

Effect of Cataract and Its Extraction on Retinal Nerve Fiber Layer Thickness Measurement by OCT.

Dr. Kahtan Jalloul*
Dr. Yusuf Suleiman**
Salah aldeen Aldrwish***

(Received 21 / 5 / 2019. Accepted 23 / 6 / 2019)

□ ABSTRACT □

Introduction:The purpose of this study is to determine the effect of cataract surgery by phacoemulsification on the measurement of retinal nerve fiber layer using spectral domain optical coherence tomography(OCT).

Patients and methods :This research included 50 persons of ophthalmology clinic visitors at Tishreen University Hospital in Lattakia, their ages were from 40 to 80 years. The study included 32 males and 18 females, with no other ocular morbidity except cataract and planned for phacoemulsification . All patients underwent imaging with OCT one day before surgery and at 1 month after surgery.

Results :The mean age of subjects was 62.1 ± 5.8 years. The average RNFL increased from $99.28 \pm 11.618 \mu\text{m}$ to $104.71 \pm 15.908 \mu\text{m}$ after phacoemulsification, an increase of 5.43 % ($P = 0.005$). Pre- and postoperative overall quadrant RNFL thickness differences were statistically significant in all quadrants with the exception of the temporal quadrant (increase in superior quadrant 3.02%, inferior quadrant 7.18%, nasal quadrant 11.56%), increase in the temporal quadrant 0.02%. The change in RNFL thickness was maximum in posterior subcapsular cataract followed by cortical and nuclear subtypes.

Conclusions:A significant increase in RNFL thickness was observed after cataract surgery using OCT. The maximum change in RNFL thickness was in the inferior quadrant where RNFL thinning is a significant predictor of glaucoma progression. The posterior subcapsular cataract interfered with RNFL measurement maximally due to its density and proximity to nodal point. After the cataract surgery, a new baseline needs to be established by, obtaining fresh OCT images for assessing the longitudinal follow-up of a glaucoma patient.

Keywords : Cataract, phacoemulsification, retinal nerve fiber layer RNFL, optical coherence tomography OCT.

* Professor , Department of Ophthalmology, Faculty of Medicine , Tishreen University , Lattakia , Syria

** Professor , Department of Ophthalmology, Faculty of Medicine , Tishreen University , Lattakia , Syria.

*** Postgraduate student , Department of Ophthalmology, Faculty of Medicine , Tishreen University , Lattakia , Syria.

تأثير الساد واستخراجه على قياس سماكة ألياف العصب البصري بواسطة ال OCT.

د. فحطان جلول*

د. يوسف سليمان**

صلاح الدين الدرويش***

(تاريخ الإيداع 21 / 5 / 2019. قُبِلَ للنشر في 23 / 6 / 2019)

□ ملخص □

المقدمة: الهدف من هذه الدراسة هو تحديد تأثير جراحة الساد بواسطة الأمواج فوق الصوتية على طبقة الألياف العصبية الشبكية (RNFL) بواسطة التصوير المقطعي المتناسك البصري (OCT).

المواد و الطرائق: شملت العينة على 50 مريض من مراجعي العيادة العينية في مشفى تشرين الجامعي باللاذقية. بلغ عدد الذكور 32 وعدد الإناث 18. وتتراوح الأعمار بين 40 إلى 80 سنة. المرضى المشخص لديهم ساد بدون أي مشاكل عينية أخرى تم إدخالهم بالدراسة وأجراء فحص عيني شامل لهم وأجراء صورة OCT لطبقة الألياف العصبية الشبكية (RNFL) قبل يوم من العمل الجراحي وبعد شهر واحد من العمل الجراحي.

النتائج: العمر الوسطي 5.8 ± 62.1 سنة. زاد معدل سماكة RNFL من 11.61 ± 99.28 إلى 15.908 ± 104.71 بقيمة 5.43% ($P=0.005$) بعد جراحة الساد بالأمواج فوق الصوتية. كان هناك فرق هام إحصائياً في سماكة أرباع RNFL قبل وبعد الجراحة باستثناء الربع الصدغي (الزيادة في الربع العلوي 3.02% ، السفلي 7.18% ، الأنسي 11.56%)، الزيادة بالربع الصدغي 0.002% . التغير الأعظمي كان في الساد تحت المحفظة الخلفية ثم الساد القشري ثم الساد النواتي.

الاستنتاجات: يوجد زيادة هامة ملحوظة في سماكة RNFL بعد جراحة الساد بالأمواج فوق الصوتية مقاسة بواسطة OCT. التغير الأعظمي في سماكة RNFL كان في الربع السفلي، حيث يعتبر ترقق الربع السفلي مؤشر تنبؤي هام في تطور الزرق. الساد تحت المحفظة الخلفي هو المؤثر الأعظم نظراً لشدته وقربه من النقطة العقدية. بعد جراحة الساد، إجراء صور OCT باكراً لطبقة الألياف العصبية الشبكية (RNFL) لتحديد خط قاعدي جديد للمرضى الذين يحتاجون متابعة من أجل الزرق.

الكلمات المفتاحية: الساد، جراحة الساد بالأمواج فوق الصوتية، طبقة الألياف العصبية الشبكية (RNFL)، التصوير المقطعي المتناسك البصري (OCT).

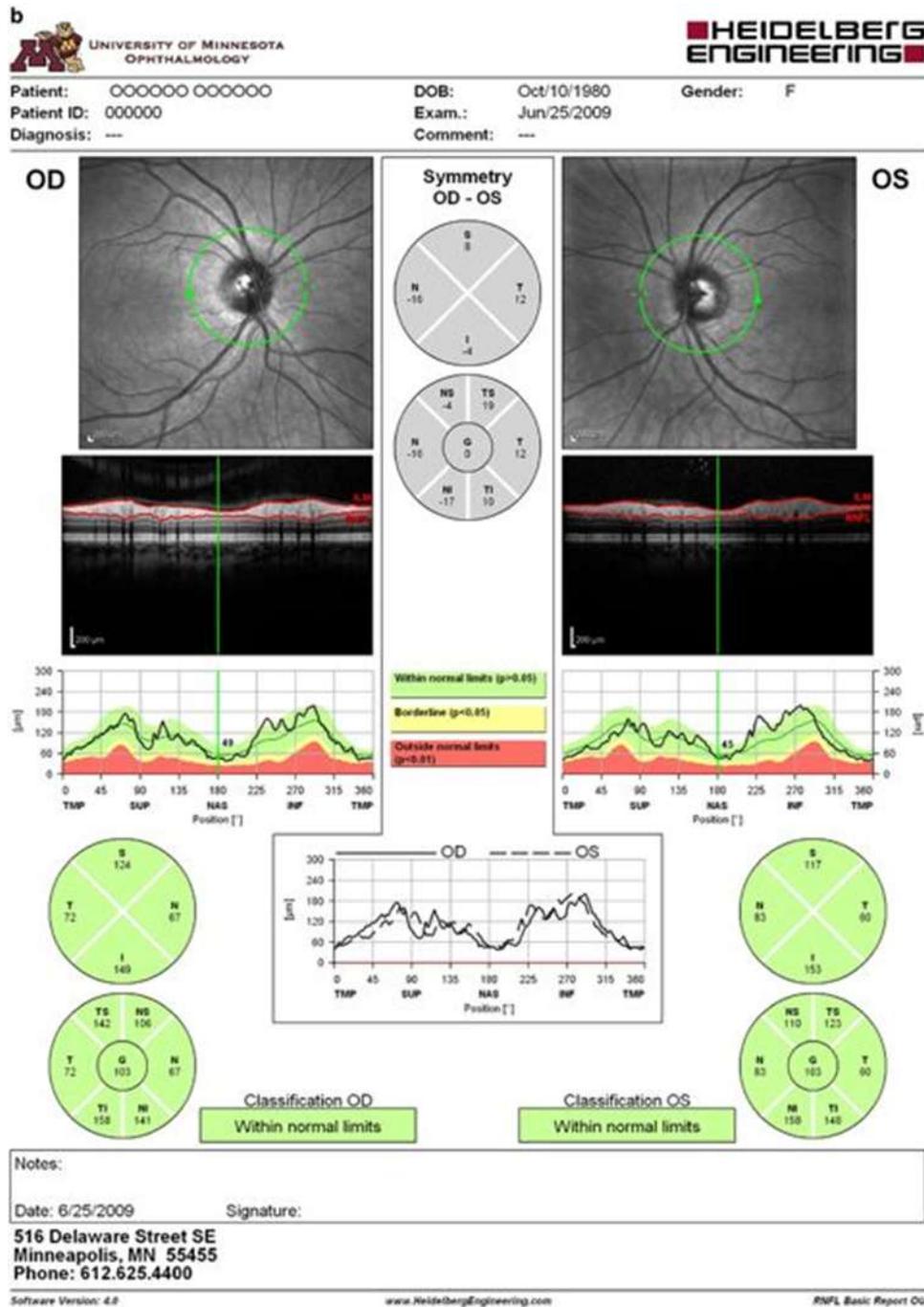
*أستاذ، قسم أمراض العين وجراحاتها، كلية الطب، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

**أستاذ، قسم أمراض العين وجراحاتها، كلية الطب، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

*** طالب ماجستير، قسم العين وجراحاتها، كلية الطب، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

مقدمة :

الساد عبارة عن تغيم وتكثف للعدسة الطبيعية الشفافة مما ينتج عنه تدني في القدرة البصرية جزئي أو كلي، يتم علاج الساد بالإزالة الجراحية للعدسة المتكثفة [1]. في الوقت الحالي تعتبر جراحة الساد بواسطة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية من أشيع الإجراءات الجراحية في طب العيون. ونظرا " لإدخال تقنيات تصوير شبكية جديدة مثل التصوير المقطعي المتناسك البصري (OCT) من الممكن إجراء دراسات عالية الدقة للتغيرات التي تحدث على متوسط سماكة طبقة الألياف العصبية الشبكية (RNFL) بعد الجراحة حتى عندما تكون هذه التغيرات دقيقة [2]. أن تقدم التكنولوجيا في مجال التصوير العينية تؤمن معلومات موضوعية وكمية عن سلامة وسماكة RNFL ورأس العصب البصري، وهذه التقنيات تستخدم للتنبؤ بتطور بأمراض العصب البصري مثل الزرق ولديها القدرة على اكتشاف وقياس الضرر بالأنسجة [3,4,5]، ومن هذه التقنيات تقنية الـ OCT. الـ OCT هي نوع جديد من تقنيات التشخيص الطبي. تعتبر تقنية الـ OCT تقنية تصوير طبية غير راضة تستخدم للحصول على صور وقياسات للأنسجة البيولوجية [6] كما في الشكل (1). يقوم الـ OCT بإجراء تصوير شعاعي طبقي بشكل مقاطع عرضية عالية الدقة بمقياس ميكرون للبنى المجهرية الداخلية في الأنسجة عن طريق قياس التأخر الزمني للصدى وشدة الضوء المبعثر أو الخلفي المنعكس [7,8]. يعتمد الـ OCT على انعكاس إشارة الضوء من الشبكية لقياس سماكة RNFL، يوجد العديد من البرامج software تقوم بتقسيم الـ RNFL تلقائيا" بواسطة كشف الطبقة المحددة الباطنة والحدود الخارجية لـ RNFL في كل مسح ضوئي لـ OCT [9].



الشكل (1) يبين قياس سماكة ألياف العصب البصري بواسطة OCT.

OCT يستخدم بشكل شائع في طب العيون للمساعدة في تشخيص ومراقبة الحالات المرضية مثل الزرق وأمراض اللطخة الصفراء عن طريق توفير صور مفصلة بمقاطع عرضية لرأس العصب البصري والشبكية بدقة عالية أكثر من غيرها من تقنيات التصوير المتاحة [10]. على الرغم من أن الـ OCT يستخدم الأشعة تحت الحمراء ويعتمد على انخفاض مستوى التداخل، أظهرت دراسات أن كلاً من المسح الضوئي وقياس طبقة الألياف العصبية الشبكية قد تتأثر بعدة عوامل مثل حجم الحدقة [11]، الساد [12] بالإضافة إلى عوامل تشريحية عينية أخرى. أن وجود الساد وتغييرات أخرى في الأوساط الشفافة تعيق إمكانية تصوير القطب الخلفي وتؤدي إلى انخفاض جودة صور الشبكية

التي تم الحصول عليها بواسطة OCT. وهذا قد يؤدي إلى قياسات خاطئة لسماكة طبقة الألياف العصبية الشبكية التي تبدو أنها أرق [13]. من المهم أن نفهم تأثير الساد على قياسات سماكة RNFL بواسطة OCT، وهذا له أهمية علمية لان الساد والزرق في كثير من الأحيان قد يتواجدان معا" عند كبار السن [14]. لذلك تم تصميم هذه الدراسة لتقييم تأثير الساد على قياس سماكة RNFL، وهذه الدراسة مهمة بشكل خاص لأنها توفر أدلة سريرية على ان الساد قد يكون عامل مربك في الكشف عن تقدم الزرق بواسطة OCT.

طرائق البحث و مواده :

دراسة حشدية وصفية مستقبلية.الدراسة مطابقة لبيان هلنسكي. يشمل البحث 50مريض مشخص لديهم ساد مراجعين للعيادة العينية في مستشفى تشرين الجامعي الذين تتراوح اعمارهم بين 40 و 80 سنة والذين ليس لديهم أي مرض عيني باستثناء الساد ومخطط لهم استحلاب الساد بالأموح فوق الصوتية وزرع عدسة داخل العين، مدة الدراسة من 12 شباط لعام 2018 حتى 1 آذار لعام 2019. و استنتيت من الدراسة كل الحالات التالية: حدوث أي اختلاط اثناء العمل الجراحي،المرضى الذين لديهم ضغط داخل العين اكثر من 21،العصب البصري المائل أو أي شذوذ آخر، أمراض العصب البصري والشبكية واي كثافة بالأوساط الشفافة باستثناء وجود الساد،تاريخ عائلي للزرق، السكري، أي جراحة عينية سابقة،أسواء الانكسار ± 5 كسيرة أو اكثر. أخذ قصة مرضية مفصلة لكل مريض يتبعها فحص عيني كامل يبدأ بتحديد القدرة البصرية،أسواء الانكسار، فحص بواسطة المصباح الشقي، فحص القسم الخلفي باستخدام التنظير الحيوي المجهرى، قياس ضغط العين، تصنيف الساد إلى نواتي و قشري وتحت محفظة خلفي بناء" على lens opacities classification system III(LOCS III) [15].إجراء صور RNFL بواسطة software HEIDELBERG_ENGINEERING SD_OCT(version:6.0.12) بعد توسيع الحدقة ب 1% tropicamid. اعتماد قطر الدائرة حول العصب 3.4 ملم لأنه افضل من قطر 4.5 ملم وقطر الدائرة 2.9 ملم في الحساسية للتغيرات الدقيقة وأخذ القياسات [16].أجراء 3 قياسات لكل مريض والمسح الذي كان يحقق أفضل قوة إشارة كانت تدخل في البحث، تم إجراء كل القياسات بواسطة نفس الفاحص. تم استخراج الساد بواسطة جراحيين فقط بتقنية استحلاب العدسة بالأموح فوق الصوتية تحت التخدير الموضعي. متابعة المريض بعد شهر واحد من الجراحة وإعادة أخذ القدرة البصرية، وفحص الأقسام الامامية والخلفية، مسح OCT بعد الجراحة بنفس الفاحص ونفس البروتوكول. المعالم المقيمة قبل وبعد جراحة الساد بشهر كانت سماكة RNFL(360 درجة،4 أرباع).تم قبول مستوى الدلالة الاحصائية P أقل أو يساوي 0.05.

النتائج والمناقشة:

النتائج :

بلغت عدد حالات الدراسة 50 مريض ل 50 عين، وذلك خلال فترة الدراسة التي امتدت من تاريخ 2018\2\12م لغاية 2019\3\1م في قسم أمراض العين وجراحاتها في مستشفى تشرين الجامعي باللاذقية. شملت الدراسة 32 ذكر (بنسبة 64.0%) و 18 أنثى (36.0%) (الجدول(1).

الجدول 1: يبين توزيع أفراد العينة حسب الجنس.

الجنس	ذكور	إناث	المجموع
عدد الأفراد	32	18	50
النسبة المئوية	64.0%	36.0%	100.0%

تراوحت أعمار أفراد العينة من 40_80 سنة، وسطيًا 5.8 ± 62.1 سنة. تم تقسيم العينة إلى 4 فئات عمرية كما في الجدول (2). العدد الأعظم للمرضى وقع في الفئة {61_70}.

الجدول 2: يبين توزيع أفراد العين حسب العمر.

الفئة العمرية بالسنوات	40_50	51_60	61_70	71_80	المجموع
عدد الأفراد	7	11	20	12	50
النسبة المئوية	14.0%	22.0%	40.0%	24.0%	100.0%

كانت ال 50 عينة المدرجة في الدراسة تحتوي على أكثر من شكل للساد وفقاً لـ LOCS III ولكن تم تقسيمهم إحصائياً إلى 3 فئات على الشكل التالي، 26 بشكل رئيسي لديهم ساد نواتي N (nuclear)، 17 بشكل رئيسي لديهم ساد تحت محفظة خلفي S (subcapsular posterior)، 7 بشكل رئيسي لديهم ساد قشري C (cortical) الجدول (3).

الجدول 3: يبين توزيع أفراد العينة حسب نوع الساد.

نوع الساد	ساد نواتي N	ساد تحت محفظة خلفي S	ساد قشري C	المجموع
عدد الأفراد	26	17	7	50
النسبة المئوية	52.0%	34.0%	14.0%	100.0%

زاد معدل سماكة RNFL بقيمة 5.43% ($P=0.005$) من 99.28 ± 11.618 إلى 104.71 ± 15.908 بعد جراحة الساد بالأمواج فوق الصوتية. كان هناك فرق هام إحصائياً في سماكة أرباع RNFL قبل وبعد الجراحة باستثناء الربع الصدغي (الزيادة في الربع العلوي 3.02% ، السفلي 7.18% ، الأنسي 11.56%) الزيادة بالربع الصدغي 0.002% ($P=0.991$) الجدول (4).

الجدول 4: يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لمعدل سماكة RNFL وسماكة أرباع RNFL. المتوسط الحسابي (\pm الانحراف المعياري).

P value	الفرق في المتوسط الحسابي	بعد العمل الجراحي	قبل العمل الجراحي	
0.005	5.43	$104.72(\pm 15.10)$	$99.28(\pm 11.62)$	معدل سماكة RNFL
0.015	7.18	$123.64(\pm 18.38)$	$116.46(\pm 22.15)$	RNFL السفلي
0.003	3.02	$129.20(\pm 18.34)$	$126.18(\pm 22.15)$	RNFL العلوي
0.001	6.56	$78.36(\pm 33.75)$	$72.80(\pm 18.32)$	RNFL الأنسي
0.991	0.02	$81.66(\pm 25.42)$	$81.61(\pm 25.70)$	RNFL الصدغي

وفي دراسة تأثير أنواع الساد على معدل سماكة RNFL وأرباعه لوحظ أن الفرق في سماكة الربع الصدغي غير هامة في كل أنواع الساد. وفي الوقت نفسه، لم يكن الفرق كبير في سماكة الربع الأنسي في الساد القشري والساد تحت المحفظة الخلفية وكذلك الربع السفلي في الساد القشري والنواتي. وقد لوحظ أهمية إحصائية في الأرباع الأخرى في أنواع الساد الثلاث الجداول (5)،(6)،(7).

الجدول 5: يبين تأثير الساد النواتي N على المتوسط الحسابي والانحراف المعياري.

الساد النواتي N	قبل العملي الجراحي	بعد العملي الجراحي	الفرق في المتوسط الحسابي	P value
معدل RNFL	87.2(±20.3)	93.1(±25.9)	5.9	0.004
RNFL السفلي	116.2(±34.4)	123(±42.5)	6.8	0.196
RNFL العلوي	106.3(±30.5)	114.4(±32.6)	8.1	0.012
RNFL الأنسي	61.8(±22.9)	76.7(±17.4)	14.9	0.031
RNFL الصدغي	63(±16.2)	59.8(±23.3)	3.2	0.693

الجدول 6: يبين تأثير الساد تحت المحفظة الخلفية على المتوسط الحسابي والانحراف المعياري.

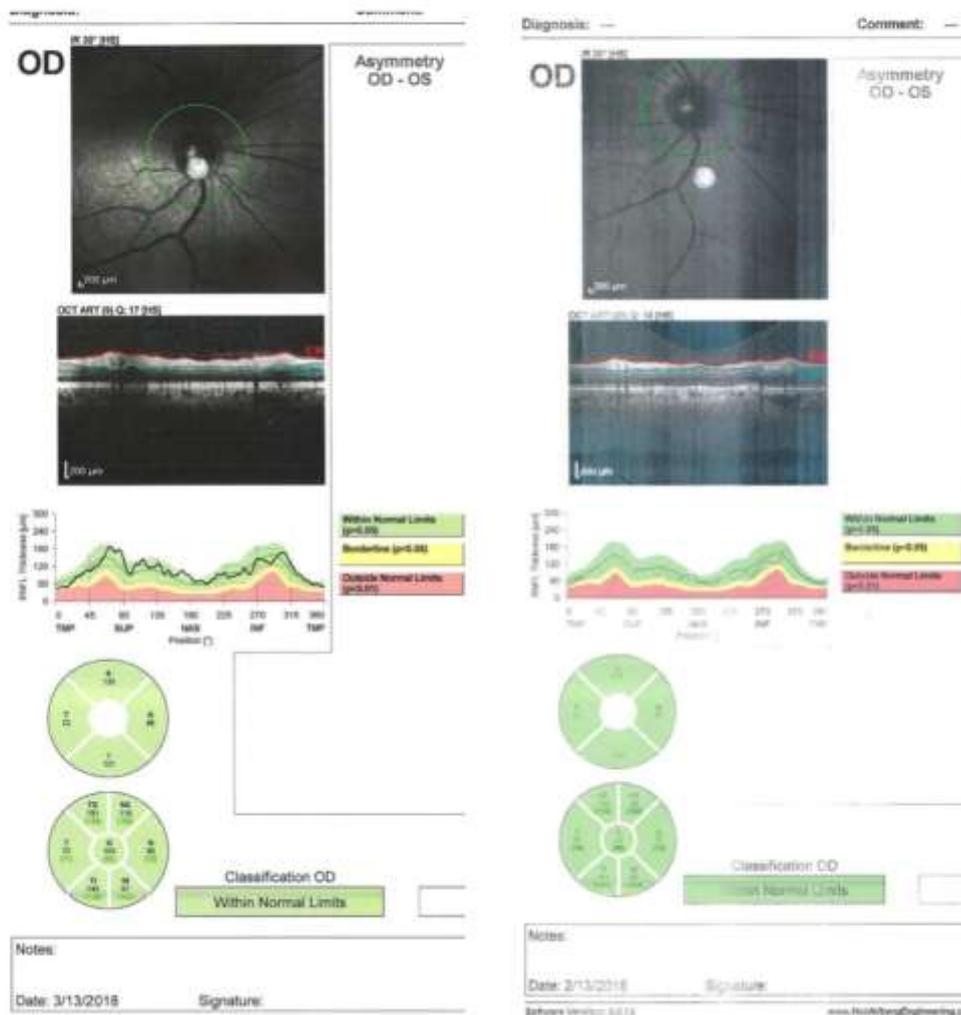
الساد تحت المحفظة الخلفية	قبل العمل الجراحي	بعد العمل الجراحي	الفرق في المتوسط الحسابي	P value
معدل RNFL	85.9(±15.7)	96.8(±11.3)	10.9	0.004
RNFL السفلي	107.7(±23.8)	126.2(±16)	18.5	0.011
RNFL العلوي	104.3(±24.3)	112.2(±17.7)	7.9	0.021
RNFL الأنسي	60.9(±23.2)	77.8(±22.1)	16.9	0.066
RNFL الصدغي	70(±23.6)	70.2(±23.5)	0.2	0.975

الجدول 7: يبين تأثير الساد القشري على المتوسط الحسابي والانحراف المعياري.

الساد القشري	قبل العمل الجراحي	بعد العمل الجراحي	الفرق في المتوسط الحسابي	P value
معدل RNFL	78.8(±10.8)	87.6(±9.6)	8.8	0.031
RNFL السفلي	101(±24.9)	106.6(±15.1)	5.6	0.474
RNFL العلوي	89.4(±12.3)	102.2(±20.5)	12.8	0.045
RNFL الأنسي	54.6(±17.2)	64(±8)	9.4	0.112
RNFL الصدغي	70.6(±16.6)	76.8(±23.8)	6.2	0.381

المناقشة:

خلال السنوات الماضية، أصبح OCT تقنية تصوير عالية الدقة لا غنى عنها في تصوير بنى شبكية العين. واحدة من أكثر الاستخدامات المفيدة لـ OCT هي قدرتها على الحساسية والقياسات الكمية لسماكة RNFL. في دراستنا، كان الحصول على صور عالية الجودة غير قابلة التحصيل قبل الجراحة بسبب تدهور الصورة الذي يعزى إلى وجود الساد. ومع ذلك، كررنا عمليات المسح حتى تم تحقيق صورة مرضية. بعد الجراحة كان هناك زيادة كبيرة في دقة الصورة الشكل(2).



الشكل(2) يبين تحسن قراءات RNFL للمريضة بعد العمل الجراحي بواسطة الـ OCT. على يمين الصورة قبل العمل الجراحي و على يسار الصورة بعد العمل الجراحي.

تم ذكر تقارير انه يحدث زيادة في سماكة RNFL في وذمة اللطخة الصفراء، اعتلال الشبكية المصلي المركزي، انفصال الشبكية، اعتلال اللطخة المتعلق بالعمر AMD، رض الشبكية [17]. هنا، التغيير في قياسات سماكة RNFL كانت على الأرجح يرجع إلى سوء جودة الصور مما أدى إلى قياسات RNFL خاطئة [18].

باختصار، قيمت هذه الدراسة سماكة RNFL قبل وبعد شهر من جراحة الساد بواسطة الأمواج فوق الصوتية بواسطة OCT. لوحظ زيادة هامة إحصائيا في معدل سماكة RNFL بمعدل 5.43% وأرباع RNFL الأربعة باستثناء الربع الصدغي وهذه الزيادة يمكن مقارنتها مع النتائج التي حصل عليها Cheng et al [19] و kim et al [20]، وباستثناء الأرباع السفلية في الساد القشري والنواتي، واستثناء الأرباع الأنسية في الساد القشري وتحت المحفظة الخلفية.

هذا التغيير الغير مهم في الأرباع الصدغية وفي بعض الأرباع قد يعزى إلى تفاوت توزع كثافة الساد في العدسة البلورية. وجدنا أن التغيير الاعظمي في سماكة RNFL بعد جراحة الساد كانت في الربع السفلي وهذا له تطبيق سريري هام حيث وجد أن معدل ترقق الربع السفلي هو مشعر هام للتنبؤ بتطور الزرق [21].

تقترح بياناتنا إلى أن إمكانية استخراج الساد يمكن أن يؤدي إلى زيادة واضحة في قياسات RNFL. يمكن شرح هذا التغيير في سماكة RNFL وجودة الصورة بحقيقة أن الساد يعيق نقل الإشارة وانعكاسها من وإلى الشبكية، وإن معلومات انعكاس الضوء المتأخرة بدورها تؤثر على التحديد المكاني لطبقة RNFL مما يؤدي إلى قياسات خاطئة منخفضة الدقة.

وجدنا ان جميع أنواع الساد تؤثر بشكل هام على قياسات سماكة RNFL، ولكن الساد تحت المحفظة الخلفية يؤثر بشكل أعظمي. يمكن تفسير هذا الأمر بأن الكثافة العالية والشكل النمطي للساد تحت المحفظة الخلفي تؤدي إلى إحاء النقطة العقدية. وهذا مشابه لنتائج التي حصل عليها Savinie el at [22]. وجد أن الساد المسبب للنقص الاعظمي في دراسة Cheng el at الساد النواتي، وأن الساد القشري في دراسة kim el at، ويمكن ان يعزى هذا الاختلاف إلى معايير الاستبعاد والإدخال وتصنيف أنواع الساد وحجم العينة.

ولكن، هناك بعض المحددات في دراستنا:

أولاً، تم إجراء الدراسة على مرضى طبيعيين ولذلك لا يمكن تطبيق النتائج على مرضى الزرق.

ثانياً، العدد الأصغر من المرضى في كل نوع من انواع الساد.

ثالثاً، أيضاً لم تدرس العلاقة بين شدة الساد وتغييرات RNFL.

الاستنتاجات و التوصيات :

من خلال دراستنا وجدنا: زيادة في معدل سماكة RNFL بمقدار 5.43% بعد إزالة الساد.

زيادة في معدل معظم أرباع ال RNFL الأربعة باستثناء الربع الصدغي وبعض الأرباع في بعض أنواع الساد.

كان التغيير الأعظمي في سماكة RNFL في الربع السفلي.

كان الساد تحت المحفظة هو النوع الأكثر تأثيراً على سماكة RNFL.

الموجودات في هذه الدراسة لها أهمية سريرية تتضمن أن التصوير المقطعي المتماusk البصري يمثل تقدم كبير في تقييم أمراض الشبكية، وأن سماكة ألياف العصب البصري المقاسة بواسطة التصوير المقطعي المتماusk البصري يمكن أن تكون أداة للتقييم المبكر للزرق. تقترح معطياتنا أن وجود الساد يؤثر بشكل هام على قياس سماكة ألياف العصب

البصري المدروسة بواسطة التصوير المقطعي المتماusk البصري. في الممارسة السريرية يمكن توقع زيادة في سماكة ألياف العصب البصري بعد جراحة الساد ونحن ننصح بإجراء صور باكرة بعد جراحة الساد لتحديد خط قاعدي جديد للمرضى الذين يحتاجون متابعة من أجل الزرق.

المراجع :

1. Ching HY, Wong AC, Wong CC, Woo DC, Chan CW Cystoid macular oedema and changes in retinal thickness eye. 2006 Mar;20(3):297-303.
2. Schuman JS, Pedut-Kloizman T, Hertzmark E, et al. Reproducibility of nerve fibre layer thickness measurements using optical coherence tomography. *Ophthalmology*. 1996;103:1889–1898.
3. Alencar LM, Bowd C, Weinreb RN, Zangwill LM, Sample PA, Medeiros FA. Comparison of HRT-3 glaucoma probability score and subjective stereophotograph assessment for prediction of progression in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008;49:1898–906.
4. Alencar LM, Zangwill LM, Weinreb RN, Bowd C, Vizzeri G, Sample PA, et al. Agreement for detecting glaucoma progression with the GDx guided progression analysis, automated perimetry, and optic disc photography. *Ophthalmology*. 2010;117:462–70.
5. Medeiros FA, Alencar LM, Zangwill LM, Bowd C, Vizzeri G, Sample PA, et al. Detection of progressive retinal nerve fiber layer loss in glaucoma using scanning laser polarimetry with variable corneal compensation. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50:1675–81.
6. Medeiros FA, Zangwill LM, Alencar LM, Bowd C, Sample PA, Susanna R, Jr, et al. Detection of glaucoma progression with stratus OCT retinal nerve fiber layer, optic nerve head, and macular thickness measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50:5741–8.
7. Huang D, Swanson EA, Lin CP, et al. Optical coherence tomography *Science*. 1991;254:1178–1181.
8. Fujimoto JG. Optical coherence tomography for ultrahigh resolution in vivo imaging. *Nat Biotechnol*. 2003;21:1361–1367.
9. Leung CK, Lam S, Weinreb RN, Liu S, Ye C, Liu L, et al. Retinal nerve fiber layer imaging spectral-domain optical coherence tomography: Analysis of the retinal nerve fiber layer map for glaucoma detection. *Ophthalmology*. 2010;117:1684–91
10. Niessen, Antoinette GJE, et al. "Retinal nerve fiber layer assessment by scanning laser polarimetry and standardized photography." *American journal of ophthalmology* 121.5 (1996): 484-493..
11. Anton, A., Zangwill, L., Emdadi, A., & Weinreb, R. N. (1997). Nerve fiber layer measurements with scanning laser polarimetry in ocular hypertension. *Archives of Ophthalmology*, 115(3), 331-334.
12. Dreher AW, Reiter KR. Retinal laser ellipsometry: a new method for measuring the Retinal Nerve fiber layer thickness distribution. *Clin Vision Sci* 1992;7:481-488.
13. Mastropasqua L, Carpineto P, Ciancaglini M, et al. Reproducibility of nerve fibre layer thickness measurements using optical coherence tomography in silicone oil-filled eyes. *Ophthalmologica*, 2001.

14. Quillen DA. Common causes of vision loss in elderly patients. Am Fam Physician.1999.
15. Chylack LT, Jr, Wolfe JK, Singer DM, Leske MC, Bullimore MA, Bailey IL, et al. The lens opacities classification system III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. Arch Ophthalmol. 1993;111:831–6.
16. Schuman JS, Pedut-Kloizman T, Hertzmark E, et al. Reproducibility of nerve fibre layer thickness measurements using optical coherence tomography. Ophthalmology. 1996;103:1889–1898 .
17. Aydin A, Wollstein G, Price LL, et al. Optical coherence tomography assessment of retinal nerve fibre layer thickness changes after glaucoma surgery. Ophthalmology. 2003;110:1506–1511.
18. Jones AL, Sheen NJL, North RV, Morgan JE. The Humphrey optical coherence tomography scanner: quantitative analysis and reproducibility study of the normal human retinal nerve fibre layer. Br J Ophthalmol. 2001;85:673–677.
19. Cheng CS, Natividad MG, Earnest A, Yong V, Lim BA, Wong HT, et al. Comparison of the influence of cataract and pupil size on retinal nerve fibre layer thickness measurements with time-domain and spectral-domain optical coherence tomography. Clin Exp Ophthalmol. 2011;39:215–21.
20. Kim NR, Lee H, Lee ES, Kim JH, Hong S, Je Seong G, et al. Influence of cataract on time domain and spectral domain optical coherence tomography retinal nerve fiber layer measurements. J Glaucoma. 2012;21:116–22.
21. Ungar AK, Wollstein G, Ishikawa H, Folio LS, Ling Y, Bilonick RA, et al. Evaluating objective and subjective quantitative parameters at the initial visit to predict future glaucomatous visual field progression. Ophthalmic Surg Lasers Imaging. 2012;43:416–24.
22. Savini G, Zanini M, Barboni P. Influence of pupil size and cataract on retinal nerve fiber layer thickness measurements by Stratus OCT. J Glaucoma. 2006;15:336–40.