEM DE AVES
 (71) SIDENIR WAEISS (BR/SC)
 (72) SIDENIR WAEISS

(21) BR 10 2018 001342-4 A2 Código 3.1 - Publicação do Pedido de Patente ou de Certificado de Adição de Invenção
 (22) 22/01/2018
 (51) A61F 9/007 (1995.01), A61F 9/00 (1968.09), A61B 17/30 (1968.09)
 (54) PINÇA FRAGMENTADORA DE CRISTALINO PARA FACECTOMIAS
 (71) MARCO ANTONIO REY DE FARIA (BR/RN); FRANCISCO IROCHIMA PINHEIRO (BR/RN)
 (72) MARCO ANTONIO REY DE FARIA; FRANCISCO IROCHIMA PINHEIRO



(21) BR 10 2018 001356-4 A2 Código 3.1 - Publicação do Pedido de Patente ou de Certificado de Adição de Invenção
 (22) 23/01/2018
 (51) G06F 21/62 (2013.01), G06F 21/52 (2013.01)
 (52) G06F 21/6209, G06F 21/52, G06F 21/62
 (54) CÁPSULA COM PROCESSADOR FORMATADO
 (71) LUIZ VIANNA JUNIOR (BR/BA)
 (72) LUIZ VIANNA JUNIOR

(21) BR 10 2018 001359-9 A2 Código 3.1 - Publicação do Pedido de Patente ou de Certificado de Adição de Invenção
 (22) 23/01/2018
 (51) C12N 15/53 (1990.01), C12N 15/63 (1990.01), C12N 1/21 (1990.01), C12N 1/19 (1990.01), C12N 1/12 (1980.01), C12R 1/19 (1980.01), C12R 1/38 (1980.01), C12R 1/865 (1980.01), C12R 1/84 (1980.01), C12R 1/89 (1980.01)
 (54) KOMAGATAELLA PHAFFII RECOMBINANTE PRODUTORA DE ÁCIDO



VÍDEO: Phacoemulsification assisted by a new nucleus fragmenting forceps"

e: "Claudia Moral" <onbehalfof@manuscriptcentral.com>

Enviada: 2020/10/16 13:59:51

Para: marco.rey@uol.com.br

Assunto: eOftalmo - Manuscript ID EOFTALMO-2020-0042

16-Oct-2020

Dear Dr. Faria:

Your video entitled "Phacoemulsification assisted by a new nucleus fragmenting forceps" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the eOftalmo.

Your manuscript ID is EOFTALMO-2020-0042.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc04.manuscriptcentral.com/eoftalmo> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc04.manuscriptcentral.com/eoftalmo>.

Thank you for submitting your manuscript to the eOftalmo.

Sincerely,

eOftalmo Editorial Office

ARTIGO: "A new fragmenting nucleus forceps for cataract surgery"

De: "Claudia Moral" <onbehalf@manuscriptcentral.com>

Enviada: 2020/10/19 17:39:11

Para: marco.rey@uol.com.br

Assunto: eOftalmo - Manuscript ID EOFTALMO-2020-0043

19-Oct-2020

Dear Dr. Faria:

Your manuscript entitled "A new fragmenting nucleus forceps for cataract surgery" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the eOftalmo.

Your manuscript ID is EOFTALMO-2020-0043.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc04.manuscriptcentral.com/eoftalmo> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc04.manuscriptcentral.com/eoftalmo>.

Thank you for submitting your manuscript to the eOftalmo.

Sincerely,

eOftalmo Editorial Office

ARTIGO: " Evaluation of the efficacy of new fragmenting lens nucleus forceps for cataract surgery"

De: "Dr. Marco Antonio Rey de Faria' via Revista Brasileira de Oftalmologia"

<rbo@sboportal.org.br>

Enviada: 2020/10/21 15:36:02

Para: Marco.rey@uol.com.br

Assunto: [RBO] Agradecimento pela submissão

Dr. Marco Antonio Rey de Faria,

Agradecemos a submissão do trabalho "Evaluation of the efficacy of new fragmenting lens nucleus forceps for cataract surgery" para a revista Revista Brasileira de Oftalmologia.

Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão: <https://rbo.emnuvens.com.br/rbo/author/submission/1266>

Login: mfarria

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail.

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho.

Prof. Dr. Arlindo José Freire Portes

Revista Brasileira de Oftalmologia

Revista Brasileira de Oftalmologia

<http://rbo.emnuvens.com.br/rbo>