



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE MEDICINA**

**LARISSA LUCAS**

**Uso de Simulador no Ensino da Cirurgia de Catarata  
por Facoemulsificação**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestra em Pesquisa e Desenvolvimento (Biotecnologia Médica).

Orientador: Prof. Adj. Antonio Carlos Lottelli Rodrigues

**Botucatu - SP**

**2018**

LARISSA LUCAS

**Uso de Simulador no Ensino da Cirurgia de Catarata por  
Facoemulsificação**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestra em Pesquisa e Desenvolvimento (Biotecnologia Médica).

Orientador: Prof. Adj. Antonio Carlos Lottelli Rodrigues

Botucatu - SP

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Lucas, Larissa.

Uso de simulador no ensino da cirurgia de catarata por  
facoemulsificação / Larissa Lucas. - Botucatu, 2018

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista  
"Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina de  
Botucatu

Orientador: Antonio Carlos Lottelli Rodrigues  
Capes: 40101177

1. Catarata - Cirurgia - Estudo e ensino. 2. Cirurgia -  
Complicações e sequelas. 3. Residentes (Medicina).  
4. Facoemulsificação.

Palavras-chave: Catarata; Complicações intraoperatórias;  
Facoemulsificação; Médicos residentes/ensino.

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Elisete e Carlos (*in memoriam*), por toda a construção de valores, apoio e incentivo para a busca de meu sucesso pessoal e profissional.

Ao meu esposo Rodolfo, por todo o amor, companheirismo, paciência e por fazer a vida ter mais significado.

À minha irmã Clariana, pelos momentos compartilhados.

## AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Adj. Antônio Carlos Lottelli Rodrigues, pela oportunidade, ensinamentos e conselhos.

À Profª Titular Drª Silvana Artioli Schellini, então diretora da Faculdade de Medicina de Botucatu – UNESP, que, com visão empreendedora, viabilizou a aquisição do simulador Eyesi® em junho de 2015, um ganho importante para residentes e pacientes que agora podem ser operados com mais segurança. Além disso, agradeço também por ter aceitado, juntamente com o Prof. Dr. Pedro Carlos Carricondo, o convite em participar da banca examinadora.

Aos colegas, professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Pesquisa e Desenvolvimento (Biotecnologia Médica), especialmente à Janisse.

À Profª. Drª. Eliane Chaves Jorge e à Profª. Adj. Claudia Valéria Seullner Brandão pela minuciosa revisão e pelas sugestões.

Ao Prof. Titular Carlos Roberto Padovani, do Departamento de Bioestatística do Instituto de Biociências de Botucatu – UNESP, pela análise estatística e orientações.

A todos os colegas de residência, *fellows*, professores, médicos contratados e funcionários do Departamento de Oftalmologia, Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço da Faculdade de Medicina de Botucatu – UNESP.

À Faculdade de Medicina de Botucatu e ao Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu, onde esse trabalho foi desenvolvido.

A todos os pacientes do setor de Oftalmologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu, por confiarem no serviço prestado.

## RESUMO

LUCAS, L. **Uso de Simulador no Ensino da Cirurgia de Catarata por Facoemulsificação** [dissertação de mestrado]. Programa de Pós Graduação em Pesquisa e Desenvolvimento (Biotecnologia Médica) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2018.

**Objetivo:** Determinar se o treinamento prévio no simulador de cirurgia de catarata Eyesi® diminui a ocorrência de complicações intraoperatórias nas primeiras cirurgias de catarata por facoemulsificação realizadas por residentes de oftalmologia.

**Métodos:** Foi realizado um estudo retrospectivo no qual foram avaliadas as dez primeiras cirurgias de catarata realizadas por dois grupos de residentes do segundo ano (R2) de Oftalmologia no Hospital das Clínicas de Botucatu – UNESP. O primeiro grupo (G1) foi composto por R2 que não tiveram treinamento prévio no simulador. O segundo grupo (G2) foi formado por R2 que realizaram treinamento no simulador antes de iniciarem as cirurgias nos pacientes. Foi avaliada a ocorrência das principais complicações cirúrgicas intraoperatórias. Os dois grupos foram comparados e os resultados foram submetidos a análise estatística.

**Resultados:** O número total de complicações foi de 19 (27%) no G1 e nove (12,86%) no G2, essa diferença foi significativa ( $p=0,031$ ). Quatorze (20%) cirurgias de G1 e sete (10,00%) de G2 apresentaram complicações; a rotura de cápsula posterior ocorreu em 13 (18,57%) cirurgias do G1 e sete (10,00%) do G2; fragmentos de núcleo no vítreo ocorreram em três cirurgias (4,29%) do G1 e em uma cirurgia (1,43%) do G2; a conversão para FEC foi necessária em duas cirurgias (2,86%) do G1 e em uma cirurgia (1,43%) do G2.

**Conclusão:** O treinamento prévio no simulador de cirurgias de catarata Eyesi® reduziu significativamente o número total de complicações intraoperatórias nas dez primeiras cirurgias de catarata por facoemulsificação realizadas por residentes de oftalmologia em treinamento.

**Palavras-chave:** catarata, facoemulsificação, complicações intraoperatórias, médicos residentes/educação.

## ABSTRACT

LUCAS, L. **Use of Virtual Simulator in Phacoemulsification Cataract Surgery Training** [master's thesis]. Research and Development Post Graduate Program (Medical Biotechnology), São Paulo State University, Botucatu, 2018.

**Purpose:** To determine if previous training with the Eyesi<sup>®</sup> cataract surgery simulator decreases intraoperative complications rates from the first phacoemulsification surgeries performed by residents.

**Methods:** A retrospective analysis of the ten first cataract surgeries performed by two groups of second-year residents (R2) from Hospital das Clínicas de Botucatu – UNESP Ophthalmology Residency Program. We assessed the results from two groups of residents. The first group (G1) consisted of residents who did not had previous virtual simulator training. The second group (G2) consisted of residents who had virtual simulator training before performing their surgeries. The occurrence of the main intraoperative complications were analyzed. The groups were compared and the results were submitted to statistical analysis.

**Results:** The total amount of complications was 19 (27%) in G1 group and nine (12,86%) in G2 group, with statistical difference ( $p=0,031$ ). Fourteen (20%) G1 surgeries and seven G2(10,00%) surgeries had complications; posterior capsule tear was observed 13 times (18,57%) in G1 surgeries and seven times (10,00%)in G2 surgeries; nuclear fragments into the vitreous cavity were observed in three (4,29%) G1 surgeries and in one (1,43%) G2 surgery; conversion to manual extracapsular cataract extraction was necessary in two (2,86%) G1 surgeries and in one (1,43%) G2 surgery.

**Conclusion:** Eyesi<sup>®</sup> cataract surgery simulator training significantly decreased the amount of intraoperative complications from the ten first phacoemulsification surgeries performed by young surgeons.

**Keywords:** cataract, phacoemulsification, intraoperative complications, residents/education

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>μm</b> -	micrômetros
<b>®</b> -	marca registrada
<b>CEP</b> -	Comitê de Ética em Pesquisa
<b>EUA</b> -	Estados Unidos da América
<b>FEC</b> -	cirurgia extracapsular (facectomia extracapsular)
<b>FMB</b> -	Faculdade de Medicina de Botucatu
<b>G1</b> -	grupo 1
<b>G2</b> -	grupo 2
<b>LIO</b> -	lente intraocular
<b>LOCS III</b> -	<i>Lens Opacities Classification System III</i>
<b>OMS</b> -	Organização Mundial de Saúde
<b>p</b> -	probabilidade de significância
<b>PMMA</b> -	polimetilmetacrilato
<b>R2</b> -	residentes do segundo ano de Oftalmologia
<b>UNESP</b> -	Universidade Estadual Paulista

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Distribuição das complicações intraoperatórias de G1 .....	25
<b>Tabela 2:</b> Distribuição das complicações intraoperatórias de G2 .....	26
<b>Tabela 3:</b> Comparação das complicações intraoperatórias de G1 e G2 (pré e pós treinamento no simulador).....	26

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	OBJETIVO .....	12
3	REVISÃO DA LITERATURA .....	13
	3.1 O cristalino .....	13
	3.2 A catarata.....	14
	3.3 Histórico cirúrgico .....	14
	3.4 A facoemulsificação.....	15
	3.5 Complicações intraoperatórias da facoemulsificação.....	17
	3.5.1 Complicações durante a capsulorrexe .....	17
	3.5.2 Rotura de cápsula posterior .....	17
	3.5.3 Afacia.....	18
	3.5.4 Núcleo ou fragmentos de núcleo no vítreo.....	18
	3.5.5 Conversão para FEC .....	18
	3.6 O ensino da facoemulsificação .....	19
	3.7 O simulador.....	20
4	MÉTODO.....	23
5	RESULTADOS.....	25
6	DISCUSSÃO.....	27
7	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS .....	33

# 1 INTRODUÇÃO

A catarata consiste na opacificação total ou parcial do cristalino ou de sua cápsula.<sup>1</sup> O tipo mais comum é a catarata senil que começa, em geral, a partir dos 70 anos de idade, podendo surgir mais cedo, está relacionada à esclerose do cristalino e possui caráter hereditário.<sup>1</sup> Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a catarata é a maior causa de cegueira tratável nos países em desenvolvimento, sendo responsável por cerca de 50% dos indivíduos bilateralmente cegos.<sup>2,3</sup>

A única forma de tratamento da catarata é por meio de cirurgia e consiste na remoção do cristalino opacificado e implante de lente intraocular (LIO).<sup>4</sup>

O ensino de técnica cirúrgica é sempre desafiador e sujeito a complicações, principalmente quando se trata de cirurgia microscópica em que, além da estereopsia, há que se ter bom domínio das duas mãos e dos dois pés, como é a cirurgia de catarata por facoemulsificação.<sup>5</sup> Por isso, a busca por métodos eficientes de ensino e aprendizagem dessa cirurgia é sempre constante, visto que quanto mais o residente possa ser preparado antes de iniciar sua atividade prática com o paciente, mais seguras serão as cirurgias realizadas.<sup>6</sup> A cirurgia de catarata, quando complicada, pode levar à perda visual. Assim, o aperfeiçoamento da técnica cirúrgica pode ter como papel a prevenção de cegueira.

No treinamento da facoemulsificação, o simulador Eyesi® (VRmagic, Alemanha) tem se destacado como modelo de ensino baseado nos princípios de realidade virtual.<sup>7-11</sup> Sua aplicação como método de ensino para facoemulsificação inclui as etapas de capsulorrexe, hidrodissecção e hidrodelineação, fragmentação e aspiração do núcleo, aspiração do córtex e inserção da LIO e já foi documentado e validado na literatura estrangeira.<sup>7-11</sup>

Um estudo publicado em 2014 na Dinamarca mostrou que o treinamento repetitivo no simulador Eyesi® realizado por estudantes de Medicina melhorou suas habilidades na cirurgia de facoemulsificação simulada.<sup>10</sup>

Belyea et al<sup>7</sup> estudaram a influência do simulador Eyesi® no desempenho da facoemulsificação realizada por residentes em Oftalmologia em Washington (EUA) e constataram redução de tempo e potência de faco nas cirurgias realizadas por residentes que

realizaram o treinamento, uma menor curva de aprendizado da técnica cirúrgica e menos complicações intraoperatórias.<sup>7</sup>

Thomsen et al<sup>11</sup> conduziram um estudo na Inglaterra, publicado em 2017, com objetivo de verificar se existe correlação entre performances no simulador e na cirurgia em pacientes reais e concluiu que a performance no Eyesi<sup>®</sup> é altamente correlacionável com a performance na cirurgia propriamente dita. Esse dado é muito importante, pois o treinamento de novos cirurgiões é um desafio para os cursos de residência médica em oftalmologia. Sabendo-se que esses dados são correlacionáveis, espera-se que um residente que tenha passado pelo treinamento no simulador com bom desempenho tenha desempenho semelhante durante a cirurgia em paciente real.

Um estudo conduzido por Kiran et al<sup>12</sup> em Nova York (EUA), comparou os custos entre vários métodos de ensino da cirurgia de catarata por facoemulsificação e concluiu que o Eyesi<sup>®</sup> é o método de simulação de cirurgia de catarata com melhor custo benefício, apesar de necessitar de laboratório complementar quando se trata do treinamento de outras cirurgias que não a de catarata (plástica ocular, córnea e glaucoma, por exemplo).

Na Faculdade de Medicina de Botucatu (FMB) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), existe um laboratório de técnica cirúrgica equipado com microscópio cirúrgico e instrumentos cirúrgicos para treinamento de técnicas de incisão, sutura e facectomia extracapsular (FEC) em olhos de porco. No entanto, antes da aquisição do simulador Eyesi<sup>®</sup> em junho de 2015, não havia nenhum outro tipo de ferramenta para treinamento específico da facoemulsificação.

## 2 OBJETIVO

Determinar se o treinamento prévio no simulador de cirurgia de catarata Eyesi® diminui a ocorrência de complicações intraoperatórias nas primeiras cirurgias de catarata por facoemulsificação realizadas por residentes de oftalmologia.

## 3 REVISÃO DA LITERATURA

### 3.1 O cristalino

O cristalino é uma lente biconvexa do globo ocular, transparente, elástica, avascular e está localizado entre a face posterior da íris e a face anterior do corpo vítreo. Ele se mantém nessa posição através de fibras zonulares (ligamentos suspensores) que estão entre o cristalino e o corpo ciliar.<sup>13,14</sup>

O cristalino é envolto pelo saco capsular, constituído por uma membrana acelular elástica que serve para conter fibras e células epiteliais em uma unidade estrutural e que permite a passagem de moléculas. A cápsula é a membrana basal do epitélio lenticular e sua espessura varia conforme a região, sendo duas vezes mais espessa na região anterior do que na posterior, o que a torna suscetível a roturas durante a cirurgia de catarata.<sup>13,14</sup>

O epitélio do cristalino é formado por uma única camada de células poligonais que ocupa toda a face anterior até o equador e está internamente aderido à sua membrana basal (cápsula anterior), não sendo encontrado junto à cápsula posterior.<sup>15</sup> Ele é dividido em três zonas: central, intermediária e equatorial. As células centrais estão no polo anterior, onde quase não ocorrem mitoses. Já na zona intermediária (germinativa), ocorrem mitoses com maior frequência e as células oriundas dessa divisão migram posteriormente para a zona equatorial (ou de transição), onde se diferenciam em novas fibras lenticulares, que constituem a maior massa do cristalino.<sup>14,16</sup>

As fibras mais internas formam o núcleo embrionário e são fibras primárias. Durante a vida fetal ocorre a formação das fibras secundárias, responsáveis pelo núcleo fetal. Após o nascimento, fibras começam a se depositar continuamente, formando o núcleo adulto. Esse núcleo está sempre crescendo, pois há uma deposição contínua de fibras. As fibras mais recentes circundam o núcleo adulto e formam o córtex do cristalino, que fica adjacente ao epitélio e saco capsular.<sup>13,14</sup>

### 3.2 A catarata

Como já descrito, a catarata é definida como qualquer opacidade do cristalino ou de sua cápsula.<sup>1</sup> Segundo a OMS, a incidência anual de catarata é cerca de 0,3% ao ano, o que representa 550.000 casos novos por ano no Brasil.<sup>14,17</sup>

Em 1993, Chylack et al<sup>18</sup> desenvolveram um sistema de classificação cirúrgica da catarata senil designado *Lens Opacities Classification System III* ou LOCS III. São usadas seis imagens de lâmpada de fenda para classificar a opacidade nuclear, cinco imagens de retroiluminação para graduação de catarata cortical e mais cinco imagens para a catarata subcapsular posterior.<sup>14</sup>

Além de causar baixa visão, a catarata está relacionada também ao aumento da mortalidade, da depressão e do risco de quedas.<sup>6,19</sup>

A cirurgia de catarata associada a implante de lente intraocular é um procedimento seguro e eficaz na reabilitação visual de seus portadores.<sup>20,21</sup>

### 3.3 Histórico cirúrgico

O primeiro procedimento cirúrgico para correção de catarata foi descrito no manuscrito Susruta (século I), no qual a técnica de *couching* era realizada com dois instrumentos. Nesta técnica o paciente ficava sentado de frente para o sol com a cabeça segura por um assistente. O cirurgião introduzia uma agulha pelo limbo corneoescleral, empurrando a catarata em direção à margem inferior da pupila.<sup>13,14</sup>

Em 1752, o cirurgião francês Jacques Daviel afirmou que a catarata poderia ser extraída do globo ocular e apresentou sua técnica intracapsular de extração da catarata, fazendo uma incisão corneana inferior de mais de 180º com uma tesoura curva e retirando a catarata com um instrumento de ponta aguda.<sup>22,23</sup> A catarata era removida juntamente com o saco capsular, estrutura que a envolve.

Em 1864, Albrecht von Graefe descreveu técnica extracapsular para remoção de catarata, preconizando uma incisão mais posterior e linear e realizando uma abertura na cápsula anterior para retirada do material, ou seja, mantendo o saco capsular em posição.<sup>14,24</sup>

No século XX a técnica intracapsular tornou-se o padrão internacional de remoção da catarata. Na década de 1950 Harms e Barraquer começaram a usar microscópio em substituição às lupas e isso proporcionou um avanço na identificação de estruturas intraoculares durante a cirurgia.<sup>24</sup> Além disso, dois outros fatores facilitaram a extração intracapsular: a zonulose química pela da alfa-quimiotripsina<sup>25</sup> e crioextração de T. Krwawicz.<sup>14,26</sup>

Em 1967, enquanto Kelman dava os primeiros passos na introdução da facoemulsificação, a cirurgia extracapsular (FEC) caminhou a passos largos, substituindo quase completamente a intracapsular.<sup>27</sup>

A primeira LIO foi implantada em 1949 por Harold Ridley, porém esta era grande e pesada.<sup>14,28</sup> Ridley propôs a utilização de lentes intraoculares baseado na observação de que pedaços de acrílico utilizados nas cabines de aviões na Segunda Guerra Mundial permaneciam inertes dentro de olhos de pilotos da força aérea inglesa, propondo então um desenho de LIO constituído pelo mesmo plástico: o polimetilmetacrilato (PMMA).<sup>6,29</sup> A partir daí, inúmeros tipos de LIOs e fórmulas para seus cálculos foram sendo desenvolvidos.<sup>13</sup>

### **3.4 A facoemulsificação**

A facoemulsificação foi desenvolvida por Kelman em 1967.<sup>30</sup> Nesta cirurgia, por meio de um aparelho de ultrassom (adaptado a partir de instrumentos odontológicos), a catarata é fragmentada para posterior aspiração por uma pequena incisão, mantendo a cápsula posterior do saco capsular íntegra.<sup>30</sup> Houve necessidade de aperfeiçoamento dos equipamentos utilizados na facoemulsificação e essa é a técnica consagrada na atualidade.

O aparelho facoemulsificador é composto por três partes principais: a caneta, o corpo e o pedal.

A caneta transforma energia elétrica em vibração ultrassônica (energia mecânica) por meio da utilização da propriedade piezoelétrica do cristal de quartzo que se expande e se contrai ao ser estimulado eletricamente, fazendo com que a ponteira da caneta vibre para frente e para trás a uma velocidade elevada.<sup>14,30</sup>

A aspiração dos fragmentos nucleares ocorre por meio do vácuo obtido quando o material da lente oclui a ponteira da caneta. A ponteira é rodeada por uma luva de silicone que dispõe de dois orifícios em sua extremidade distal, pelos quais passa o fluido de irrigação, que resfria o sistema. Dessa forma, os fragmentos de núcleo são removidos e substituídos pelo fluido de irrigação ocular.<sup>14</sup>

O acionamento do aparelho de facoemulsificação é realizado pelo pedal, que contém três posições: irrigação (posição 1), aspiração (posição 2) e facoemulsificação (posição 3).<sup>14</sup>

Já o corpo do aparelho é a central de comando, onde o cirurgião regula várias funções como: potência, tipo e modulação do ultrassom; controle do vácuo; controle do fluxo; controle dos sons emitidos pelo aparelho; altura da garrafa da solução de irrigação ocular; entre outros.<sup>14,31</sup>

A fluídica é controlada por uma bomba peristáltica (a mais utilizada), que consiste em uma roda rotatória com saliência fixa a intervalos regulares que comprimem o tubo de aspiração ao redor desta roda. Esse sistema gera um fluxo na câmara anterior que atrai fragmentos da catarata para a ponteira da caneta quando esta não está ocluída, e vácuo, que segura a massa a ser fragmentada quando ocorre a oclusão da ponteira.<sup>14,32</sup>

Os passos da cirurgia de facoemulsificação são: incisão corneana, injeção de substância viscoelástica, capsulorrexe circular contínua, hidrodissecção e hidrodelineação, fragmentação e aspiração da catarata, aspiração de material cortical, implante da LIO, aspiração da substância viscoelástica e fechamento da incisão.<sup>33</sup>

A moderna cirurgia de catarata por facoemulsificação envolve tecnologia sofisticada que traz ao procedimento rapidez e reabilitação visual quase imediata. No entanto, demanda precisão milimétrica com uso de duas mãos e dois pés coordenados à visão estereoscópica por meio do microscópio cirúrgico.<sup>5</sup>

### **3.5 Complicações intraoperatórias da facoemulsificação**

Apesar de toda evolução em sua técnica e relativa segurança, a moderna cirurgia de catarata não é um procedimento livre de complicações.<sup>6,34</sup> Os inúmeros resultados positivos tendem a banalizá-la, porém é um procedimento de alta complexidade, comparável às cirurgias cardiotorácicas e neurocirurgias.<sup>6,34</sup>

São muitas as complicações que podem ocorrer durante a cirurgia de facoemulsificação. Aqui listaremos as de maior relevância para nosso estudo.

#### **3.5.1 Complicações durante a capsulorrexe**

A capsulorrexe circular contínua é um passo muito importante da cirurgia de facoemulsificação. Ela permite o acesso ao cristalino e mantém o saco capsular íntegro, permitindo o implante da LIO e mantendo-a bem posicionada. Pode haver problemas em sua confecção referente ao tamanho, sendo que quando pequena ela dificulta a manipulação do núcleo e o implante da LIO e quando grande pode causar instabilidade do núcleo dentro do saco capsular.<sup>35,36</sup>

Outro problema ocorre quando ela fica descontínua, ocorrendo uma abertura da cápsula anterior que se direciona para a periferia, podendo atingir o equador ou até a cápsula posterior. É importante a identificação imediata desse problema na tentativa de resgatar a continuidade da capsulorrexe. Caso não seja possível e o cirurgião não seja experiente é recomendável converter para capsulotomia (abertura da cápsula anterior com cortes descontínuos) e posterior cirurgia extracapsular (FEC).<sup>35</sup>

#### **3.5.2 Rotura de cápsula posterior**

É uma das complicações mais frequentes da cirurgia de catarata e seu reconhecimento precoce pode ser determinante para o tratamento correto e prognóstico visual.<sup>35,37,38</sup>

Importante salientar que ela pode ocorrer em qualquer etapa da facoemulsificação após a confecção da capsulorrexe e quanto mais precoce é a rotura, mais complexa e grave é a situação. Ela pode resultar em perda vítrea, conversão para FEC e luxação de fragmentos de núcleo para o vítreo. Além disso, dependendo da extensão da rotura pode-se perder o suporte para o implante de LIO, levando à afacia.<sup>35,37</sup>

### **3.5.3 Afacia**

Na ausência de suporte capsular adequado em uma facoemulsificação com rotura de cápsula posterior, pode-se optar pelo não implante da LIO no mesmo ato cirúrgico. Um olho sem cristalino e sem LIO é chamado de afático.<sup>13,35</sup>

### **3.5.4 Núcleo ou fragmentos de núcleo no vítreo**

A rotura de cápsula posterior não identificada é a causa mais comum de luxação de fragmentos do núcleo para o vítreo e pode ser evitada pela simples conversão para FEC. Caso o fragmento ainda esteja parcialmente alocado no saco capsular, pode-se tentar deslocá-lo para a câmara anterior e retirá-lo através de incisão corneana ampliada. No caso de estar localizado mais profundamente é recomendado deixá-lo no vítreo, para que seja removido por meio de vitrectomia posterior. Nestes casos, o implante da LIO pode não ser recomendado, principalmente quando os fragmentos de núcleo são grandes e duros.<sup>35,39</sup>

### **3.5.5 Conversão para FEC**

A conversão para cirurgia FEC é recomendada nos casos em que há risco em se prosseguir com a facoemulsificação, como por exemplo na capsulorrexe descontínua em que não é possível resgatar a continuidade da abertura e na rotura de cápsula posterior em fase precoce da cirurgia a fim de evitar a luxação de fragmentos de núcleo para o vítreo.<sup>35</sup>

Como se pode observar, a presença de uma complicação intraoperatória pode levar a outras, pois a cirurgia de facoemulsificação é considerada uma cirurgia passo-dependente, em que uma falha em determinado passo pode comprometer o passo seguinte.<sup>6</sup>

### 3.6 O ensino da facoemulsificação

Existem certas competências, compiladas pelo *American Board of Ophthalmology*, para a especialização em Oftalmologia, sendo elas: atendimento do paciente, conhecimento médico, aprendizado baseado em evidências, profissionalismo, habilidades de relacionamento e comunicação, prática baseada em sistemas e o aprendizado cirúrgico.<sup>6,40,41</sup>

A curva de aprendizado é caracterizada pela melhora decorrente da repetição de atividades motoras. Normalmente ela é descrita como uma fase de rápida aprendizagem inicial e em seguida uma fase de evolução mais lenta, atingindo um platô. Ela ocorre sempre que uma nova habilidade, técnica ou procedimento é introduzida, aumentando inicialmente o número de complicações e eventos adversos.<sup>6,42</sup> O treinamento prévio em laboratório, simulações, realidade virtual e prática em animais tem um efeito importante e positivo na curva de aprendizado, podendo abreviá-la.<sup>6</sup> É uma tendência atual no ensino médico das especialidades a aquisição de habilidades técnicas antes de sua entrada na sala de cirurgia, fazendo-se, assim, necessário o desenvolvimento de diferentes técnicas para o ensino de novas tecnologias.<sup>6,43,44</sup>

Frequentemente o ensino cirúrgico em Oftalmologia se dá da seguinte forma: estudo teórico, treinamento em laboratório, acompanhamento de cirurgiões mais experientes, realização de passos cirúrgicos considerados mais simples e evolução para cirurgias mais complexas, como a facoemulsificação.<sup>6,45-47</sup> A própria facoemulsificação em si pode ser dividida em passos a serem realizados a cada habilidade adquirida.

No que se refere ao aprendizado em cirurgias de catarata, tradicionalmente os residentes são treinados a realizar a cirurgia de catarata pela técnica extracapsular, antes de começarem a aprender a técnica de facoemulsificação. A FEC possui uma técnica menos desafiadora e são reportados menor número de complicações neste tipo de cirurgia.<sup>48</sup> Essa

forma de ensino é reproduzida na FMB – UNESP, sendo que o residente só inicia o aprendizado da facoemulsificação após a realização de FECs programadas.

O *Wet Lab* é uma ferramenta de ensino em que se utiliza um laboratório de cirurgia experimental equipado com microscópio cirúrgico, aparelho de facoemulsificação, insumos e materiais iguais ao utilizados nas cirurgias. O aluno em treinamento geralmente executa o procedimento em olhos enucleados de porcos. Uma desvantagem desse treinamento é que o olho de porco, embora anatomicamente parecido com o olho humano, não é idêntico a ele, principalmente no que se refere a uma maior elasticidade da cápsula anterior, núcleo mais mole e opacidade da córnea pós morte.<sup>45</sup>

A realidade virtual é uma ferramenta que usa a simulação de uma situação real e a transforma em uma simulação que pode ser realizada virtualmente, tornando possível uma experiência imersiva e interativa baseada em imagens tridimensionais geradas por um computador em tempo real.<sup>49</sup> Ela tem potencial de aplicação em qualquer circunstância na qual ensaios repetidos são necessários para aquisição de habilidades.<sup>50</sup> Entre as principais vantagens dos sistemas de realidade virtual, pode-se destacar: a possibilidade de construir modelos com a geometria correta baseada na anatomia humana,<sup>6,45</sup> a simulação do ambiente cirúrgico com a utilização dos dois pés e das duas mãos durante a cirurgia<sup>6,47</sup> e a resposta próxima da real dos tecidos a partir de modelos biomecânicos, inclusive com as sensações táteis apropriadas.<sup>6,45</sup>

### **3.7 O simulador**

O simulador Eyesi<sup>®</sup> (VRmagic, Alemanha) é utilizado em mais de 50 instituições de ensino na América do Norte e Europa para treinamento de residentes em cirurgia de catarata por facoemulsificação. É um sistema que simula um microscópio binocular montado em mesa com cabeça e olho artificiais, acoplados a pedais para o microscópio e o facoemulsificador e a um computador. (Figura 1)

**Figura 1:** Simulador Eyesi® (VRmagic).



Fonte: <https://www.vrmagic.com> [acessado em 20 Dez 2017]

A elasticidade e resistência dos tecidos intraoculares na realidade virtual (córnea, íris, cápsula, núcleo, córtex) têm semelhança com os tecidos reais (em oposição ao que ocorre no *Wet Lab*, como já exposto anteriormente). O treinamento consiste em uma série de tarefas com grau crescente de dificuldade, até a simulação da cirurgia propriamente dita. As tarefas são passo dependente e enquanto uma determinada tarefa não é realizada com a habilidade mínima exigida pelo equipamento, o aluno não é habilitado à próxima tarefa. Após realizar todas as tarefas, o equipamento emite um certificado de conclusão ao aluno. Cada aluno em treinamento possui “*login*” e senha, o que permite que ele pare e recomece seu treinamento no ponto em que parou, a qualquer momento.

As tarefas são divididas em quatro níveis de dificuldade: nível A (introdução), nível B (iniciante), nível C (intermediário) e nível D (avançado). O nível A usa cenários abstratos para o treino de habilidades cirúrgicas básicas, assim como treinamento de navegação da câmara anterior, uso de instrumentos bimanuais e ajuste do microscópio. O nível B possibilita o treino de passos individuais da cirurgia de catarata como capsulorrexe, técnicas de fragmentação do

núcleo e inserção de LIO. O nível C, intermediário, eleva o treino das habilidades cirúrgicas, simulando o ambiente cirúrgico e a cirurgia como um todo. Por fim, o nível D, avançado, inclui o treinamento de casos complexos como fragilidade zonular e catarata branca.

## 4 MÉTODO

Após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital das Clínicas de Botucatu – UNESP (número do parecer: 2.387.926), foi realizado um estudo retrospectivo no qual foram avaliadas as cirurgias realizadas por dois grupos de residentes do segundo ano (R2) de Oftalmologia no Hospital das Clínicas de Botucatu – UNESP, entre os anos de 2014 e 2015. O primeiro grupo (G1) foi composto por sete R2 do ano de 2014 que não tiveram treinamento prévio no simulador. O segundo grupo (G2) foi formado por sete R2 do ano de 2015 que concluíram as etapas de treinamento no simulador até o nível C (intermediário) antes de iniciarem as cirurgias nos pacientes. Todos os residentes, tanto de G1 como de G2, já haviam realizado cerca de dez FECs antes do início do treinamento da facoemulsificação.

Foram revistas as dez primeiras cirurgias de cada residente do G1 e G2, totalizando 70 cirurgias em cada grupo. A escolha por avaliar as primeiras dez cirurgias de cada R2 se deveu ao fato de que esse é o número médio de cirurgias de facoemulsificação que o R2 opera neste serviço.

A identidade dos residentes, assim como dos pacientes submetidos à cirurgia, foi preservada.

Todos os pacientes operados eram portadores de catarata senil nuclear grau 2 pela classificação LOCS III<sup>6</sup>, apresentavam boa dilatação pupilar e não possuíam nenhuma outra comorbidade ocular ou sistêmica que contraindicassem a anestesia retrobulbar, como uso de anti-coagulantes, por exemplo.

Todas as cirurgias foram supervisionadas por um médico oftalmologista, estando este preparado para assumir intercorrências no intra-operatório caso necessário. A técnica de instrução e instrumentação foi a mesma realizada em todas as cirurgias. Os pacientes receberam monitorização de sinais vitais peri-operatória e anestesia retrobulbar sem intercorrências, garantindo a anestesia e acinesia do globo ocular. Foram realizadas técnicas de assepsia e anti-sepsia, colocação de adesivo transparente estéril em região ocular e campos estéreis. Após a alocação de blefarostato, as cirurgias tiveram início com a confecção de uma

incisão principal corneana com lâmina 2.75mm (Alcon ClearCut<sup>®</sup>) e preenchimento da câmara anterior com azul de Trypan. Após lavagem do azul de Trypan com solução salina balanceada, procedeu-se ao preenchimento da câmara anterior com metilcelulose a 2% e a 4%. Uma incisão corneana acessória com lâmina 15 graus (Alcon A-OK Full Handle<sup>®</sup>) foi realizada para alocação de materiais auxiliares durante a facoemulsificação. A capsulorrexe curvilínea contínua foi efetuada através de pinça Ultrata, seguida de hidrodissociação e hidrodelineação do cristalino. A caneta do facoemulsificador INFINITI<sup>®</sup> Vision System (Alcon<sup>®</sup>) foi então alocada na incisão principal, dando início à facoemulsificação. A técnica de facoemulsificação escolhida foi a *Stop and Chop*, em que o núcleo é sulcado e dividido em duas metades com auxílio de instrumento auxiliar (*Chopper*). Após o término da facoemulsificação foi realizada aspiração de restos corticais com caneta de irrigação/aspiração. Foi preenchido o saco capsular com metilcelulose a 2% e implantada uma LIO dobrável (Abbot Sensar AR40e<sup>®</sup>) através da incisão principal com auxílio de um injetor. Ao final, foi aspirado a metilcelulose a 2% e realizado fechamento das incisões. Colírios de antibiótico e anti-inflamatório (Alcon Cilodex<sup>®</sup>) foram instilados e os pacientes tiveram alta com curativo oclusivo.

Foi avaliada a frequência de ocorrência das principais complicações cirúrgicas intraoperatórias: rotura de cápsula posterior, afacia, luxação de fragmentos de núcleo para o vítreo e conversão para FEC.

Os dados obtidos foram submetidos à avaliação estatística. O estudo das comparações da ocorrência das complicações nos dois grupos de residentes foi realizado pelo teste de associação de Goodman<sup>51</sup>, envolvendo contrastes entre populações binomiais. O nível de significância foi de 5% ( $p < 0,05$ ).

## 5 RESULTADOS

Das 70 cirurgias realizadas pelo G1, 14 (20%) tiveram complicações, sendo o número total de complicações igual a 19 (27,14%). As complicações observadas foram: 13 roturas de cápsula posterior (18,57%), uma afacia (1,43%), três olhos com fragmentos de núcleo no vítreo (4,29%) e duas conversões para FEC (2,86%). (Tabela 1)

**Tabela 1:** Distribuição das complicações intraoperatórias de G1.

Residente	Número de cirurgias	Número de cirurgias complicadas	Número de complicações	Rotura de cápsula posterior	Afacia	Núcleo no vítreo	Conversão para FEC
1	10	3	4	3	0	1	0
2	10	2	4	2	1	0	1
3	10	3	3	3	0	0	0
4	10	2	3	1	0	1	1
5	10	0	0	0	0	0	0
6	10	3	4	3	0	1	0
7	10	1	1	1	0	0	0
Total:	70	14	19	13	1	3	2
	100,00%	20,00%	27,14%	18,57%	1,43%	4,29%	2,86%

O G2 realizou 70 cirurgias, das quais sete (10,00%) foram complicadas. O número total de complicações foi de nove (12,86%), sendo sete roturas de cápsula posterior (10,00%), um olho com fragmento de núcleo no vítreo (1,43%) e uma conversão para FEC (1,43%). (Tabela 2)

A comparação das complicações entre os grupos e a significância estatística estão dispostas na tabela 3. (Tabela 3)

**Tabela 2:** Distribuição das complicações intraoperatórias de G2.

Residente	Número de cirurgias	Número de cirurgias complicadas	Número de complicações	Rotura de cápsula posterior	Afacia	Núcleo no vítreo	Conversão para FEC
1	10	1	1	1	0	0	0
2	10	0	0	0	0	0	0
3	10	1	1	1	0	0	0
4	10	2	2	2	0	0	0
5	10	0	0	0	0	0	0
6	10	1	1	1	0	0	0
7	10	2	4	2	0	1	1
Total:	70	7	9	7	0	1	1
	100,00%	10,00%	12,86%	10,00%	0,00%	1,43%	1,43%

**Tabela 3:** Comparação das complicações intraoperatórias de G1 e G2 (pré e pós treinamento no simulador).

Grupo	Número de cirurgias	Número de cirurgias complicadas	Número de complicações	Rotura de cápsula posterior	Afacia	Núcleo no vítreo	Conversão para FEC
G1	70	14	19	13	1	3	2
Pré	100,00%	20,00%	27,14%	18,57%	1,43%	4,29%	2,86%
Treinamento							
G2	70	7	9	7	0	1	1
Pós	100,00%	10,00%	12,86%	10,00%	0,00%	1,43%	1,43%
Treinamento							
	p valor	0,096	<b>0,031</b>	0,141	0,309	0,312	0,554

## 6 DISCUSSÃO

A partir da aquisição do simulador Eyesi<sup>®</sup> pela FMB – UNESP, em junho de 2015, ficou estabelecido que todos os R2 deveriam realizar treinamento prévio no simulador, com término de todas as tarefas até o nível C (intermediário), antes do início da prática de facoemulsificação em pacientes. O estudo teve como objetivo avaliar a eficácia do uso dessa tecnologia como ferramenta de ensino da facoemulsificação, analisando a ocorrência de complicações intraoperatórias pré e pós treinamento nesse simulador.

Cada passo da facoemulsificação depende do passo anterior. Assim, se um passo for realizado com alguma imperfeição, os próximos terão grandes chances de não serem realizados adequadamente, aumentando a chance de complicações intraoperatórias.<sup>6</sup>

As complicações intraoperatórias diminuem progressivamente com o treinamento e supervisão apropriados.<sup>6,52-54</sup> Estima-se que a chance de ocorrência de uma complicação diminua em 1% a cada cirurgia integralmente realizada durante o treinamento.<sup>6,53, 55</sup> Assim, é esperado que ocorra maior número de complicações em cirurgias realizadas por cirurgiões inexperientes como os R2 e que seu desempenho melhore com cada cirurgia realizada.

As taxas de complicações durante a facoemulsificação realizadas por residentes variam na literatura de 1,8 a 27,4%.<sup>52-54,56-60</sup> Portanto, as taxas de complicações no presente estudo se comparam com as da literatura, sendo de 27,14% em G1 e 12,86% em G2.

Há de se destacar que o presente estudo foi realizado apenas com as primeiras cirurgias realizadas por residentes, não utilizando o universo total de cirurgias utilizado na maioria dos estudos. Assim, se a incidência de complicações cai em torno de 1% a cada cirurgia realizada, como já citado<sup>52,55</sup>, a incidência de complicações em estudos que utilizam o universo total de cirurgias realizadas pelo residente tende a ser menor. Esse é um fator que deve ser levado em conta na comparação das complicações deste estudo com a maioria dos estudos da literatura.

Estudo conduzido por Barreto Junior et al<sup>39</sup> com o objetivo de avaliar a frequência de complicações em cirurgias de catarata realizadas por residentes em Oftalmologia de um hospital universitário brasileiro mostrou um total de cirurgias complicadas realizadas por

residentes de 11,1% (40 cirurgias complicadas em um universo de 359 cirurgias). Esse valor se aproxima ao valor encontrado de cirurgias complicadas no G2 de 10,00%, em oposição ao valor maior encontrado no G1 de 20,00%. O número de cirurgias complicadas é diferente do número de complicações, pois pode ocorrer mais de uma complicação na mesma cirurgia.

A literatura considera a rotura de cápsula posterior o evento adverso mais frequente, variando entre 1,8 a 10,3% dos casos.<sup>60-64</sup> No presente estudo essa também foi a complicação mais frequentemente observada (18,57% em G1 e 10,00% em G2). Pode-se constatar que, após a introdução do simulador no ensino da cirurgia de catarata no serviço, a taxa de rotura de cápsula posterior se aproximou mais do valor encontrado na literatura para cirurgias realizadas por residentes. Entretanto, deve-se levar em conta que o tamanho da amostra dos estudos publicados na literatura variou de 162 a 1400 cirurgias<sup>60-64</sup>, diferente do presente estudo que tem uma amostra menor em cada grupo (70 cirurgias em cada). Além disso, quando se trata de cirurgiões experientes, a taxa de rotura de cápsula posterior descrita na literatura é de 0,45 a 2,5%.<sup>37,38,65</sup>

A incidência de luxação do núcleo ou fragmentos de núcleo para o vítreo durante a facoemulsificação varia de 0,3 a 1,1% na literatura.<sup>35</sup> Dessa forma, podemos observar que o G2 se aproxima mais das taxas de luxação de núcleo para o vítreo descritas na literatura, pois foi de 1,43%, diferentemente do G1 que apresentou taxa mais elevada de 4,29%.

Em estudo realizado em Nova Jersey (EUA)<sup>66</sup>, no qual foram analisados 755 cirurgias realizadas por residentes do terceiro ano, constatou-se uma taxa de conversão para FEC de 1,9%. A porcentagem de afacia nesse mesmo estudo foi de 3,6%, a de núcleo no vítreo foi de 0,7% e a de rotura de cápsula posterior foi de 6,7%. Em comparação, as taxas de complicações no presente estudo foram de: 2,86% de conversão para FEC em G1 e 1,43% em G2; 1,43% de afacia em G1 e zero em G2; 4,29% de núcleo no vítreo em G1 e 1,43% em G2 e 18,57% de rotura de cápsula em G1 e 10,00% em G2. Todas as taxas de complicações de G2 se aproximaram mais das taxas encontradas nesse estudo do que as taxas de G1, que foram mais altas. Importante ressaltar que, por se tratarem de residentes do terceiro ano, os alunos do estudo de Nova Jersey já haviam realizado, em média, 15 cirurgias de facoemulsificação previamente (sendo 5 no primeiro ano e 10 no segundo ano), diferente do presente estudo

em que foram analisadas as primeiras cirurgias de cada residente e que, também por esse motivo, teve uma amostra menor de cirurgias.

Quando se trata de complicações relacionadas à confecção da capsulorrexe, em estudo conduzido por Feudner et al<sup>8</sup> o treinamento prévio da confecção de capsulorrexe curvilínea contínua em simulador Eyesi<sup>®</sup> melhorou a performance de residentes em Oftalmologia e estudantes de Medicina na confecção da capsulorrexe em Wet Lab usando olhos de porcos. Da mesma forma, Privett et al<sup>9</sup> também encontraram vantagens no treinamento da capsulorrexe no Eyesi<sup>®</sup>, concluindo que o treinamento no simulador deve ser considerado no ensino de futuros cirurgiões de catarata.

No presente trabalho, por se tratar de um estudo retrospectivo, não foi possível determinar a taxa de complicações ao se confeccionar a capsulorrexe, já que esta, muitas vezes, não é anotada da descrição cirúrgica quando se consegue contornar o problema (através do resgate de uma capsulorrexe descontínua, por exemplo). É de suma importância a inclusão desse dado na descrição cirúrgica, mesmo quando o problema é contornado, já que serve como parâmetro da dificuldade ou não da realização desse passo. Os estudos retrospectivos são válidos para se introduzir algumas mudanças de comportamento da equipe cirúrgica, como a inclusão de dados importantes no prontuário que antes eram negligenciados.

Assim como Belyea et al constataram melhora do desempenho da facoemulsificação realizada por residentes em Oftalmologia que tiveram treinamento no simulador Eyesi<sup>®</sup>, observando menor número de complicações intraoperatórias, menor curva de aprendizado e redução de tempo e potência de faco em seu estudo<sup>7</sup>, também encontrou-se uma diminuição da porcentagem de complicações intraoperatórias no G2. Não foi possível a avaliação de critérios como tempo de cirurgia e potência de faco no presente estudo, pois não foram encontrados esses dados nas descrições cirúrgicas dos prontuários.

Apesar de haver uma redução da porcentagem de cada complicação intraoperatória no G2, o fato de que essa redução não foi significativa quando analisada individualmente cada complicação pode ter sido causado pelo tamanho pequeno da amostra no presente estudo. Quando analisado o número total de complicações, há uma redução significativa no G2, ou seja, aqueles residentes que tiveram a oportunidade de realizar treinamento prévio no

simulador Eyesi® tiveram, no total, menor número de complicações em suas primeiras cirurgias do que aqueles que não passaram pelo simulador. Além disso, praticamente todas as complicações analisadas se reduziram pela metade no G2, mostrando efeito muito positivo do treinamento prévio no simulador.

Pode-se observar que o modelo antigo de ensino cirúrgico através do ensino teórico, seguido de treinamento em laboratório, observação de cirurgiões mais experientes, realização de passos cirúrgicos mais simples e evolução para cirurgias mais complexas<sup>6,45-47</sup> tem sofrido modificações para que o residente adquira aperfeiçoamento de suas habilidades técnicas antes de sua entrada no centro cirúrgico.<sup>6,43,44</sup>

A realidade virtual tem sido grande aliada no ensino da facoemulsificação.<sup>6,45,47</sup> Em relação ao custo, já foi publicado na literatura estudo avaliando vários métodos de ensino da cirurgia de catarata por facoemulsificação concluindo que o Eyesi® é o método de simulação de cirurgia de catarata com melhor custo benefício<sup>12</sup> quando se considera somente o ensino da facoemulsificação. Além disso, os custos induzidos pelas complicações são mais elevados do que quando a cirurgia não tem complicações. E o resultado para o paciente, que é sempre o principal objetivo, é melhor, com maiores chances de redução da cegueira por catarata.

Dessa forma, a aquisição do simulador Eyesi® pela FMB - UNESP teve impacto importante no ensino da cirurgia de catarata demonstrado pelo menor número de complicações intraoperatórias nas cirurgias realizadas pelos R2 após treinamento prévio no simulador, impactando também na qualidade das cirurgias oferecidas a seus usuários.

O simulador da FMB- UNESP é o segundo deste tipo instalado no Brasil e o único a ser utilizado em uma universidade pública brasileira, até o momento. Esse é o primeiro estudo nacional acerca do uso do simulador Eyesi® no ensino da cirurgia de catarata por facoemulsificação.

As limitações desse estudo se devem a seu caráter retrospectivo que dificulta a avaliação de algumas variáveis não bem descritas nos prontuários. Um estudo prospectivo randomizado seria ideal para avaliação da influência do simulador no ensino da facoemulsificação. No entanto, diante das evidências demonstradas, não seria ético privar um

grupo de residentes dessa ferramenta de aprendizado, submetendo pacientes a riscos mais elevados.

Pelas mesmas questões éticas, seria ideal que todos os residentes em Oftalmologia tivessem acesso a essa tecnologia, já que ela existe e comprovadamente oferece maior segurança ao paciente.

## **7 CONCLUSÃO**

O treinamento prévio no simulador de cirurgia de catarata Eyesi® reduziu significativamente o número total de complicações intraoperatórias nas dez primeiras cirurgias de catarata por facoemulsificação realizadas por residentes de oftalmologia em treinamento.

## REFERÊNCIAS

1. Zingirian M. Concept – Cataract and other diseases of the crystalline lens. Itália: Scientifiche Angelini, 1985.
2. Conselho Brasileiro de Oftalmologia. Cegueira e baixa visão no Brasil. As condições de saúde ocular no Brasil, 2012.
3. Snellingen, T, Evans JR, Ravilla T, et al. Surgical interventions for age-related cataract. Cochrane Review, Cochrane Library, Oxford: Update software. Issue, 2002.
4. Webster R, Sassani J, Shenk R, Harris M, Gerber J, Benson A, et al. Simulating the continuous curvilinear capsulorhexis procedure during cataract surgery on the EYESI system. *Stud Health Technol Inform.* 2005; 111:592-5.
5. Carricondo PC. Análise dos custos e complicações da cirurgia de catarata realizada por residentes [tese doutorado]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, USP, 2010.
6. Belyea DA, Brown SE, Rayyoub LZ. Influence of surgery simulator training on ophthalmology resident phacoemulsification Performance. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37(10):1756-61.
7. Feudner EM, Engel C, Neuhann IM, Petermeier K, Bartz-Schmidt KU, Szurman P. Virtual reality training improves wet-lab performance of capsulorhexis: results of a randomized, controlled study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2009;247(7):955-63.
8. Privett B, Greenlee E, Rogers G, Oetting TA. Construct validity of a surgical simulator as a valid model for capsulorhexis training. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(11):1835-8.
9. Bergqvist J, Person A, Vestergaard A, Grauslund J. Establishment of a validated training programme on the Eyesi cataract simulator. A prospective randomized study. *Acta Ophthalmol.* 2014 Mar 11. doi: 10.1111/aos.12383.
10. Thomsen ASS, Smith P, Subhi Y, Cour M, Tang L, Saleh MG, Konge L. High correlation between performance on a virtual-reality simulator and real-life cataract surgery. *Acta Ophthalmol.* 2017; 95: 307–311.

11. Kiran Nandigam, MBA, Jonathan Soh, BS, William G. Gensheimer, MD, Ahmed Ghazi, MD, MSc, Yousuf M. Khalifa, MD. Cost analysis of objective resident cataract surgery assessments. *J Cataract Refract Surg.* 2015; 41:997–1003 Q 2015 ASCRS and ESCRS.
12. Rezende FF, Rezende F. Histórico/Anatomia Cirúrgica In: Rezende, F. *Cirurgia da catarata.* Rio de Janeiro. Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2010, 3ªEd, cap 1-2, p. 03-16.
13. Biaggi RH. Estudo comparativo da sensação dolorosa em pacientes submetidos à facoemulsificação com diferentes temperaturas da solução de irrigação ocular [dissertação de mestrado]. Ribeirão Preto: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, 2013.
14. Wolff E. *Anatomy of the Eye and Orbit.* 7 ed. Philadelphia: Saunders, 1976.
15. Dai E, Boulton ME. Basic Science of the Lens. In: Yanoff M, Duker JS. *Ophthalmology.* Third edition. Mosby: 2009, p. 381-393.
16. Kara-José N, Bicas HEA, Carvalho RS. *Cirurgia de catarata: necessidade social.* 1ªed. São Paulo: CeD Editora e Gráfica, 2008, p. 33-45.
17. Chylack Jr LT, Wolfe JK, Singer DM et al. The Lens Opacities Classification System III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol.* 1993, v.111, nº6, p. 831-836.
18. Sharwood PL, Thomas D, Roberts TV. Adverse medical events associated with cataract surgery performed under topical anaesthesia. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2008 Dec;36(9):842-6.
19. Minassian, D C. Epidemiological methods in prevention of blindness. *Eye,* 2 suppl: 1988, S3-S12.
20. Wormald, R. Cataract surgery - quantity and quality. *British Journal of Ophthalmology.* 1999, 83: 889-891.
21. Daviel J. Sur une nouvelle methode de guerir la cataracte par l'extraction du cristallin. *Mem Acad Roy Chir (Paris).* 1753, v.2, p.337.
22. Webster R, Sassani J, Shenk R, Harris M, Gerber J, Benson A, et al. Simulating the continuous curvilinear capsulorhexis procedure during cataract surgery on the EYESI system. *Stud Health Technol Inform.* 2005; 111:592-5.
23. Blodi FC. Cataract surgery. In: Albert DM, Edwards DD. *History of Ophthalmology.* London: Blackwell. 1996, p. 165-75.

24. Barraquer J, Canadell JM. Enhancing effect of corticotrophin upon exophthalmos produced by thyrotrophic hormone. *Am J Ophthalmol.* 1959, v.48, p.803-807.
25. Krwawicz T. Intracapsular extraction of intumescent cataract by application of low temperature. *Br J Ophthalmol.* 1961, v.45, nº 4, p.279-283.
26. Simcoe CW. Manual extracapsular cataract extraction. In: Engelstein JM. *Cataract surgery current options and problems.* Orlando: Grune and Stratton.. 1984, p. 257-67.
27. Ridley H. The history of lens implantation. In: Rosen et al. *Intraocular lens implantation.* St Louis: C.V. Mosby: 1984, p.37-42.
28. Apple DJ, Sims J. Harold Ridley and the intervention of the intraocular lens. *Surv Ophthalmol.* 1996 Jan-Feb;40(4):279-92.
29. Kelman CD. Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol.* 1967, v.64, nº1, p.23-35.
30. Faria MR. O aparelho de facoemulsificação. In: Rezende F. *Cirurgia da Catarata.* Rio de Janeiro. Cultura Médica, 2ª ed, 2000, cap.22, p.187-194.
31. Seibel BS. *Phacodynamics, mastering the tools and techniques of phacoemulsification surgery.* Thorofare: Slack Inc., 1995
32. Smith JS. *Sutureless Cataract Surgery: Principles and Steps.* Community Eye Health. 2003; 16(48): 49–53.
33. Ashwin PT, Shah S, Wolffsohn JS. Advances in cataract surgery. *Clin Exp Optom.* 2009 Jul;92(4):333-42.
34. Carneiro AJ, Passos D, Toledo RML, Pimenta DS. *Complicações peroperatórias.* In: Arieta CEL, Faria MAR. *Cristalino e Catarata.* 3. Ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2013.
35. Marques FF, Marques DM, Osher RH, Osher JM. Fate of anterior capsule tears during cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(10):1638-42
36. Gimbel HV, Sun R, Ferensowicz M, et al. Intraoperative management of posterior capsule tears in phacoemulsification and intraocular lens implantation. *Ophthalmology.* 2001; 108:2186–9.
37. Ang GS, Whyte IF. Effect and outcomes of posterior capsule rupture in a district general hospital setting. *J Cataract Refract Surg.* 2006; 32:623–7.

38. Barreto Jr J, Primiano Jr H, Espíndola RF, Germano RAS, Kara Jr N. Cirurgia de catarata realizada por residentes: avaliação dos riscos. *Revista Brasileira de Oftalmologia*. 2010, v.69, n.5, p.301-305.
39. Leach DC. Evaluation of competency: na ACGME perspective. Accreditation Council for Graduate Medical Education. *Am J Phys Med Rehabil*. 2000 Sep-Oct;79(5):487-9.
40. Fisher JB, Binenbaum G, Tapino P, Volpe NJ. Development and face and content of na eye surgical skills assesment test for ophtalmology residentes. *Ophtalmology*. 2006 Dec;113(12):2464-70.
41. Feldman LS, Cao J, Andalib A, Fraser S, Fried GM. A method to characterize the learning curve for the performance of a fundamental laparoscopic simulator task: defining “learning plateau” and “learning rate”. *Surgery*. 2009 Aug;146(2):381-6.
42. Derossis AM, DaRosa DA, Dutta S, Dunnington GL. A ten-year analysisof surgical education research. *Am J Surg*. 2000 Jul;180(1):58-61.
43. Scott DJ, Goova MT, Tesfay ST. A cost-effective proficiency-based knot-tying and suturing curriculum for residency programs. *J Surg Res*. 2007 Jul;14(1):7-15.
44. Choi KS, Soo S, Chung FL. A virtual training simulator for learning cataract surgery with phacoemulsification. *Comput Biol Med*. 2009 Nov;39(11):1020-31.
45. Dankelman J, Chmarra MK, Verdaasdonk EG, Stassen LP, Grimbergen CA. Fundamental aspects of learning minimally invasive surgical skills. *Minim Invasive Ther Allied Technol*. 2005;14(4)247-56.
46. Laurell CG, Soderberg P, Nordth L, Skaman E, Nordqvist P. Computer-simulated phacoemulsification. *Ophtalmology*. 2004 Apr;111(4):693-8.
47. Tarbet KJ, Mamalis N, Theurer J, et al. Complications and results of phacoemulsification performed by residents. *J Cataract Refract Surg*. 1995;21:661–5.
48. Carvalho JA. Oftalmologia e realidade virtual. *Rev Bras Oftalmol*. 2012;71(1):40-7.
49. Rezende F, Bisol RAR, Tiago Bisol T, Rezende FA. Simulador cirúrgico e realidade virtual no ensino de cirurgia de catarata *Rev Bras Oftalmol*. 2012; 71 (3): 147-8.
50. Goodman, LA. Simultaneous confidence intervals for contrasts among multinomial populations. *Annals of Mathematical Statistics*. 1964, v.35, n.2, p.716-725.
51. Lee JS, Hou CH, Yang ML, Kuo JZ, Lin KK. A diferente approach to assess residente phacoemulsification learning curve: analysis of both completion and complication rates. *Eye*. 2009, Mar;23(3):683-7.

52. Badoza DA, Jure T, Zunino LA, Argento CJ. State-of-the-art phacoemulsification performed by residentes in Buenos Aires, Argentina. *J Cataract Refract Surg.* 1999 Dec;25(12):1651-5.
53. Corey RP, Olson RJ. Surgical outcomes of cataract extractions performed by residentes using phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 1998 Jan;24(1):66-72.
54. Robin AL, Smith SD, Natchiar G, Ramakrishnan R, Srinivasan M, Raheem R, et al. The initial complication rate of phacoemulsification in India. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1997 Oct;38(11):2331-7.
55. Unal M, Yücel I, Sarici A, Artunay O, Devranoglu K, Akar Y, Altin M. Phacoemulsification with topical anesthesia: Resident experience. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(8):1361- Comment in: *J Cataract Refract Surg.* 2007;33(5):755; author reply 755-6.
56. Bhagat N, Nissirios N, Potdevin L, Chung J, Lama P, Zarbin MA, et al. Complications in resident-performed phacoemulsification cataract surgery at New Jersey Medical School. *Br J Ophthalmol.* 2007;91(10):1315-7.
57. Randleman JB, Wolfe JD, Woodward M, Lynn MJ, Cherwek DH, Srivastava SK. The residente surgeon phacoemulsification learning curve. *Arch Ophthalmology.* 2007 Sep;125(9):1215-9.
58. Allinson RW, Metrikin DC, Fante RG. Incidence of vitreous loss among third-year residentes performing phacoemulsification. *Ophthalmology.* 1992 May;99:726-30.
59. Blomquist PH, Rugwani RW. Visual outcomes after vitreous loss during cataract surgery performed by residentes. *J Cataract Refract Surg.* 2002 May;28(5):847-52.
60. Corey RP, Olson RJ. Surgical outcomes of cataract extractions performed by residents using phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg.* 1998;24(1):66-72.
61. Tarbet KJ, Mamalis N, Theurer J, Jones BD, Olson RJ. Complications and results of phacoemulsification performed by residents. *J Cataract Refract Surg.* 1995;21(6):661-5.
62. Sappenfield DL, Driebe WT Jr. Resident extracapsular cataract surgery: results and a comparison of automated and manual techniques. *Ophthalmic Surg.* 1989;20(9):619-24.

63. Kara-José Jr N, Avakian A, Lower LMT, Rocha AM, Cursino M, Alves MR.  
Facoemulsificação versus extração extracapsular manual do cristalino: análise de custos. *Arq Bras Oftalmol.* 2004;67(3):481-9.
64. Pingree MF, Crandall AS, Olson RJ. Cataract surgery complications in 1 year at an academic institution. *J Cataract Refract Surg.* 1999;25:705–8.
65. Bhagat N, Nissirios N, Potdevin L, Chung J, Lama P, Zarbin MA, Fechtner R, Guo S, Chu D, Langer P. Complications in resident-performed phacoemulsification cataract surgery at New Jersey Medical School. *Br J Ophthalmol.* 2007;91(10):1315-1317