

## Table des matières

RÉSUMÉ .....	III
ABSTRACT .....	IV
LISTE DES TABLEAUX .....	VII
LISTE DES FIGURES.....	VIII
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	IX
REMERCIEMENTS .....	X
AVANT-PROPOS .....	XI
INTRODUCTION .....	1
<i>L'opacification de la capsule postérieure</i> .....	1
<i>Capsulotomie au laser Nd-YAG</i> .....	6
<i>Complications</i> .....	8
<i>Vitrectomie</i> .....	9
ARTICLE .....	13
<i>Résumé</i> .....	14
<i>Abstract</i> .....	16
<i>Introduction</i> .....	17
<i>Objectifs</i> .....	18
<i>Méthodologie</i> .....	19
<u>Devis de recherche et population à l'étude</u> .....	19
<u>Critères d'exclusion et d'inclusion</u> .....	19
<u>Variables et mesures</u> .....	20
<u>Considérations éthiques</u> .....	21

<u>Analyses statistiques</u> .....	22
<b>Résultats</b> .....	24
<u>Caractéristiques de la population</u> .....	24
<u>Complications post-capsulotomie au laser Nd-YAG</u> .....	28
<u>Exploration du lien entre les variables</u> .....	30
<b>Discussion</b> .....	33
<b>CONCLUSION</b> .....	39
<b>DIVULGATION</b> .....	41
<b>RÉFÉRENCES</b> .....	42
<b>ANNEXES</b> .....	46

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b>	Données démographiques et chirurgicales des patients
<b>Tableau 2</b>	Intervalle de progression de l'opacification de la capsule postérieure
<b>Tableau 3</b>	Paramètres per-traitement par capsulotomie au laser Nd-YAG
<b>Tableau 4</b>	Acuité visuelle pré et post-capsulotomie au laser Nd-YAG
<b>Tableau 5</b>	Comparaison de la fréquence de survenue des complications
<b>Tableau 6</b>	Estimé de la moyenne des différences entre les mesures des cohortes d'appartenance lors de la réalisation d'un modèle de régression à mesures répétées effectué pour différentes variables d'intérêt.

## Liste des figures

- Figure 1** Représentation schématique du sac capsulaire à la suite de la chirurgie de la cataracte et de la prolifération extensive et migration de cellules épithéliales du cristallin résultant en la survenue de l'opacification de la capsule postérieure.
- Figure 2** Capsulotomie au laser Nd-YAG : motif circulaire et motif croisé.
- Figure 3** Procédure chirurgicale de la vitrectomie en contexte de membrane épirétinienne A. Vitrectomie, B. Retrait du vitré périphérique relâchant toutes tractions antéropostérieures de la membrane épirétinienne, C. Segmentation de la membrane épirétinienne, D. La segmentation a été complétée et l'endophotocoagulation panrétinienne est appliquée.
- Figure 4** Distribution de la pression intraoculaire pré et post-capsulotomie.
- Figure 5** Indicateurs d'interaction entre la cohorte d'appartenance – Cataracte et Cataracte-Vitrectomie – et les variables d'ajustement; **a.** l'âge, **b.** le statut diabétique, **c.** la dioptrie et **d.** le polissage de la capsule postérieure.

## Liste des abréviations

AV	Acuité visuelle
AINS	Anti-inflammatoire non stéroïdien
CEVQ	Centre d'excellence sur le vieillissement de Québec
CUO	Centre Universitaire d'Ophtalmologie
C	Cohorte traitée par chirurgie de la cataracte simple
CV	Cohorte traitée par chirurgie de la cataracte et vitrectomie
IC	Intervalle de confiance
LIO	Lentille intraoculaire
Nd-YAG	Neodymium-doped: Yttrium Aluminum Garnet
OCP	Opacification de la capsule postérieure
OMS	Organisation mondiale de la santé
PMMA	Poly-méthyl-méthacrylate
SCO	Société canadienne d'Ophtalmologie

## Remerciements

Je tiens à remercier les personnes qui ont collaboré, de façon directe ou indirecte, à la réalisation de ce projet de maîtrise.

Tout d'abord, je remercie Dre Marie-Josée Fredette qui m'a offert l'opportunité de travailler au sein des équipes de recherche du Centre d'excellence sur le vieillissement de Québec (CEVQ) et du Centre Universitaire d'Ophtalmologie (CUO) du CHU de Québec. Dre Fredette a su stimuler ma curiosité scientifique à travers sa rigueur scientifique, sa générosité par l'entremise des pistes de réflexion proposées, son expertise clinique et son intérêt à l'avancement des connaissances qui ont bien évidemment enrichi la qualité des travaux contenus dans ce mémoire.

Ce projet n'aurait pu se réaliser sans l'implication et la collaboration exceptionnelle de Dre Béatrice Des Marchais, ainsi que Dr René Verreault, qui m'ont brillamment guidée dans la poursuite de mon cheminement. Par ses judicieux conseils, sa très grande disponibilité, son énergie et sa passion, Dre Des Marchais a été sans conteste un mentor de premier plan dans mon développement professionnel. Je suis également extrêmement reconnaissante de la confiance qu'elle m'a témoignée en m'offrant l'opportunité de participer à un congrès d'envergure en ophtalmologie.

Également, j'aimerais souligner l'implication essentielle des professionnels de recherche du CEVQ et du CUO du CHU de Québec qui m'ont accompagnée à travers l'avancement de mes travaux de recherche. J'ai eu l'opportunité de profiter de l'expertise statistique de Pierre-Hugues Carmichael ainsi que de la contribution des infirmières de recherche au département d'ophtalmologie. Je voudrais souligner l'apport de Andrée-Ann et Mathilde, toutes deux collaboratrices et étudiantes en médecine au moment de la saisie parallèle des données. Aussi, un mot de remerciement aux rétino-logues œuvrant à l'Hôpital du Saint-Sacrement du CHU de Québec pour leur contribution au projet.

Je tiens à remercier le Centre d'excellence sur le vieillissement de Québec (CEVQ) ainsi que la Faculté de Médecine de l'Université Laval pour leurs soutiens financiers durant mes études graduées et mes expériences de diffusion scientifique.

En terminant, je remercie tout spécialement mes proches pour leur support et leur encouragement à travers les défis et les apprentissages inhérents à la recherche et au domaine de l'ophtalmologie.

## Avant-propos

L'article contenu dans ce mémoire de maîtrise n'a pas été soumis pour publication jusqu'à présent.

En collaboration avec les membres des équipes de recherche du CEVQ et du CUO du CHU de Québec, Audrey-Anne Guay, étudiante au programme MD/M.Sc. en épidémiologie clinique à l'Université Laval et auteure du présent mémoire, a contribué à la recension et la synthèse des écrits scientifiques, l'élaboration du protocole de recherche, la collecte des données ainsi que l'analyse des résultats.

Les résultats préliminaires ont été diffusés à l'occasion de la Journée Annuelle d'Ophtalmologie à l'Université Laval. Également, les résultats dans ce mémoire ont fait l'objet d'une présentation orale lors d'un congrès international de la *European Society of Cataract & Refractive Surgeons* (ESCRS) en février 2017 à Maastricht aux Pays-Bas.

Agissant à titre de directrice de recherche, Béatrice Des Marchais, MD, FRCSC, M.Sc., est affiliée au Département d'ophtalmologie et d'ORL-CCF de la Faculté de médecine de l'Université Laval ainsi qu'au Centre universitaire d'ophtalmologie de l'Hôpital du Saint-Sacrement de Québec. En tant que co-directeur, René Verreault, MD, Ph.D., est affilié au Département de médecine sociale et préventive de la Faculté de médecine de l'Université Laval. Tous deux affiliés au Centre de recherche du CHU de Québec, ils ont participé à la révision, la correction et la bonification des différentes versions de ce mémoire.

Pierre-Hugues Carmichael, statisticien au CEVQ, a également contribué de façon significative à l'analyse statistique des données.



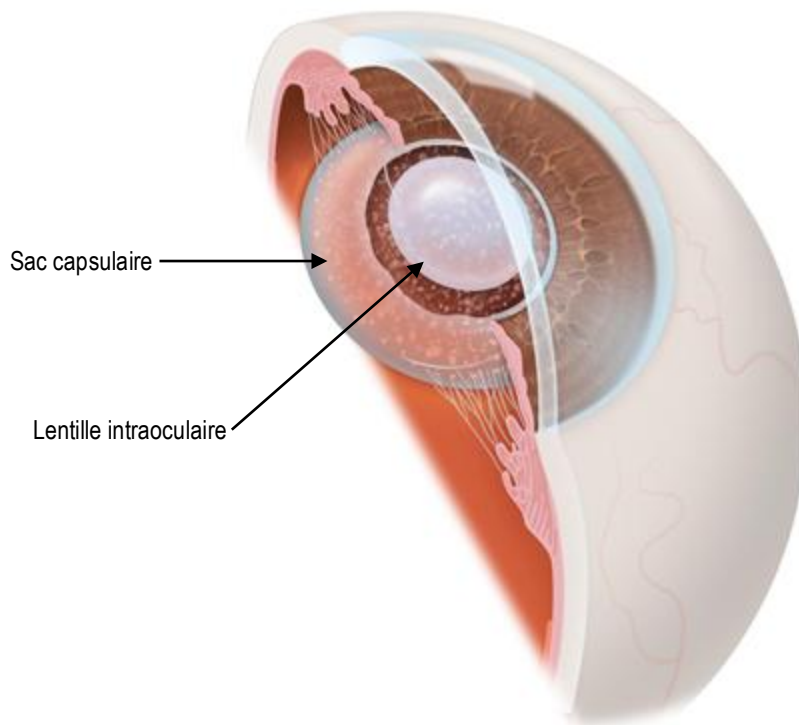


## Introduction

La demande pour une chirurgie de la cataracte fera un bond marqué au courant des 25 prochaines années. Au Canada, une augmentation de la prévalence de cataractes de l'ordre de 90 % est anticipée d'ici 2031 (projection de 2006), en raison des changements démographiques<sup>1</sup>. Parmi les changements démographiques évoqués, le vieillissement de la population contribuera grandement à l'accroissement du nombre de chirurgies de la cataracte<sup>2</sup>. L'Institut national de santé publique du Québec rapporte que 31,6 % de la population québécoise de 65 ans et plus qui ont une cataracte et qui vivent en ménages privés ont besoin d'aide pour la réalisation de leurs activités de la vie quotidienne<sup>3</sup>. En raison de l'abaissement du seuil chirurgical secondaire à l'amélioration des techniques et des résultats chirurgicaux, une prise en charge optimale de la cataracte à travers une meilleure connaissance des complications possibles découlant de cette chirurgie est primordiale.

### L'opacification de la capsule postérieure

Dans les cinq années suivant la chirurgie de la cataracte par phacoémulsification, 20 % à 40 % des patients développent une opacification notable de leur capsule postérieure, soit la capsulose<sup>4</sup>. La capsulose, ou l'opacification de la capsule postérieure (OCP), est la complication la plus fréquente à la suite d'une chirurgie de la cataracte<sup>5</sup>. Les cellules épithéliales du cristallin demeurées en place, à la suite de l'extraction de la cataracte, poursuivent leur croissance et prolifèrent, adoptant une apparence globuleuse, les perles d'Elschnig, ou une apparence de fibrose capsulaire<sup>6</sup>. Il peut alors s'en suivre une baisse considérable de l'acuité visuelle. Bien que les symptômes occasionnés par l'OCP soient habituellement légers, ils demeurent généralement incommodants pour le patient. La capsulose peut également s'accompagner de symptômes tels que la diplopie monoculaire et l'éblouissement, et peut survenir en raison de la contraction des myofibroblastes, des cellules différenciées du cristallin, qui entraînent la formation de plis sur la capsule<sup>6</sup> (**Figure 1**).



**Figure 1.** Représentation schématique du sac capsulaire à la suite de la chirurgie de la cataracte et de la prolifération extensive et migration de cellules épithéliales du cristallin résultant en la survenue de l'opacification de la capsule postérieure. *Source AAO.*

Le traumatisme chirurgical déclenche une réaction de cicatrisation provoquant des changements dans le potentiel de signalisation des cellules du cristallin. Les voies de signalisation impliquées dans le développement de l'OCP reposent sur un processus complexe, médié par les cytokines, qui permet aux cellules épithéliales du cristallin d'adhérer, de proliférer et de migrer au sein du sac capsulaire et, ultimement à la surface de la lentille intraoculaire (LIO). Les cellules épithéliales du cristallin ont un potentiel de conversion en myofibroblastes. Ces cellules différenciées du cristallin entraînent une contraction de la matrice de collagène au niveau de la capsule postérieure. Dans les cas les plus sévères, la contraction des cellules est associée à une décentration de la LIO et dans certains cas de fibrose excessive, à une luxation (déplacement) de la LIO. L'OCP peut entraîner des changements au niveau du statut réfractif du patient<sup>7,8</sup>.

L'inhibition pharmacologique de cette cascade d'évènements cellulaires semble une avenue cruciale dans la prévention de l'OCP<sup>8</sup>. Également, des niveaux élevés de cytokines au cours de la période postopératoire inflammatoire accélèrent la prolifération des cellules épithéliales du cristallin<sup>9</sup>.

En 1996, un groupe de chercheurs a réalisé une étude dans laquelle la capsule antérieure du cristallin était prélevée au cours de la chirurgie de la cataracte et par la suite instaurée dans un milieu de culture afin de quantifier les mitoses et la synthèse de collagène<sup>10</sup>. Cette étude avait, à ce moment, permis de mettre en lumière certaines cytokines impliquées dans les voies (autocrines et paracrines) de prolifération des cellules résiduelles du cristallin. L'élucidation du rôle de ces cytokines représente un élément central dans le développement de prophylaxie pharmacologique inhibant la prolifération cellulaire et, ultimement, la survenue d'opacification de la capsule postérieure.

Actuellement, aucune méthode ne permet de prédire la survenue ou non d'une opacification de la capsule postérieure secondairement à la chirurgie de la cataracte. Certaines caractéristiques liées au patient, à la chirurgie et à la lentille pourraient influencer la prolifération cellulaire<sup>4</sup>.

L'âge apparaît comme un facteur déterminant dans le développement de l'opacification de la capsule postérieure. Notamment, au sein de la clientèle pédiatrique, le développement de la capsulose survient dans une proportion variant de 43,7% à 100%, à la suite de la chirurgie de la cataracte. Ce taux d'incidence élevé reflète le potentiel prolifératif supérieur des cellules épithéliales du cristallin en bas âge<sup>11</sup>.

Selon une étude réalisée par Elgohary et ses collaborateurs (2006), le diabète exercerait un effet protecteur en étant associé à une plus faible incidence, ainsi qu'à une diminution du risque de capsulotomie au laser Nd-YAG (acronyme du nom anglais : *neodymium-doped yttrium aluminium garnet*)<sup>12</sup>. La plus faible densité des cellules épithéliales du cristallin demeurées dans le sac capsulaire chez les patients diabétiques, à la suite de la chirurgie de la cataracte, expliquerait le fondement biologique d'un plus faible taux d'opacification de la capsule postérieure<sup>13</sup>. Toutefois, la présence d'une rétinopathie chez un patient diabétique aurait pour effet, dans certains cas, de réduire le seuil d'indication de l'ophtalmologiste en vue de la réalisation de la capsulotomie au laser Nd-YAG et, ainsi permettre une meilleure visualisation du pôle postérieur.

La relation entre le genre féminin et la capsulotomie au laser Nd-YAG demeure à préciser et semble difficile à expliquer. Culturellement, les femmes rechercheraient davantage rapidement à obtenir un avis médical relativement aux symptômes éprouvés que les hommes<sup>14</sup>.

À l'opposé, un effet protecteur des œstrogènes freinerait la transformation des facteurs de croissance (TGF-beta), impliqués dans la différenciation cellulaire et la formation d'une matrice extracellulaire favorable au développement de la capsulose<sup>15,16</sup>. Le genre masculin serait ainsi prédisposé au développement de l'OCP et bénéficierait davantage du recours à la capsulotomie au laser Nd-YAG, selon l'hypothèse hormonale<sup>17</sup>.

Les patients ayant des antécédents d'inflammation intraoculaire seraient davantage prédisposés au développement de la capsulose<sup>18</sup>. Toutefois, il ne semble pas y avoir de lien entre l'utilisation prolongée de corticostéroïdes topiques ou d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) et la survenue de l'OCP<sup>19</sup>.

Certaines techniques lors de la chirurgie de la cataracte figurent parmi la liste des méthodes diminuant l'apparition de la capsulose. La réalisation d'une ouverture circulaire et continue au niveau de la capsule antérieure du cristallin (capsulorhexis) retarderait l'apparition de l'OCP en facilitant le mécanisme de fusion entre la capsule et la lentille intraoculaire.

La qualité du lavage cortical lors de la chirurgie de la cataracte relève d'une grande importance, d'autant plus lorsque cette dernière est réalisée conjointement à une rigoureuse hydrodissection. Cette dernière technique repose sur la séparation du sac capsulaire du cortex superficiel et du noyau (tous deux des composantes anatomiques du cristallin) grâce à une solution isotonique à pH physiologique (*BSS – Balance Salt Solution*), facilitant le retrait du matériel cortical, ainsi que des cellules épithéliales<sup>20,21</sup>. Les études ont démontré que l'hydrodissection est une méthode efficace, pratique et peu coûteuse pour l'élimination du cortex, mais à elle seule, elle n'élimine pas complètement les cellules épithéliales du cristallin.

Les techniques d'irrigation-aspiration, ainsi que le polissage manuel de la capsule antérieure et postérieure ont particulièrement suscité l'intérêt de la communauté scientifique d'ophtalmologie<sup>22-25</sup>. Les auteurs impliqués ont rapporté des conclusions divergentes à propos du rôle des cellules épithéliales résiduelles sur le développement de l'opacification de la capsule postérieure. Selon un premier groupe d'auteurs, l'aspiration des cellules épithéliales du cristallin réduirait le nombre de

patients ayant recours à la capsulotomie laser<sup>26</sup>. Cette technique serait également associée à une réduction de l'OCP, mais n'éliminerait pas complètement cette complication, selon un second groupe de chercheurs<sup>27</sup>. Par conséquent, l'aspiration de même que le polissage de la capsule peuvent retarder l'apparition du PCO, mais le bénéfice à long terme est limité<sup>28</sup>. De plus, l'aspiration de la capsule équatoriale s'est avérée associée à un temps opératoire augmenté et à un traumatisme supplémentaire ainsi qu'au risque de déchirure de la capsule, endommageant le support capsulaire de l'implant IOL<sup>29,30</sup>.

La décentration de la LIO, la décentration du capsulorhexis, une déchirure dans la capsule ou une insuffisance des zonules seraient des facteurs favorables à la formation de l'OCP<sup>31</sup>.

Le design de la lentille apparaît comme l'un des facteurs déterminants en ce qui a trait à la prévention de cette complication<sup>32</sup>. L'utilisation d'une lentille intraoculaire de design « *sharp-edge* » est associée à un développement moindre de capsulose que l'utilisation d'une lentille intraoculaire de design « *round-edge* ». Des études histopathologiques ont montré que le rebord carré de ces lentilles agirait comme un obstacle physique induisant l'inhibition des mouvements cellulaires<sup>33</sup>. De plus, l'efficacité de cette barrière est accrue lorsque le rebord de la lentille est carré sur ses 360 degrés<sup>34</sup>.

L'angulation des haptiques (anses disposées à stabiliser et positionner la LIO) réduirait également l'incidence de l'OCP en créant une pression de gradient au niveau de la capsule postérieure. Toutefois, le matériel composant la lentille intraoculaire n'aurait qu'un effet restreint sur l'opacification de la capsule postérieure. Les lentilles intraoculaires composées de matériel acrylique hydrophobe offriraient une protection supérieure contre l'OCP, suivies par celles composées de silicone, puis de PMMA (poly-méthyl-méthacrylate) ; alors que les lentilles intraoculaires composées de matériel hydrogel entraîneraient une incidence accrue d'opacification de la capsule postérieure<sup>31</sup>.

Les innovations réalisées dans l'élaboration du design des lentilles intraoculaires permettent certainement un meilleur contrôle du risque d'opacification de la capsule postérieure comme le supporte une revue systématique Cochrane réalisée en 2010<sup>32</sup>. Cependant, des chercheurs autrichiens ont rapporté la perte progressive sur une période de dix ans de cet effet barrière préventif

du design de la lentille intraoculaire sur la survenue de l'opacification de la capsule postérieure<sup>35</sup>. L'accroissement de l'espérance de vie, ainsi que la réalisation de chirurgies de la cataracte chez une population plus jeune rendent nécessaires le recours et le développement de méthodes préventives alternatives. En ce sens, Wertheimer et ses collaborateurs ont récemment évalué l'effet d'un agent pharmacologique, un inhibiteur de la phosphoinositide-3-kinase, pour réduire l'opacification de la capsule postérieure dans un modèle humain de sac capsulaire<sup>36</sup>. La toxicité des agents pharmacologiques au niveau des tissus oculaires et l'absence de connaissances sur l'efficacité à long terme de ces molécules représentent cependant des inconvénients cliniques notables<sup>7</sup>. Ces molécules qui ont pour but d'apporter des modifications pharmacologiques à la lentille intraoculaire se veulent des avancées prometteuses pour le futur.

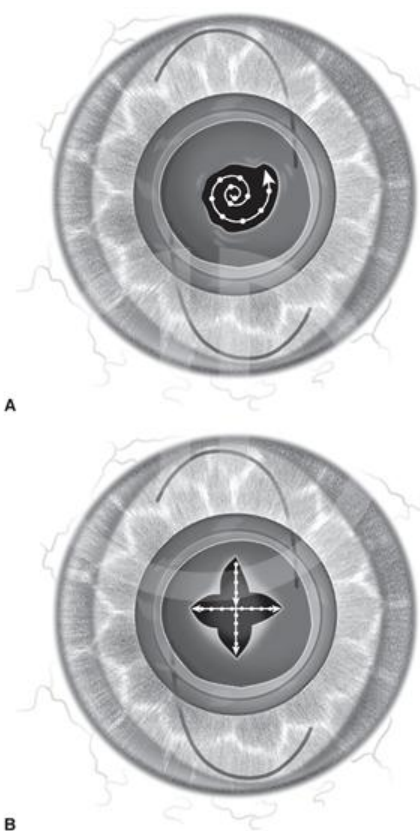
### **Capsulotomie au laser Nd-YAG**

La capsulotomie au laser Nd-YAG constitue la procédure standard dans le traitement de l'opacification de la capsule postérieure. La capsulotomie est une procédure réalisée en clinique externe. Elle n'occasionne aucune douleur au patient et permet au chirurgien de couper et manipuler les structures intraoculaires pour une variété de problèmes postopératoires. Plus spécifiquement à la capsulose, la capsulotomie permet la création d'une ouverture de la capsule postérieure du cristallin dégageant ainsi l'axe visuel. De cette façon, l'intervention procure une amélioration rapide de l'acuité visuelle en plus de dissiper les symptômes tels que la vision floue, la diplopie et l'éblouissement<sup>37</sup>. Avant de procéder à ce type d'intervention, une évaluation ophtalmologique minutieuse doit s'effectuer dans le but de s'assurer que l'opacification est responsable de la baisse d'acuité visuelle. De plus, d'autres pathologies du segment postérieur pourraient être masquées par la capsule opacifiée.

Au cours de l'intervention, le laser Nd-YAG émet une lumière infrarouge de longueur d'onde de 1064 nm et brise la capsule à l'aide d'une onde de pression sans transfert de chaleur ni d'impact<sup>37</sup>. Ce procédé se nomme la photodisruption. Plus précisément, les atomes de néodyme intégrés dans un grenat d'yttrium et d'aluminium (YAG), un solide cristallin, sont pompés par une lampe au xénon. Le seuil énergétique utilisé afin de percer la capsule postérieure se situe généralement entre 0,8 mJ et

2,0 mJ. L'emploi de la plus basse énergie possible permet de préserver intacte la face antérieure du vitré<sup>18</sup>. La capsule œuvre à titre de barrière physiologique entre la chambre antérieure et la chambre postérieure. Un bris au niveau de cette membrane augmente les risques de décollement du vitré postérieur, de décollement de la rétine, d'œdème maculaire et de néo-vascularisation du segment antérieur.

Le centre de l'axe visuel est le site désiré pour l'ouverture de la capsule postérieure (3-4mm de diamètre). Pour y parvenir, différents motifs d'incision sont employés (**Figure 2**). Bien que la persistance de corps flottants ait été notée pour le motif circulaire, il s'agit du modèle le moins susceptible de se prolonger radialement, réduisant ainsi les risques de dislocation de la lentille post-capsulotomie. Enfin, dans le but de contrôler l'inflammation induite par l'intervention laser, un anti-inflammatoire sous forme de gouttes peut être administré au patient une fois le traitement complété.



**Figure 2.** Capsulotomie au laser Nd-YAG A. Motif circulaire et B. Motif croisé. *Source : Gralapp, AAO*

## Complications

Plusieurs complications sont susceptibles de survenir à la suite d'une capsulotomie au laser Nd-YAG, notamment, une augmentation de la pression intraoculaire (4,5% à 2,7 ans), un décollement de la rétine (0,5 à 3,6%), un œdème maculaire kystique (0,7 à 4,9%) dont certains ne sont visibles qu'à l'imagerie et ne présente que peu d'impact clinique, des dommages sur la lentille intraoculaire (4 à 40%), une hémorragie de l'iris (1 à 5%), un œdème de la cornée (*fréquence non répertoriée*) et une fermeture de la capsule (0,7%)<sup>37</sup>.

L'augmentation de la pression intraoculaire à long terme a été associée de façon statistiquement significative à une augmentation de pression intraoculaire une heure après le traitement laser<sup>38</sup>. La physiopathologie associée à cette complication est bien documentée et plusieurs mécanismes sont proposés. Des débris et des cellules inflammatoires relâchés au cours de la capsulotomie pourraient obstruer le trabéculum et réduire la capacité de drainage de l'humeur aqueuse<sup>39</sup>. Une augmentation du nombre de particules aqueuses<sup>40</sup> et un mouvement antérieur du vitré entraînant un bloc pupillaire<sup>41</sup> ont également été évoqués comme mécanismes causaux. Également, les traitements de stéroïdes donnés comme anti-inflammatoire suite au laser peuvent entraîner une hypertonie en réponse aux stéroïdes.

Une étude transversale<sup>42</sup>, réalisée au Pakistan, a tenté d'estimer l'association entre le niveau d'énergie laser utilisé et la variation de la pression intraoculaire. Khan et Waseem (2010), ont observé une augmentation moyenne de  $3,83 \pm 1,84$  mmHg de la pression intraoculaire dans la catégorie faible énergie et une augmentation moyenne de  $5,51 \pm 1,58$  mmHg dans la catégorie haute énergie ( $p < 0,001$ ). Les catégories d'exposition n'étaient cependant pas mutuellement exclusives.

Les dommages infligés au vitré durant la capsulotomie sont largement responsables de la diminution de l'efficacité de la barrière protectrice naturelle contre le décollement de la rétine. Outre l'utilisation d'une grande énergie laser, le diamètre de l'ouverture créée dans la capsule postérieure semble contribuer au risque accru de décollement de la rétine<sup>43-45</sup>. D'autres complications, telles que des dommages à la lentille intraoculaire, une hémorragie de l'iris et un œdème de la cornée, suivant la capsulotomie au laser Nd-YAG ont été suspectées dans la littérature médicale sans rapporter d'association statistiquement significative en raison de tailles d'échantillon trop faibles.

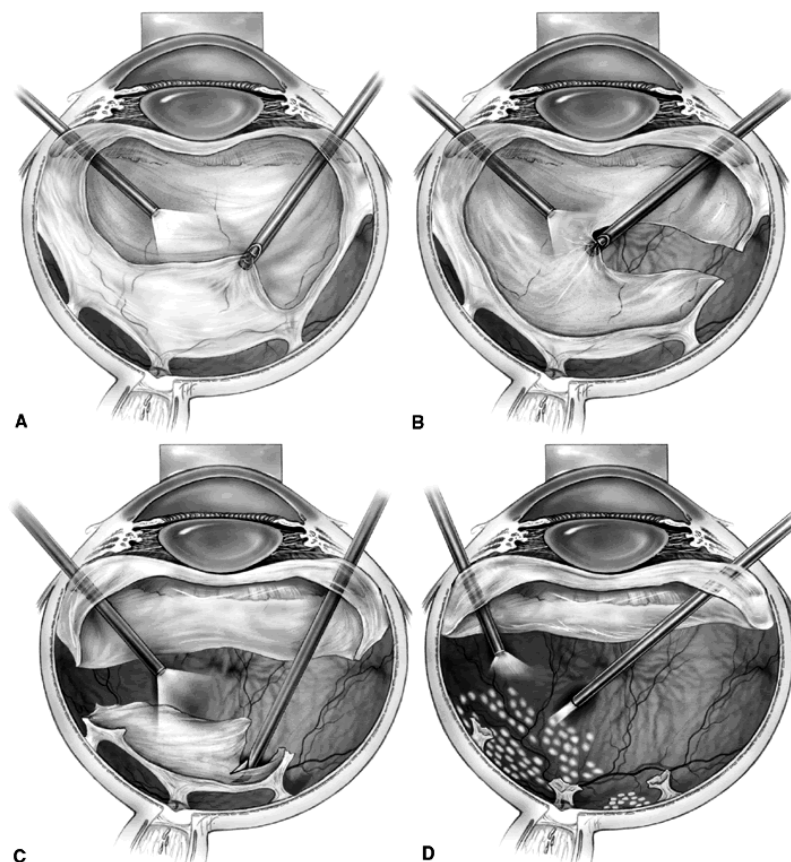


Ari et ses collaborateurs (2012) ont décrit la survenue de complications en fonction du niveau d'énergie laser (mJ) utilisé lors de l'intervention. Au cours de cet essai clinique, l'emploi de la plus basse énergie possible a diminué significativement la durée et la sévérité des complications telles que l'augmentation de la pression intraoculaire et la présence d'œdème maculaire bien qu'elle n'ait pas empêché leur survenue<sup>46</sup>. Les niveaux d'énergie laser utilisés dans cette étude turque sont toutefois beaucoup plus élevés que ceux généralement employés en territoire canadien.

### **Vitrectomie**

La formation et la progression de la cataracte surviennent également à la suite d'une chirurgie intraoculaire comme la vitrectomie.

La vitrectomie constitue une procédure chirurgicale qui implique le retrait du vitré du pôle postérieur de l'œil (**Figure 3**). Les indications chirurgicales sont multiples, notamment le trou maculaire, la traction vitréo-maculaire, l'hémorragie du vitré, le décollement tractionnel ou rhégmato-gène de la rétine et la présence d'un corps étranger intraoculaire. La vitrectomie constitue une avancée majeure en ce sens où la technique fait appel à un système fermé (petites incisions transconjonctivales, sans suture). La cataracte constitue la complication la plus fréquente de cette intervention chirurgicale.



**Figure 3.** Procédure chirurgicale de la vitrectomie en contexte de membrane épirétinienne A. Vitrectomie, B. Retrait du vitré périphérique relâchant toutes tractions antéropostérieures de la membrane épirétinienne, C. Segmentation de la membrane épirétinienne, D. La segmentation a été complétée et l'endophotocoagulation panrétinienne est appliquée. Source : Sanislo et Blumenkranz 2016<sup>47</sup>

Fréquemment, même si l'opacité du cristallin ne réduit pas significativement la vision du patient, la cataracte progresse dans la période postopératoire dans un ordre de 75% à 80%<sup>48</sup>. La combinaison de la chirurgie de la cataracte et de la vitrectomie peut s'avérer une approche nécessaire à la visualisation adéquate du pôle postérieur au cours d'une procédure vitréorétinienne. La réalisation d'une chirurgie conjointe cataracte et vitrectomie offre au patient une période unique de convalescence et ainsi une réhabilitation visuelle plus brève. Les coûts chirurgicaux sont également réduits<sup>49</sup>.

Certaines études suggèrent une perte de l'effet compressif du vitré sur la capsule postérieure. En 2011, Rahman et ses collaborateurs ont réalisé une étude rétrospective qui avait pour but d'évaluer l'incidence de la capsulose et d'identifier les facteurs contributifs à l'opacification de la capsule

postérieure chez les patients opérés pour chirurgie de la cataracte et vitrectomie<sup>50</sup>. Selon les auteurs de l'étude, chez les patients traités par chirurgie combinée, la capsule postérieure est désormais supportée par un gaz ou un liquide et non plus par le vitré ce qui pourrait avoir un rôle dans l'induction d'une fibrose capsulaire précoce dans la période postopératoire. La capsule postérieure est alors lâchement supportée par la substance qui comble la cavité vitréenne ce qui donne davantage d'espace aux cellules pour migrer entre la capsule postérieure et la lentille intraoculaire.

Barbazetto et ses collaborateurs (2004) suggèrent un changement dans la composition des constituants de la circulation vitréenne post-vitrectomie, notamment une augmentation significative de la concentration d'O<sub>2</sub><sup>51,52</sup>. En 2005, Holekamp et ses collaborateurs ont réalisé une étude prospective qui visait à évaluer la tension d'oxygène du vitré à différents moments de la vitrectomie (notamment immédiatement avant et immédiatement après). Les résultats de l'étude montrent que les niveaux d'oxygène s'élèvent significativement après la vitrectomie et que l'exposition prolongée (jusqu'à 10 mois) des cellules du cristallin à des concentrations relativement élevées d'oxygène a pour effet d'accroître la prolifération cellulaire.

À la vue de ces différents mécanismes physiopathologiques, il semblerait y avoir une tendance au fait que la vitrectomie prédisposerait au développement précoce de la capsulose.

La littérature expose de façon détaillée la pathogenèse impliquée dans l'opacification de la capsule postérieure. Cette condition ophtalmologique repose sur un processus complexe responsable de l'adhésion, la prolifération et la migration des cellules épithéliales du cristallin au sein du sac capsulaire. Que la chirurgie de la cataracte soit réalisée de façon séquentielle ou simultanée à la vitrectomie, l'OCP demeure un facteur interférant avec le pronostic visuel. Les rôles du vitré et de la vitrectomie sur l'évolution de l'opacification de la capsule postérieure et le risque de complications demeurent imprécis. Comparativement aux précédentes études évaluant l'incidence de l'OCP, l'évaluation du délai moyen d'OCP apporte une implication clinique significative, notamment dans la planification du suivi.

Dans l'article qui suit, l'étude vise ainsi à comparer la progression de l'opacification de la capsule postérieure et le développement de complications secondairement au traitement par laser Nd-YAG dans une population de patients opérés pour une chirurgie de la cataracte combinée à une vitrectomie comparativement à une population de patients opérés pour une chirurgie de la cataracte seule.

## **Article**

**Effets du vitré et de la vitrectomie combinés à la phacoémulsification sur la progression de l'opacification de la capsule postérieure et le développement de complications secondairement à la capsulotomie au laser Nd-YAG**

## Résumé

**CONTEXTE ET OBJECTIFS :** À la suite de la chirurgie de la cataracte, l'opacification de la capsule postérieure (OCP) constitue la complication la plus fréquente. La capsulotomie au laser Nd-YAG représente la procédure standard pour le traitement de l'OCP. Les rôles du vitré et de la vitrectomie sur l'évolution de l'OCP et le risque de complications demeurent inconnus. La présente étude vise ainsi à comparer la progression de l'opacification de la capsule postérieure et le développement de complications secondairement au traitement par laser Nd-YAG dans une population de patients opérés pour une chirurgie de la cataracte combinée à une vitrectomie comparativement à une population de patients opérés pour une chirurgie de la cataracte seule.

**MATÉRIEL ET MÉTHODES :** La présente étude de cohorte est rétrospective et s'appuie sur la revue de 82 dossiers médicaux de patients ( $n=104$  yeux) suivis au Centre Universitaire d'Ophtalmologie de l'Hôpital du Saint-Sacrement de Québec. La sélection a été réalisée aléatoirement sur la base de l'exposition à la capsulotomie au laser Nd-YAG entre 2005 et 2012. Le délai moyen de progression de l'OCP est défini par l'intervalle mesuré entre le moment de la chirurgie de la cataracte et le moment de la capsulotomie au laser Nd-YAG. Le suivi moyen était comparable entre les deux groupes ( $p = 0,28$ ), soit une durée de  $6,4 \pm 1,6$  années pour le groupe cataracte seule et une durée de  $6,0 \pm 1,5$  années pour le groupe ayant subi une chirurgie combinée.

**RÉSULTATS :** L'âge moyen des patients appartenant au groupe ayant subi une chirurgie de la cataracte seule était de  $63,86 \pm 11,96$  tandis qu'il s'élevait à  $56,96 \pm 11,03$  dans le groupe ayant subi une chirurgie combinée ( $p = 0,01$ ). L'analyse du délai moyen de progression de l'OCP n'a révélé aucune différence significative entre les deux groupes ( $p=0,21$ ). Le temps de suivi moyen n'a démontré aucune différence significative ( $p = 0,28$ ), une durée de suivi de  $6,4 \pm 1,6$  ans dans le premier groupe et une durée de suivi de  $6,0 \pm 1,5$  ans dans le second groupe. Les proportions de la survenue de complications après le traitement laser étaient de 1,3% chez les patients ayant subi la chirurgie de la cataracte seule et de 12,0% dans le groupe ayant subi la chirurgie de la cataracte combinée à la vitrectomie ( $p = 0,0423$ ).

**CONCLUSION :** L'intervalle moyen de progression de l'opacification de la capsule postérieure est comparable entre les patients opérés pour chirurgie de la cataracte seule et les patients opérés pour chirurgie de la cataracte combinée à la vitrectomie. Bien que la capsulotomie au laser Nd-YAG apparaît une procédure habituellement sécuritaire dans le traitement de la capsulose, la survenue

d'un nombre plus élevé de complications chez les patients opérés pour chirurgie de la cataracte et vitrectomie devrait orienter la décision de procéder à la capsulotomie et être considérée dans le suivi suite au laser.

## **Abstract**

### **Effect of Vitreous and Vitrectomy Combined to Cataract Surgery on Posterior Capsular Opacification and Development of Complications Secondary to Nd-YAG Laser Capsulotomy**

**PURPOSE :** Posterior capsular opacification (PCO) represents the most common delayed complication after cataract surgery. Nd-YAG laser capsulotomy is the standard procedure for the treatment of PCO. Effect of vitreous body and vitrectomy on PCO evolution remains unclear. The present study aims to compare the progression of posterior capsular opacification and the development of complications secondary to Nd-YAG laser capsulotomy in a population of patients undergoing cataract surgery alone compare to patients undergoing cataract surgery combined to vitrectomy.

**SETTING :** Centre Universitaire d'Ophtalmologie, Hôpital du Saint-Sacrement, CHU de Québec, Qc, Canada

**METHODS :** We conducted a retrospective study based on the review of 82 medical records (n=104 eyes). Medical records were randomly selected on the basis of exposure to Nd-YAG laser capsulotomy between 2005 and 2012. The average progression time of PCO was defined by the measured interval between the time of cataract surgery and Nd-YAG laser capsulotomy.

**RESULTS :** The mean age of patients in the first group was  $63.86 \pm 11.96$  years and  $56.96 \pm 11.03$  years in the second group ( $p = 0.01$ ). Analysis of the average progression time of PCO revealed no significant difference between the two groups ( $p = 0.21$ ). The mean follow-up time showed no significant difference ( $p = 0.28$ ), a duration of  $6.4 \pm 1.6$  years in the first group and a duration of  $6.0 \pm 1.5$  years in the second group. A significant difference regarding the proportion of complications occurring after capsulotomy was observed between the two groups, 1.3% vs 12.0% ( $p = 0.0423$ ).

**CONCLUSIONS :** The average interval of progression of posterior capsular opacification is comparable between patients undergoing cataract surgery alone and patients operated for cataract surgery combined to vitrectomy. Although Nd-YAG laser capsulotomy usually appears a safe procedure in the treatment of PCO, the occurrence of a higher number of complications in patients undergoing cataract surgery and vitrectomy should guide the decision to the Nd-YAG laser capsulotomy treatment and should be considered in the monitoring following the laser.



## Introduction

La survenue de la cataracte représente une issue de santé majeure. Tel que prédit par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), entre 2015 et 2050, la proportion de la population âgée de plus de 60 ans va presque doubler, soit de 12% à 22%. En raison de ces changements démographiques projetés et l'amélioration dans les technologies et l'aspect sécuritaire des techniques chirurgicales, la Société Canadienne d'Ophtalmologie (SCO) anticipe un accroissement de 90% de la demande de chirurgies de la cataracte d'ici 2031<sup>1</sup>.

La formation et la progression de la cataracte peuvent également survenir à la suite d'une chirurgie intraoculaire comme la vitrectomie. Cette technique chirurgicale est indiquée dans le traitement de pathologies du segment postérieur telles que le décollement de rétine, les membranes épirétiniennes, les trous maculaires et la rétinopathie diabétique.

À la suite de la chirurgie de la cataracte, l'opacification de la capsule postérieure (OCP) représente la plus fréquente des complications tardives, que la chirurgie soit réalisée seule ou en combinaison à la vitrectomie. La baisse d'acuité visuelle induite par l'OCP est rapportée dans 20% à 40% des patients dans les cinq années suivant la chirurgie de la cataracte<sup>4</sup>. L'OCP se développe au niveau de la portion postérieure du sac capsulaire. Les cellules épithéliales prolifèrent selon deux patrons distincts, les perles d'Elschnig ou une apparence fibreuse.

La capsulotomie au laser Nd-YAG constitue le traitement standard de l'OCP symptomatique. Cette technique utilise un procédé de photodisruption afin de créer une ouverture au niveau de la capsule postérieure du cristallin dans le but de dégager l'axe visuel. Cette intervention procure une amélioration rapide des symptômes. Bien que ce traitement soit efficace et bien toléré, certaines complications ont été rapportées.

## **Objectifs**

L'étude vise à **(1)** évaluer la vitesse de progression de l'opacification de la capsule postérieure chez les patients opérés pour chirurgie de la cataracte combinée à la vitrectomie comparativement aux patients opérés pour chirurgie de la cataracte seule, et **(2)** à déterminer la nature et la fréquence des complications suite au traitement par capsulotomie laser Nd-YAG.

## Méthodologie

### Devis de recherche et population à l'étude

Le devis de recherche utilisé consiste en une étude de cohorte rétrospective à visée descriptive, à partir de dossiers hospitaliers. La présente étude cible les patients opérés pour une chirurgie de la cataracte au Centre Universitaire d'Ophtalmologie (CUO) de l'Hôpital du Saint-Sacrement de Québec, et ayant présenté par la suite une opacification de la capsule postérieure traitée par capsulotomie au laser Nd-YAG. Une liste officielle répertoriant les patients chez qui l'intervention laser a été pratiquée est systématiquement complétée par les ophtalmologistes faisant usage de l'appareil au sein de ce milieu hospitalier.

### Critères d'exclusion et d'inclusion

Les patients avec antécédents de glaucome ou d'inflammation intraoculaire (ex. uvéite), de même que ceux ayant subi une chirurgie oculaire autre que la chirurgie de la cataracte et la vitrectomie (ex. chirurgie de filtration pour glaucome ou une vitrectomie répétée à la suite de la chirurgie de la cataracte) n'étaient pas admissibles à l'étude. Également, les patients admissibles devaient avoir été soumis à une chirurgie de la cataracte sans particularité ou complications rencontrées. Ces conditions ophtalmologiques peuvent occasionner des complications semblables à celles observées à la suite de la capsulotomie au laser Nd-YAG, ce qui rend difficile de départager à quelles pathologies ou interventions la complication est attribuable. Également, les patients décédés au moment de la collecte de données ont été exclus de l'étude. Les dossiers de patients admissibles ont été identifiés entre 2005 et 2012 et, au total, 82 dossiers médicaux de patients (n=104 yeux) ont été sélectionnés au hasard parmi cette liste.

Les patients sélectionnés ont par la suite été répartis entre deux groupes, selon le type de chirurgie pratiquée (chirurgie de la cataracte simple et chirurgie de la cataracte combinée à la vitrectomie), dans le but de préciser le rôle du vitré sur la progression de l'opacification de la capsule postérieure. Dans le groupe chirurgie combinée, la chirurgie de la cataracte était pratiquée de façon séquentielle ou de façon simultanée à la vitrectomie.

## Variables et mesures

Une révision détaillée des dossiers médicaux a d'abord été réalisée dans le contexte de la présente étude rétrospective. Les données extraites des dossiers médicaux étaient par la suite répertoriées au sein de gabarits de collecte des données (voir formulaires en **Annexe 1**).

Les variables collectées figurent ci-dessous;

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| ❖ Les variables sociodémographiques | Date de naissance<br>Genre (féminin ou masculin)  |
| ❖ Les antécédents médicaux          | Statut diabétique (diabétique ou non diabétique)<br>Maladies affectant le vitré ou la rétine  |
| ❖ Chirurgie de la cataracte         | Date de la chirurgie (protocole opératoire)<br>Technique de phacoémulsification<br>Latéralité (œil droit ou gauche)<br>Type de LIO (P)<br>Dioptrie de la LIO (D)<br>Polissage de la capsule postérieure |
| ❖ Vitrectomie                       | Date de la chirurgie (protocole opératoire)<br>Indication de la chirurgie ( <b>Annexe 2</b> )   |
| ❖ Capsulotomie laser Nd-YAG         | Date de l'intervention<br>Énergie laser par pulse (mJ)<br>Nombre de pulses lasers déployés<br>Énergie totale délivrée   |

Dans le contexte de notre étude, l'OCP a été considérée comme visuellement significative lorsque le traitement par capsulotomie au laser Nd-YAG a été jugé indiqué par l'ophtalmologiste. La date à laquelle l'intervention par capsulotomie au laser Nd-YAG a été pratiquée était donc extraite du dossier médical. L'opacification de la capsule postérieure visuellement significative se définit initialement par les symptômes rapportés par le patient. Ainsi, ce dernier peut faire mention d'une baisse de vision, d'éblouissement, de diplopie, d'aberrations optiques ou de limitations avec la réalisation de ses activités de la vie quotidienne. De plus, l'ophtalmologiste peut objectiver une

baisse d'acuité visuelle (AV), ainsi que la présence d'interférence lors de l'évaluation du fond d'œil en raison d'opacités au niveau de la capsule postérieure<sup>37</sup>.

❖ Complications post-capsulotomie au laser Nd-YAG	Hypertonie oculaire
	Décollement de la rétine
	Œdème maculaire kystique
	Domage à la lentille intraoculaire
	Hyphéma
	Œdème de la cornée
	Fermeture de la capsule
	Uvéite

Plus spécifiquement, en présence de cette information relative à une complication potentielle dans la note médicale, une attention particulière a été portée à la chronologie des événements et aux conditions ophtalmologiques préexistantes.

La pression intraoculaire pré-capsulotomie au laser Nd-YAG (obtenue à la date du traitement) et la pression post-capsulotomie (obtenue lors de la première visite de suivi) ont été extraites. L'ensemble des mesures de pression intraoculaire a été mesuré par applanation (tonomètre de Goldman). La différence de pression intraoculaire était donc estimée à partir de ces valeurs. Une augmentation de la pression de 5 mm Hg ou plus a été considérée significative et identifiée comme une complication à la suite de la capsulotomie au laser Nd-YAG.

Dans les situations où la chirurgie impliquait les deux yeux d'un même patient, chaque œil a été traité comme une unité d'analyse indépendante. Ce choix s'appuie sur le fait qu'il existe une corrélation relativement faible entre les deux yeux d'un même patient, selon une récente étude publiée dans le *Journal of Ophthalmology*<sup>53</sup>.

#### Considérations éthiques

Le protocole de l'étude a été approuvé par le comité d'éthique du CHU de Québec, en mai 2013. Le processus de sélection des dossiers médicaux a été réalisé à partir d'une liste officielle où seuls les numéros de dossiers figurent. Au moment de la collecte des données, les renseignements nominaux

ont été codifiés dans un fichier Excel, protégé par un code d'accès unique et un mot de passe, conservé au Centre Universitaire d'Ophtalmologie de l'Hôpital du Saint-Sacrement. Les données seront conservées pour la totalité de la durée prescrite par le Centre de Recherche du CHU de Québec au sein même de la base de données originale.

### Analyses statistiques

Parmi les données démographiques, la comparaison des variables continues entre les deux cohortes à l'étude fut été réalisée à l'aide du test T approprié suite à une vérification de l'hypothèse d'égalité des variances par le test de *Levene*. L'association entre les cohortes de traitement et les variables catégoriques a été mesurée à l'aide du test du khi-carré. Dans les situations où ce dernier n'était pas valide, nous avons retenu le test exact de Fisher.

Le délai moyen de progression de l'opacification de la capsule postérieure a été défini par l'intervalle mesuré entre le moment de la chirurgie de la cataracte (date inscrite au protocole opératoire) et le moment de la capsulotomie au laser Nd-YAG. Le test T discuté précédemment était également retenu afin de procéder à l'évaluation de la vitesse de progression de l'OCP chez les patients opérés pour chirurgie de la cataracte combinée à la vitrectomie comparativement aux patients opérés pour chirurgie de la cataracte seule. La comparaison de la proportion des complications suite au traitement par capsulotomie laser Nd-YAG entre les deux cohortes de l'étude a été réalisée à partir du test exact de Fisher.

Afin d'explorer l'interaction entre la cohorte d'appartenance (variable explicatrice) et l'intervalle moyen de développement de l'opacification de la capsule postérieure (variable réponse), nous avons inclus ces deux variables dans des modèles simples. L'âge, le statut diabétique, le polissage de la capsule postérieure, ainsi que la dioptrie constituaient les variables d'ajustement dans ces modèles statistiques.

Un modèle de régression linéaire à mesures répétées a été réalisé afin de mettre en relation l'intervalle moyen de développement de l'OCP et la cohorte d'appartenance (**Cataracte simple ou Cataracte-Vitrectomie**) en ajustant pour les facteurs confondants.

Les patients avec des observations manquantes ont été exclus des analyses dans la présente étude considérant la visée descriptive du projet. Les données observées sont donc présentées dans la section **Résultats**.

Pour l'ensemble des analyses, les tests statistiques sont effectués au seuil de 5% et les intervalles de confiance (IC) sont présentés à 95%.

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS (Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

## Résultats

### Caractéristiques de la population

La population à l'étude comportait 82 patients (n=104 yeux) dont 41% étaient des hommes et 59% des femmes. L'âge moyen de l'ensemble de la population était de  $62,2 \pm 12,1$  ans (étendue 30,7 – 82,2) au moment de la chirurgie de la cataracte.

Les caractéristiques détaillées de la population à l'étude sont présentées dans le **tableau 1**. L'âge moyen était de  $63,9 \pm 12,0$  ans chez les patients du groupe chirurgie de la cataracte seule (groupe C) et de  $57,0 \pm 11,0$  ans dans le groupe chirurgie de la cataracte combinée à la vitrectomie (groupe CV). L'âge moyen à la chirurgie de la cataracte chez les patients du groupe CV est significativement inférieur à celui des patients du groupe C ( $p=0,01$ ). Les données démographiques relevées sont comparables entre les deux groupes pour ce qui est de la répartition du genre, du statut diabétique et du type de lentille implantée ( $p>0,05$ ).

Tous les patients ont été opérés pour une chirurgie de la cataracte par phacoémulsification. La réalisation du polissage de la capsule postérieure au moment de la chirurgie de la cataracte diffère entre les deux groupes ( $p = 0,04$ ). La cohorte de patients traités par chirurgie de la cataracte et vitrectomie a davantage bénéficié de cette technique chirurgicale. Cependant, en raison du devis rétrospectif de l'étude, il pourrait s'agir d'une information sous rapportée dans les dossiers médicaux consultés.

Aucune différence significative n'a été notée entre les deux groupes à l'étude en ce qui a trait au type de cataracte observé au moment de l'évaluation préopératoire de la chirurgie de la cataracte. À noter, plus d'un type de cataracte pouvait être répertorié à l'intérieur d'un même œil.



**Tableau 1.** Données démographiques et chirurgicales des patients

	Chirurgie de cataracte simple	Chirurgie de cataracte et vitrectomie	Valeur-p
Yeux (n)	79	25	-
Genre			0,49
Homme (%)	39,2	48,0	
Femme (%)	60,8	52,0	
Âge moyen (années $\pm$ ET)	63,9 $\pm$ 12,0	57,0 $\pm$ 11,0	<b>0,01</b>
Diabète (n (%))	13 (16,5)	5 (20,0)	0,76
Lentille intraoculaire			-
Pliable (n (%))	79 (100,0)	25 (100,0)	
Dioptrie (D)	21,7	18,3	<b>0,0001</b>
Polissage de la capsule (n (%))	5 (6,3)	5 (20,0)	<b>0,04</b>
Types de cataracte (n (%))			
Sclérose nucléaire	59 (80)	18 (78)	1,00
Sous-capsulaire postérieure	21 (28)	9 (39)	0,44
Autres*	10 (14)	3 (14)	1,00
*Autres : opalescentes, brunescentes, corticales, blanches et vacuoles centrales;			
Les résultats statistiquement significatifs sont indiqués en gras.			

### Progression de l'opacification de la capsule postérieure

L'objectif primaire de cette étude, le délai moyen de progression de l'opacification de la capsule postérieure, est défini comme l'intervalle entre le moment de la chirurgie de la cataracte et le traitement par capsulotomie au laser Nd-YAG. Les résultats présentés dans le **Tableau 2** démontrent que le délai moyen de progression de l'OCP s'est révélé comparable entre les deux groupes, soient de 607,94 jours (IC 95% : 464,54 – 751,32) dans le groupe traité par chirurgie de cataracte seule et de 447,71 jours (IC 95% : 232,94 – 662,31) dans le second groupe ( $p = 0,21$ ).

**Tableau 2.** Intervalle de progression de l'opacification de la capsule postérieure

	Chirurgie de cataracte simple	Chirurgie de cataracte et vitrectomie	Valeur-p
Opacification capsule postérieure (jours)	607,94	447,71	0,21
IC, 95%	464,54 – 751,32	232,94 – 662,31	
<i>IC : intervalle de confiance à 95%</i>			

Dans le groupe traité par chirurgie de la cataracte simple, l'énergie totale délivrée au cours du traitement par capsulotomie au laser Nd-YAG était de 49,91 mJ (étendue : 2,50 – 213,00mJ) en comparaison à l'énergie totale délivrée qui était de 61,18 mJ (étendue : 9,00 – 216,00mJ) dans le groupe traité par chirurgie de la cataracte et vitrectomie ( $p = 0,41$ ) (**Tableau 3**).

**Tableau 3.** Paramètres per-traitement par capsulotomie au laser Nd-YAG

	Chirurgie de cataracte simple	Chirurgie de cataracte et vitrectomie	Valeur-p
Énergie par pulse, mJ (n)	1,48 (38)	2,04 (14)	0,06
	0,30 – 3,8	1,00 – 3,60	
Nombre de pulses (n)	40,48 (52)	38,82 (17)	0,86
	2 – 140	4 – 120	
Énergie totale, mJ (n)	49,91 (54)	61,18 (17)	0,41
	2,50 – 213,00	9,00 – 216,00	
<i>L'étendue est la mesure de dispersion présentée sous chacun des paramètres figurant dans le tableau.</i>			

Avant de procéder à l'intervention laser par capsulotomie, l'acuité visuelle des patients ayant subi une chirurgie de la cataracte simple était, en moyenne, significativement supérieure à celle des patients opérés pour chirurgie de cataracte et vitrectomie ( $p=0,006$ ) (**Tableau 4**). À la suite de la capsulotomie au laser Nd-YAG, l'acuité visuelle moyenne des patients du groupe chirurgie de cataracte simple demeurait significativement supérieure au groupe combinant la cataracte à la vitrectomie ( $p=0,004$ ). En définitive, l'acuité visuelle s'est améliorée de façon comparable pour chacun des groupes suite au traitement par capsulotomie laser ( $p=0,32$ ). Il n'y a donc pas de différence significative de l'amélioration de l'acuité visuelle entre les deux groupes.

**Tableau 4.** Acuité visuelle pré et post-capsulotomie au laser Nd-YAG

	Chirurgie de cataracte simple	Chirurgie de cataracte et vitrectomie	Valeur-p
<b>Acuité visuelle pré-capsulotomie</b>			
Log[MAR]	0,2205	0,6133	0,006
Snellen (6m)	6/9,5	6/24	
<b>Acuité visuelle post-capsulotomie</b>			
Log[MAR]	0,0931	0,4091	0,0004
Snellen (6m)	6/7,5	6/15	
<b>Différence pré-post*</b>			
	- 0,1055	-0,2100	0,324
<i>Log[MAR] : logarithm of the minimum angle of resolution. Unité permettant de quantifier l'acuité visuelle de manière à pouvoir effectuer des calculs statistiques.</i>			
<i>*Indique la valeur qui représente l'amélioration moyenne de l'acuité visuelle</i>			

#### Complications post-capsulotomie au laser Nd-YAG

Secondairement au traitement par capsulotomie au laser Nd-YAG, une proportion de complications significativement inférieure a été observée au sein de la cohorte traitée par chirurgie de la cataracte simple comparativement à celle traitée par chirurgie de la cataracte et vitrectomie, ( $p = 0,04$ ) (**Tableau 5**). La durée du suivi était comparable à la suite de la capsulotomie laser, soit respectivement de  $6,4 \pm 1,6$  ans et de  $6,0 \pm 1,5$  ans, en moyenne ( $p = 0,28$ ).

**Tableau 5.** Comparaison de la fréquence de survenue des complications

	Chirurgie de cataracte simple	Chirurgie de cataracte et vitrectomie	Valeur-p
Complications (%)	1 (1,3%)	3 (12,0%)	0,04*
<b>Descriptif des complications (n)</b>	↑ PIO (1)	OMK (2) Fermeture secondaire (1)	

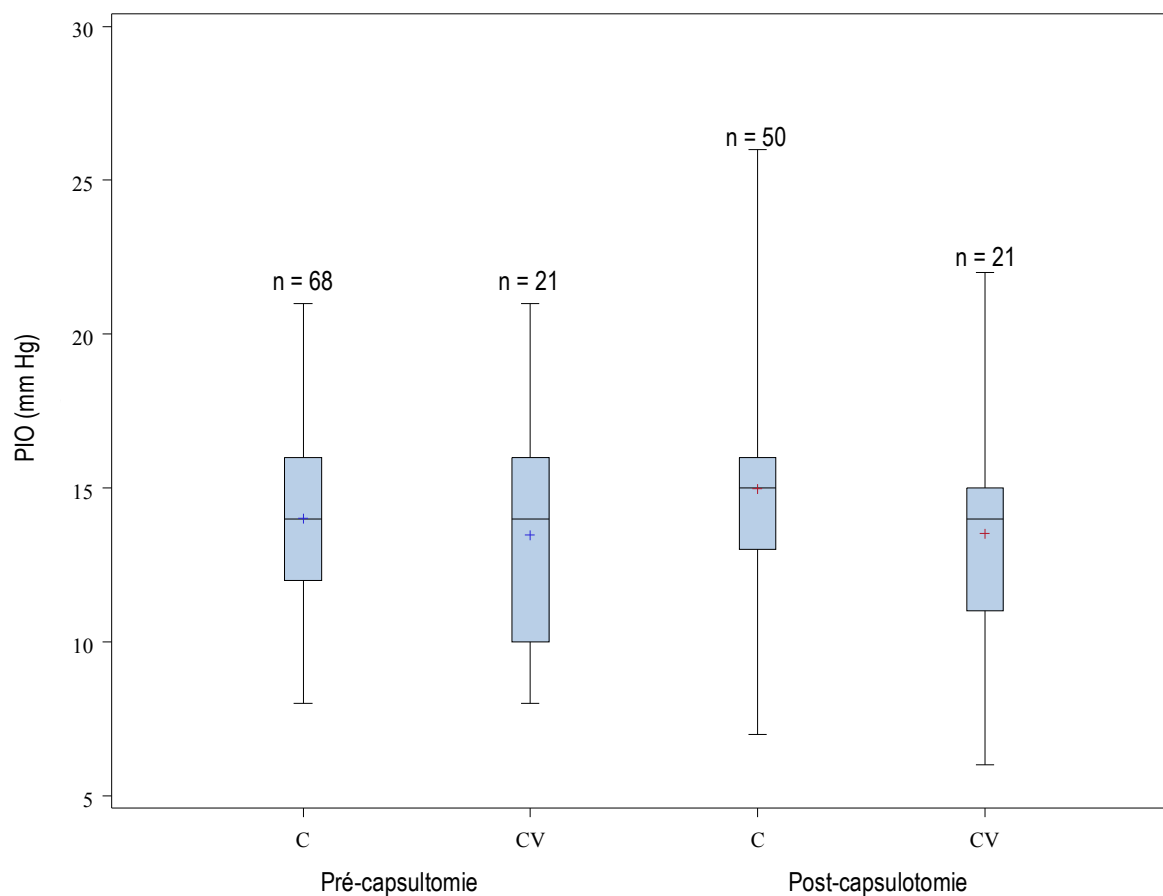
\*Test exact de Fisher

PIO : Pression intraoculaire, OMK : Œdème maculaire kystique, Fermeture secondaire : Fermeture de la capsule postérieure à la suite de la capsulotomie au laser Nd-YAG

En termes des complications post-capsulotomie au laser Nd-YAG, l'évaluation détaillée de chacun des dossiers médicaux des patients inclus à l'étude a mis en évidence deux cas d'œdème maculaire kystique (OMK), et un cas de fermeture de la capsule dans la cohorte traitée par chirurgie de la cataracte et vitrectomie. Un cas d'augmentation de pression intraoculaire a été documenté dans la cohorte cataracte simple. En moyenne, la différence entre les pressions intraoculaires moyennes pré et post-laser Nd-YAG n'est pas statistiquement significative ( $p > 0,05$ ) (**Figure 4**). Dans le groupe traité par chirurgie de la cataracte simple (C), la pression intraoculaire prétraitement laser fut de  $14,01 \pm 1,98$  mmHg et la pression post-traitement laser de  $14,98 \pm 3,15$  mmHg ( $p > 0,05$ ). Dans le groupe traité par chirurgie de la cataracte et vitrectomie (CV), la pression intraoculaire prétraitement laser fut de  $13,48 \pm 4,06$  mmHg et la pression post-traitement laser de  $13,52 \pm 3,97$  mmHg ( $p > 0,05$ ).

Aucun cas de décollement de rétine, d'hyphéma, d'uvéïte, ni d'œdème de la cornée n'a été mis en évidence au cours de l'étude.

Au moment de l'analyse des résultats, nous avons volontairement choisi de retirer les dommages induits à la lentille intraoculaire lors du traitement laser, puisqu'il s'agit d'une complication hautement dépendante de la collaboration du patient.

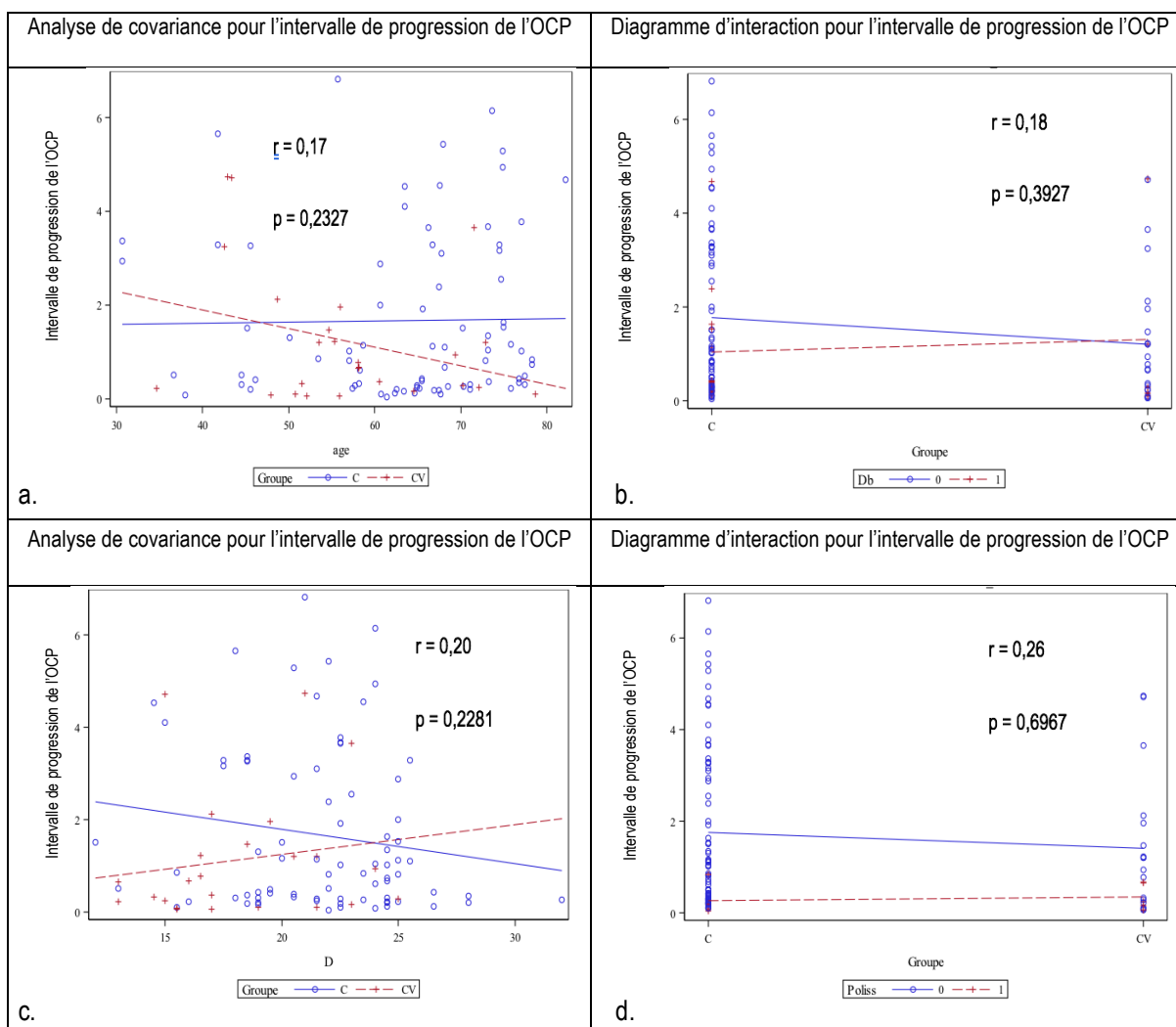


**Figure 4.** Distribution de la pression intraoculaire pré et post-capsulotomie. Dans le groupe traité par chirurgie de la cataracte simple (C), la pression intraoculaire prétraitement laser fut de  $14,01 \pm 1,98$  mmHg et la pression post-traitement laser de  $14,98 \pm 3,15$  mmHg. La différence entre les pressions intraoculaires moyennes pré et post-laser Nd-YAG ne fut pas statistiquement significative ( $p > 0,05$ ). Dans le groupe traité par chirurgie de la cataracte et vitrectomie (CV), la pression intraoculaire prétraitement laser fut de  $13,48 \pm 4,06$  mmHg et la pression post-traitement laser de  $13,52 \pm 3,97$  mmHg. La différence entre les pressions intraoculaires moyennes pré et post-laser Nd-YAG ne fut pas statistiquement significative ( $p > 0,05$ ).

#### Exploration du lien entre les variables

Lors de l'exploration du lien entre les variables (**Figure 5**), il a été démontré l'absence de corrélation entre les cohortes d'appartenance (**Cataracte simple** et **Cataracte-Vitrectomie**) et les covariables âge ( $r = 0,17$ ,  $p = 0,2327$ ), statut diabétique ( $r = 0,18$ ,  $p = 0,3927$ ), dioptrie ( $r = 0,20$ ,  $p = 0,2281$ ) et polissage de la capsule postérieure ( $r = 0,26$ ,  $p = 0,6967$ ).

Aucune interaction entre la cohorte d'appartenance et les covariables étudiées n'était significative.



**Figure 5.** Indicateurs d'interaction entre la cohorte d'appartenance – Cataracte et Cataracte-Vitrectomie – et les variables d'ajustement; **a.** l'âge, **b.** le statut diabétique, **c.** la dioptrie et **d.** le polissage de la capsule postérieure.

Après ajustements multiples, il semble que seule la variable polissage de la capsule postérieure soit statistiquement liée au délai de progression de l'opacification de la capsule postérieure (**Tableau 6**).

**Tableau 6.** Estimé de la moyenne des différences entre les mesures des cohortes d'appartenance lors de la réalisation d'un modèle de régression à mesures répétées effectué pour différentes variables d'intérêt.

<b>Paramètres</b>	<b>Estimé</b>	<b>Valeurs-p</b>
Cohorte d'appartenance	0,40	0,3601
Âge	0,01	0,7363
Diabète	0,46	0,3353
Dioptrie	-0,05	0,2904
Polissage	1,31	<b>0,0228</b>

La moyenne ajustée de l'intervalle de progression de l'opacification de la capsule postérieure demeure comparable entre la cohorte traitée par chirurgie de la cataracte simple et la cohorte traitée par chirurgie de la cataracte combinée à la vitrectomie ( $p = 0,3601$ ).



## Discussion

L'opacification de la capsule postérieure est la complication tardive la plus fréquente à la suite de la chirurgie de la cataracte. Cette affirmation demeure bien réelle que la chirurgie de la cataracte soit pratiquée seule ou en association à la vitrectomie (simultanée ou séquentielle).

Nous avons donc évalué de façon rétrospective la vitesse de progression de l'opacification de la capsule postérieure chez les patients opérés pour chirurgie de la cataracte combinée à la vitrectomie comparativement aux patients opérés pour chirurgie de la cataracte seule. Nos analyses de l'intervalle moyen de progression de l'OCP n'ont révélé aucune différence statistiquement significative entre les deux groupes. Cependant, une interprétation prudente de ces résultats est de mise. Sur le plan méthodologique, la faible puissance statistique de l'étude est une explication possible de l'écart relativement important séparant les vitesses de progression de l'OCP entre les deux groupes à l'étude.

Plusieurs études se sont penchées sur les facteurs associés au développement de l'OCP, dans la littérature. Bien que le rôle du vitré et de la vitrectomie sur la progression de l'opacification de la capsule postérieure demeure peu connu, différents auteurs ont soulevé des hypothèses relativement aux mécanismes impliqués dans le développement de l'OCP.

Il a d'abord été suggéré que l'OCP serait significativement plus importante à la suite d'une chirurgie de la cataracte combinée à la vitrectomie qu'à la suite d'une chirurgie de la cataracte seule. La réalisation simultanée ou séquentielle de ces deux interventions chirurgicales entraînerait des niveaux d'inflammation postopératoire plus sévères<sup>54,55</sup>. En réponse au traumatisme chirurgical et à l'inflammation intraoculaire postopératoire, Toda et coll. (2007), ont rapporté des niveaux élevés de cytokines indépendamment du statut diabétique du patient<sup>9,17</sup>. Ce degré d'inflammation postopératoire apparaît donc en relation avec le développement de l'OCP après une chirurgie combinée.

Dans les cas de chirurgie combinée, la capsule postérieure est soutenue par un fluide ou un gaz et non plus par le vitré comme dans les cas de chirurgie de la cataracte seule. Ce phénomène pourrait jouer un rôle dans l'induction de la fibrose au niveau de la capsule postérieure au début de la période postopératoire.

Georgalas et coll. (2009) ont soulevé l'hypothèse que l'usage d'un gaz au moment de la vitrectomie puisse créer un support au niveau de la capsule postérieure contre la lentille intraoculaire, réduisant ainsi l'espace disponible à la migration des cellules (formation d'une barrière)<sup>35</sup>. En contrepartie, l'usage de fluide pour combler la cavité postérieure de l'œil au moment de la vitrectomie aurait pour effet de supporter de façon plus lâche la capsule postérieure et, favoriser la migration des cellules épithéliales du cristallin<sup>56</sup>.

Durant la période de réalisation de nos travaux de recherche, Jun et coll. (2014)<sup>53</sup> ont publié une étude rétrospective dans le *Journal of Ophthalmology* portant spécifiquement sur l'évaluation de l'intervalle de temps entre la chirurgie de la cataracte (chez des patients opérés pour chirurgie de la cataracte combinée à la vitrectomie) et le développement d'une opacification de la capsule postérieure visuellement significative nécessitant une capsulotomie au laser Nd-YAG. Cette étude a été réalisée en République de Corée auprès de 321 patients (n=408 yeux), entre 2000 et 2012. L'intervalle moyen entre la chirurgie de la cataracte et le traitement laser était significativement plus long dans le groupe cataracte seule ( $36,3 \pm 26,4$  mois) que quand le groupe cataracte vitrectomie ( $29,1 \pm 23,1$  mois),  $p=0,006$ , ce qui diffère des résultats de notre étude. L'ampleur de la différence observée entre les deux groupes peut être attribuable à la puissance statistique de l'étude qui ajoute à la précision des résultats. Lorsque l'on s'attarde plus spécifiquement aux résultats de notre étude, l'échantillon de convenance retenu ne permet pas de détecter une différence statistiquement significative, l'intervalle moyen de progression de l'OCP demeure tout de même relativement différent d'un point de vue clinique entre les deux groupes.

L'étude précédente ne s'attardait toutefois pas aux complications rencontrées à la suite de la capsulotomie au laser Nd-YAG.

Notre étude a également montré que l'acuité visuelle des patients ayant subi une chirurgie de la cataracte simple était, en moyenne, significativement supérieure à celle des patients opérés pour chirurgie de cataracte et vitrectomie, avant de procéder à l'intervention laser par capsulotomie. Suivant l'intervention laser, l'acuité visuelle moyenne des patients du groupe chirurgie de cataracte simple demeurait significativement supérieure au groupe combinant la cataracte à la vitrectomie. En définitive, l'amélioration de l'acuité visuelle est comparable entre les deux groupes suite au traitement par capsulotomie laser. Nécessaire, la capsulotomie au laser Nd-YAG contribue à l'amélioration de l'acuité visuelle. Chez les patients opérés pour affections vitréo-rétiniennes, l'acuité visuelle

résultante est limitée par la pathologie rétinienne. Ces résultats reflètent fidèlement la perturbation de la fonction visuelle secondairement à la présence de pathologies vitréo-rétiennes justifiant la réalisation d'une procédure de vitrectomie.

Hayashi et coll. <sup>57</sup> ont démontré une corrélation significative entre le degré d'opacification de la capsule postérieure et l'acuité visuelle. Ces résultats suggèrent donc que l'opacification de la capsule postérieure est responsable des plaintes visuelles évoquées par le patient et que la capsulotomie postérieure au laser Nd-YAG améliore de façon significative l'acuité visuelle.

Dans notre étude, une différence significative dans le développement de complications secondairement au traitement par laser Nd-YAG a été observée entre les groupes présentés. Globalement, il semble que la proportion de complications soit différente d'un groupe à l'autre. Il importe de considérer le petit nombre de complications relevées et la valeur p qui approche le seuil de 0,05. La faible puissance de l'étude, notamment pour répondre à cette question clinique, limite l'interprétation de ce résultat. Dans une étude réalisée en 2009<sup>35</sup>, aucune complication majeure n'a été observée à la suite de la capsulotomie au laser Nd-YAG chez les patients opérés pour chirurgie de la cataracte et vitrectomie. Les auteurs ont ainsi attribué l'absence de complications secondairement au traitement laser à l'absence de vitré, ce dernier considéré comme jouant un rôle important dans le développement de décollement de la rétine et de l'œdème maculaire kystique.

L'intervention laser est susceptible d'entraîner une augmentation de la pression intraoculaire à court et à long terme et occasionner ultérieurement des dommages au niveau du nerf optique<sup>45</sup>. L'augmentation de la PIO est maximale dans les 1,5 à 4 heures suivant le traitement par capsulotomie laser, mais retourne à des valeurs normales à l'intérieur de 24 heures<sup>39</sup>.

Le mécanisme sous-jacent à l'augmentation de pression intraoculaire à la suite de la capsulotomie laser demeure imprécis. Différents mécanismes ont été décrits et inclus :

- ❖ Un effet sur le corps ciliaire induit par l'onde de choc du laser
- ❖ L'augmentation neuro-humorale de la pression intraoculaire
- ❖ Un blocage mécanique du trabéculum secondaire à la libération de débris de capsule et de vitré.

Dans notre étude, un cas d'augmentation de pression intraoculaire a été documenté dans la cohorte traitée par chirurgie de la cataracte simple. En moyenne, toutefois, la différence entre les pressions intraoculaires moyennes pré et post-laser Nd-YAG n'est pas statistiquement significative ( $p>0,05$ ).

Deux hypothèses sont susceptibles d'expliquer le cas d'augmentation de pression intraoculaire observée. Tout d'abord, l'hypertonie documentée peut être attribuable au traitement laser lui-même. En effet, les cellules inflammatoires de même que les débris libérés au moment de la capsulotomie peuvent aller se loger au niveau du trabéculum et, ainsi réduire la capacité de drainage de l'humeur aqueuse. L'obstruction de ce conduit occasionne alors une augmentation de la pression à l'intérieur du globe oculaire. La seconde hypothèse repose sur les effets secondaires des corticostéroïdes<sup>58</sup>. Toutefois, il est à noter que les gouttes ophtalmiques peuvent être administrées sur une période de courte durée post-laser Nd-YAG et que les complications surviennent généralement à la suite d'un usage prolongé de corticostéroïdes topiques. En d'autres termes, l'usage de corticostéroïdes topiques pourrait être un facteur confondant dans l'analyse de l'impact de la capsulotomie au Nd-YAG sur la pression intraoculaire et ce, plus particulièrement, si la médication post-laser est utilisée pour une période prolongée.

Steinert et coll.<sup>59</sup> estimaient l'incidence de développement de glaucome de 1% à 6% chez les patients, à la suite de la procédure par capsulotomie. Ari et coll.<sup>46</sup> ont souligné que la sévérité et la durée de l'augmentation de la PIO étaient moindres lorsque l'énergie totale délivrée lors de l'intervention laser était inférieure à 80mJ.

Au sein de notre étude, l'énergie totale émise lors de la capsulotomie laser était comparable entre les deux cohortes d'appartenance et le seuil utilisé inférieur à celui prescrit dans la précédente étude.

Des complications bien établies de la capsulotomie au laser Nd-YAG sont le décollement de la rétine (DR) et l'œdème maculaire kystique (OMK). À cet effet, les mécanismes proposés pour ces complications reposeraient sur la liquéfaction de l'humeur vitrée et la discontinuité créée au niveau de la face antérieure de la hyaloïde. Il en résulterait ainsi une instabilité au niveau de l'interface vitréo-rétinienne<sup>60,61</sup>.

Nous avons également mis en évidence la survenue de deux cas d'œdème maculaire kystique dans la cohorte de patients traités par chirurgie de la cataracte et vitrectomie. L'œdème maculaire kystique figure parmi les complications les plus redoutables à la suite de la capsulotomie au laser Nd-YAG.

Raza<sup>62</sup> rapportait une incidence de 3% d'œdème maculaire kystique dans une population de 550 patients traités par capsulotomie postérieure laser. Comparativement, Karahan et coll.<sup>63</sup> n'ont révélé la survenue d'aucun œdème maculaire kystique dans leur série prospective de 68 patients. Ces études n'étaient toutefois pas conçues pour évaluer précisément le rôle du vitré et de la vitrectomie dans la survenue de complications telles que l'OMK à la suite de la procédure laser.

### **Limites de l'étude**

Certaines limitations dans notre étude devraient être prises en considération. D'abord, le devis rétrospectif implique une évaluation non standardisée des patients, ainsi que des données manquantes au sein des dossiers médicaux au moment de la collecte. Le biais potentiel associé aux données manquantes relève de la rigueur du maintien des dossiers médicaux qui varie de façon aléatoire entre les différents spécialistes (biais non systématique). Des études prospectives impliquant une standardisation des interventions et un suivi rigoureux seraient donc de mise. Toutefois, le recul important nécessaire à l'évaluation de la survenue des complications fait du design rétrospectif un devis plus accessible et le seul utilisé jusqu'à présent dans la littérature afin d'évaluer cette question clinique.

La faible puissance de l'étude discutée précédemment représente une limite importante, en particulier en ce qui concerne le risque de complications. En supposant que les résultats présentés dans l'étude soient représentatifs de la réalité, une taille d'échantillon approximative de 410 yeux aurait été nécessaire afin d'obtenir une puissance de 80%.

Aussi, un biais de détection pourrait influencer l'intervalle moyen d'opacification de la capsule postérieure dans le groupe de patients opérés pour chirurgie de la cataracte combinée à la vitrectomie en raison de la nécessité du suivi rapproché et approfondi des pathologies vitréo-rétiniennes. Ainsi, cela aurait pour effet d'entraîner une détection précoce de l'OCP comparativement aux patients opérés pour chirurgie de la cataracte seule.

Également, l'absence de contrôle et d'information sur les suivis et les traitements reçus à l'extérieur du contexte hospitalier (clinique privée d'ophtalmologie, par exemple) représente une limitation au sein de notre étude.

Enfin, bien que la période de l'étude s'étende sur un peu plus de six ans, il s'agit d'une période privilégiée pour la reproductibilité, ainsi que la stabilité dans les techniques chirurgicales utilisées. En effet, l'évolution rapide et la survenue de changements majeurs dans les procédures chirurgicales employées auraient pu occasionner une certaine variabilité dans le type ou la sévérité des complications rencontrées. Cette période permet également un certain recul afin d'évaluer le développement des complications.

## Conclusion

Les résultats suggèrent un intervalle moyen de progression de l'opacification de la capsule postérieure chez les patients opérés pour chirurgie de la cataracte combinée à la vitrectomie comparable à celui observé chez les patients opérés pour chirurgie de la cataracte seule.

D'autant plus, la capsulotomie au laser Nd-YAG apparaît une procédure sécuritaire dans le traitement de la capsulose chez les patients ayant préalablement été soumis à une vitrectomie séquentielle ou simultanée à la chirurgie de la cataracte.

Toutefois, la survenue d'un nombre plus élevé de complications chez les patients opérés pour chirurgie de la cataracte et vitrectomie devrait être considérée dans la prise en charge et justifier un suivi post-capsulotomie chez ce groupe de patients.

En surcroît aux projets de recherche réalisés antérieurement, cette étude se révèle un incitatif dans le développement de stratégies de prévention de l'opacification de la capsule postérieure. L'opacification de la capsule postérieure demeure un problème clinique prévalent, malgré les avancées actuelles dans la conception des lentilles intraoculaires et le perfectionnement des techniques chirurgicales de la cataracte.

À cet effet, lorsque la chirurgie de la cataracte survient de façon séquentielle à la vitrectomie, il serait intéressant de se pencher sur le rôle de l'intervalle de temps entre la vitrectomie et la chirurgie de la cataracte sur la progression de l'OCP. Est-ce qu'un intervalle prolongé entre la vitrectomie et la chirurgie de la cataracte ne réduirait-il pas l'inflammation dans la période postopératoire et diminuerait ainsi la progression de l'OCP?

L'accessibilité et l'implantation davantage répandues des lentilles intraoculaires spécialisées (*Toric & multifocales*) requièrent un degré de positionnement supérieur au sein du sac capsulaire. Un alignement précis et constant est requis pour fournir une qualité optique optimale. Dans le contexte de l'OCP, l'apparition de fibrose ou la formation de plis au niveau de la capsule postérieure sont associées à des conséquences cliniques importantes, notamment une perte de sensibilité aux contrastes et des phénomènes de diffusion lumineuse.

La poursuite des travaux cliniques et expérimentaux sur la problématique entourant l'opacification de la capsule postérieure est donc souhaitable et mérite l'attention de la communauté scientifique.



## Divulcation

Aucun des auteurs rapportent avoir un conflit d'intérêts en lien avec le sujet de cet article.

## Références

1. Canadian Ophthalmological Society evidence-based clinical practice guidelines for cataract surgery in the adult eye. *Canadian journal of ophthalmology Journal canadien d'ophtalmologie*. 2008;43 Suppl 1:S7-57.
2. *The Wills Eye Manual*. 2012.
3. Québec Gd. Vieillissement de la population, état fonctionnel des personnes âgées et besoins futurs en soins de longue durée au Québec. In. [http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1082\\_VieillissementPop.pdf2010](http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1082_VieillissementPop.pdf2010).
4. Awasthi N, Guo S, Wagner BJ. Posterior capsular opacification: a problem reduced but not yet eradicated. *Arch Ophthalmol*. 2009;127(4):555-562.
5. Goma A, Liu C. Nd:YAG laser capsulotomy: a survey of UK practice and recommendations. *European journal of ophthalmology*. 2011;21(4):385-390.
6. MD RMM. Prevention of Posterior Capsule Opacification. In: MD TK, MD DDK, eds. *Cataract and Refractive Surgery*. Springer Berlin Heidelberg; 2005:pp 101-122.
7. Liegl R, Wertheimer C, Kernt M, Docheva D, Kampik A, Eibl-Lindner KH. Attenuation of human lens epithelial cell spreading, migration and contraction via downregulation of the PI3K/Akt pathway. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie*. 2014;252(2):285-292.
8. Eibl KH, Liegl R, Kernt M, Priglinger S, Kampik A. Alkylphosphocholines as a potential pharmacologic prophylaxis for posterior capsule opacification. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2009;35(5):900-905.
9. Toda J, Kato S, Oshika T, Sugita G. Posterior capsule opacification after combined cataract surgery and vitrectomy. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2007;33(1):104-107.
10. Nishi O, Nishi K, Fujiwara T, Shirasawa E, Ohmoto Y. Effects of the cytokines on the proliferation of and collagen synthesis by human cataract lens epithelial cells. *The British journal of ophthalmology*. 1996;80(1):63-68.
11. Luo Y, Lu Y, Lu G, Wang M. Primary posterior capsulorhexis with anterior vitrectomy in preventing posterior capsule opacification in pediatric cataract microsurgery. *Microsurgery*. 2008;28(2):113-116.
12. Elgohary MA, Dowler JG. Incidence and risk factors of Nd:YAG capsulotomy after phacoemulsification in non-diabetic and diabetic patients. *Clinical & experimental ophthalmology*. 2006;34(6):526-534.
13. Struck HG, Heider C, Lautenschlager C. [Changes in the lens epithelium of diabetic and non-diabetic patients with various forms of opacities in senile cataract]. *Klinische Monatsblätter fur Augenheilkunde*. 2000;216(4):204-209.
14. Ando H, Ando N, Oshika T. Cumulative probability of neodymium: YAG laser posterior capsulotomy after phacoemulsification. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2003;29(11):2148-2154.
15. Hales AM, Chamberlain CG, Murphy CR, McAvoy JW. Estrogen protects lenses against cataract induced by transforming growth factor-beta (TGFbeta). *The Journal of experimental medicine*. 1997;185(2):273-280.
16. Chen Z, John M, Subramanian S, Chen H, Carper D. 17Beta-estradiol confers a protective effect against transforming growth factor-beta2-induced cataracts in female but not male lenses. *Experimental eye research*. 2004;78(1):67-74.
17. Elgohary MA, Dowler JG. Incidence and risk factors of Nd:YAG capsulotomy after phacoemulsification in non-diabetic and diabetic patients. *Clinical & experimental ophthalmology*. 2006;34(6):526-534.
18. Bobrow JC, Blecher MH, Glasser DB, Mitchell KB, Rosenberg LF. *Lens and Cataract 2010-2011*. Amer Academy of Ophthalmology; 2010.

19. Hainsworth DP, Chen SN, Cox TA, Jaffe GJ. Condensation on polymethylmethacrylate, acrylic polymer, and silicone intraocular lenses after fluid-air exchange in rabbits. *Ophthalmology*. 1996;103(9):1410-1418.
20. Peng Q, Apple DJ, Visessook N, et al. Surgical prevention of posterior capsule opacification. Part 2: Enhancement of cortical cleanup by focusing on hydrodissection. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2000;26(2):188-197.
21. Fine IH. Cortical cleaving hydrodissection. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1992;18(5):508-512.
22. Mathey CF, Kohnen TB, Ensikat HJ, Koch HR. Polishing methods for the lens capsule: histology and scanning electron microscopy. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1994;20(1):64-69.
23. Khalifa MA. Polishing the posterior capsule after extracapsular extraction of senile cataract. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1992;18(2):170-173.
24. Dahan E, Allarakhia L. Irrigation, aspiration, and polishing cannula. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1991;17(1):97-98.
25. Turtz AI. Sandblasted end-cutting tip for posterior capsular vacuuming and polishing. *Journal - American Intra-Ocular Implant Society*. 1985;11(1):73.
26. Nishi O, Nishi K. Intercapsular cataract surgery with lens epithelial cell removal. Part III: Long-term follow-up of posterior capsular opacification. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1991;17(2):218-220.
27. Nishi O, Nakai Y, Mizumoto Y, Yamada Y. Capsule opacification after refilling the capsule with an inflatable endocapsular balloon. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1997;23(10):1548-1555.
28. Liu CS, Wormstone IM, Duncan G, Marcantonio JM, Webb SF, Davies PD. A study of human lens cell growth in vitro. A model for posterior capsule opacification. *Investigative ophthalmology & visual science*. 1996;37(5):906-914.
29. O'Donnell FE, Jr., Santos B. Posterior capsular-zonular disruption in planned extracapsular surgery. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill : 1960)*. 1985;103(5):652-653.
30. Osher RH, Cionni RJ. The torn posterior capsule: its intraoperative behavior, surgical management, and long-term consequences. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1990;16(4):490-494.
31. Ronbeck M, Zetterstrom C, Wejde G, Kugelberg M. Comparison of posterior capsule opacification development with 3 intraocular lens types: five-year prospective study. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2009;35(11):1935-1940.
32. Findl O, Buehl W, Bauer P, Sycha T. Interventions for preventing posterior capsule opacification. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2010(2):Cd003738.
33. Nishi O. [Influence of intraocular lens material and design on the development of posterior capsule opacification]. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*. 2005;102(6):572-578.
34. Werner L, Mamalis N, Pandey SK, et al. Posterior capsule opacification in rabbit eyes implanted with hydrophilic acrylic intraocular lenses with enhanced square edge. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2004;30(11):2403-2409.
35. Vock L, Menapace R, Stifter E, Georgopoulos M, Sacu S, Buhl W. Posterior capsule opacification and neodymium:YAG laser capsulotomy rates with a round-edged silicone and a sharp-edged hydrophobic acrylic intraocular lens 10 years after surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(3):459-465.
36. Wertheimer C, Brandlhuber U, Kook D, et al. Erufosine, a phosphoinositide-3-kinase inhibitor, to mitigate posterior capsule opacification in the human capsular bag model. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2015;41(7):1484-1489.
37. Aslam TM, Devlin H, Dhillon B. Use of Nd:YAG laser capsulotomy. *Survey of Ophthalmology*. 2003;48(6):594-612.
38. Ge J, Wand M, Chiang R, Paranhos A, Shields MB. Long-term effect of Nd:YAG laser posterior capsulotomy on intraocular pressure. *Archives of ophthalmology*. 2000;118(10):1334-1337.

39. Stark WJ, Worthen D, Holladay JT, Murray G. Neodymium: YAG lasers. An FDA report. *Ophthalmology*. 1985;92(2):209-212.
40. Altamirano D, Mermoud A, Pittet N, van Melle G, Herbort CP. Aqueous humor analysis after Nd:YAG laser capsulotomy with the laser flare-cell meter. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1992;18(6):554-558.
41. Zeyen P, Zeyen T. The long-term effect of Yag laser posterior capsulotomy on intraocular pressure after combined glaucoma and cataract surgery. *Bulletin de la Societe belge d'ophtalmologie*. 1999;271:99-103.
42. Waseem M, Khan HA. Association of raised intraocular pressure and its correlation to the energy used with raised versus normal intraocular pressure following Nd: YAG laser posterior capsulotomy in pseudophakes. *Journal of the College of Physicians and Surgeons--Pakistan : JCPSP*. 2010;20(8):524-527.
43. Alimanovic Halilovic E. Correlation between eye aperture diameter and complications in the posterior eye segment after Nd-YAG capsulotomy. *Bosnian journal of basic medical sciences / Udruzenje basicnih medicinskih znanosti = Association of Basic Medical Sciences*. 2008;8(2):106-109.
44. Ambler JS, Constable IJ. Retinal detachment following Nd:YAG capsulotomy. *Australian and New Zealand journal of ophthalmology*. 1988;16(4):337-341.
45. Jahn CE, Richter J, Jahn AH, Kremer G, Kron M. Pseudophakic retinal detachment after uneventful phacoemulsification and subsequent neodymium: YAG capsulotomy for capsule opacification. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2003;29(5):925-929.
46. Ari S, Cingu AK, Sahin A, Cinar Y, Caca I. The effects of Nd:YAG laser posterior capsulotomy on macular thickness, intraocular pressure, and visual acuity. *Ophthalmic surgery, lasers & imaging : the official journal of the International Society for Imaging in the Eye*. 2012;43(5):395-400.
47. Blumenkranz SRSaMS. Diabetic Vitrectomy. 2016; <https://entokey.com/diabetic-vitrectomy/-F1-V6-57>. Accessed 2017-10-22, 2017.
48. Iwase T, Oveson BC, Nishi Y. Posterior capsule opacification following 20- and 23-gauge phacovitrectomy (posterior capsule opacification following phacovitrectomy). *Eye (London, England)*. 2012;26(11):1459-1464.
49. Melberg NS, Thomas MA. Nuclear sclerotic cataract after vitrectomy in patients younger than 50 years of age. *Ophthalmology*. 1995;102(10):1466-1471.
50. Rahman R, Briffa BV, Gupta A, Chinn DJ. Factors contributing to posterior capsule opacification following 23-gauge transconjunctival phacovitrectomy. *Ophthalmic surgery, lasers & imaging : the official journal of the International Society for Imaging in the Eye*. 2011;42(3):229-233.
51. Barbazetto IA, Liang J, Chang S, Zheng L, Spector A, Dillon JP. Oxygen tension in the rabbit lens and vitreous before and after vitrectomy. *Experimental eye research*. 2004;78(5):917-924.
52. Holekamp NM, Shui YB, Beebe DC. Vitrectomy surgery increases oxygen exposure to the lens: a possible mechanism for nuclear cataract formation. *American journal of ophthalmology*. 2005;139(2):302-310.
53. Jun JH, Kim KS, Chang SD. Nd:YAG Capsulotomy after Phacoemulsification in Vitrectomized Eyes: Effects of Pars Plana Vitrectomy on Posterior Capsule Opacification. *Journal of ophthalmology*. 2014;2014:840958.
54. Ariki G, Ogino N. [Postoperative anterior chamber inflammation after posterior chamber intraocular lens implantation concurrent with pars plana vitrectomy and lensectomy]. *Nippon Ganka Gakkai zasshi*. 1992;96(10):1300-1305.
55. Tachi N, Kondo M, Uchida H, Ogino N. [Anterior chamber inflammation after vitrectomy in posterior vitreous membrane syndrome and phacoemulsification and intraocular lens implantation]. *Nippon Ganka Gakkai zasshi*. 1995;99(3):329-335.
56. Scharwey K, Pavlovic S, Jacobi KW. [Early posterior capsule fibrosis after combined cataract and vitreoretinal surgery with intraocular air/SF6 gas tamponade]. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 1998;212(3):149-153.

57. Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Correlation between posterior capsule opacification and visual function before and after Neodymium: YAG laser posterior capsulotomy. *American journal of ophthalmology*. 2003;136(4):720-726.
58. Fel A, Aslangul E, Le Jeune C. [Eye and corticosteroid's use]. *Presse medicale (Paris, France : 1983)*. 2012;41(4):414-421.
59. Steinert RF, Puliafito CA, Kumar SR, Dudak SD, Patel S. Cystoid macular edema, retinal detachment, and glaucoma after Nd:YAG laser posterior capsulotomy. *American journal of ophthalmology*. 1991;112(4):373-380.
60. Powell SK, Olson RJ. Incidence of retinal detachment after cataract surgery and neodymium: YAG laser capsulotomy. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1995;21(2):132-135.
61. Jacobi FK, Hessemer V. Pseudophakic retinal detachment in high axial myopia. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1997;23(7):1095-1102.
62. Raza A. Complications after Nd YAG Posterior Capsulotomy. *Journal of Rawalpindi Medical College (JRMCI)*. 2007(11):27-29.
63. Karahan E, Tuncer I, Zengin MO. The Effect of ND:YAG Laser Posterior Capsulotomy Size on Refraction, Intraocular Pressure, and Macular Thickness. *Journal of ophthalmology*. 2014;2014:846385.

## Annexes

### Annexe 1 – A. Caractéristiques prédictives

ID	Groupe	Oeil	DDN	Sexe	Db	ATCD	Date_chx	Phaco	Poliss	P	D
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
<b>Légende :</b> ID – Identification, Groupe – cohorte Cataracte ou Cataracte et Vitrectomie, Œil – Latéralité, DDN – Date de naissance, Db – Statut diabétique, ATCD – Antécédents ophtalmologiques, Date_chx – Date de la chirurgie de la cataracte, Phaco – Phacoémulsification, Poliss – Polissage de la capsule postérieure, P – LIO pliable, D - Dioptrie											

## Annexe 1 – B. Paramètres per-traitement laser

ID	Groupe	Œil	Date_tx	E	Nb_pulses	ET
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

**Légende :** ID – Identification, Groupe – cohorte **Cataracte** ou **Cataracte et Vitrectomie**, Œil – Latéralité, Date\_tx – Date du traitement par capsulotomie laser Nd-YAG, E – Énergie laser délivrée par pulse (mJ), Nb\_pulses – nombre de pulses, ET – Énergie totale délivrée au cours de la capsulotomie.

# Annexe 1 – C. Complications post-traitement par capsulotomie laser Nd-YAG

ID	Groupe	Œil	PIO_d	PIO_f	DR	OMK	DLIO	H	OC	PDC	Uv	RC
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
<b>Légende :</b> ID – Identification, Groupe – cohorte <b>Cataracte</b> ou <b>Cataracte et Vitrectomie</b> , Œil – Latéralité, PIO_d – Pression intraoculaire pré-traitement laser, PIO_f – Pression intraoculaire post-traitement laser, DR- Décollement de rétine, OMK – Œdème maculaire kystique, DLIO – Dommage à la lentille intraoculaire, H – Hyphéma, OC – Œdème de cornée, PDC – Prolifération des débris du cristallin, Uv – Uvéite, RC – Fermeture de la capsule postérieure.												



**Annexe 1 – D. Visites de suivi répertoriées à la suite de la chirurgie de la cataracte**

ID	Date_visite	Fibrose_OS	Fibrose_OD
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Date de fin de collecte : 31 décembre 2015			
<b>Légende</b> : ID – Identification, Fibrose_OS – Opacification capsule postérieure œil gauche, Fibrose_OD – Opacification capsule postérieure œil droit			

**Annexe 2. Indication de vitrectomie** – Profile de la cohorte traitée par chirurgie de la cataracte et vitrectomie

ID	Œil	Indication	Date
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

**Légende :** ID – Identification, Œil – 0 : œil droit et 1 : œil gauche, Date – Date de la chirurgie de vitrectomie.

**Indication de vitrectomie** – Profile de la cohorte traitée par chirurgie de la cataracte et vitrectomie

Indication	Fréquence
Membranes épirétiniennes (MER)	9/25
Hémorragie du vitré	3/25
Décollement de rétine rhégmatoïde	9/25
Dégénérescence fibrillaire du vitré	2/25
Trou maculaire	1/25
Non-disponible	1/25

