الزوغانات القرنية عالية الترتيب قبل وبعد قطع القرنية الضوئي الانكساري عبر الظهارة

د. تيم درويش*

د.قحطان جلول*

فادي قاسم**

(تاريخ الإيداع 29 / 4 / 2021. قُبِل للنشر في 21 / 6 / 2021)

□ ملخّص □

الهدف: تحرّي تغير الزوغانات القرنية عالية الترتيب بعد قطع القرنية الضوئي الانكساري عبر الظهارة على الوجهين الأمامي والخلفي للقرنية، ودراسة علاقة هذا التغير مع المكافئ الكروي لأسواء الانكسار المصححة.

الطرائق: شارك في الدراسة 50 مريض (98 عين) من المرضى المسجلين لإجراء جراحة قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة في الشعبة العينية في مستشفى تشرين الجامعي باللاذقية والمحققين معايير الاشتمال في الدراسة، حيث تم قياس الزوغان القرني باستخدام جهاز قياس طبوغرافيا القرنية Sirius Corneal Topography بالنسبة لقطري حدقة 3 و 6 ملم وعلى الوجهين الأمامي والخلفي للقرنية وإعادة القياس بعد 6 أشهر من تاريخ الجراحة.

النتائج: بالنسبة للوجه الأمامي للقرنية، لم يكن تغير الزوغانات هاماً عند قطر حدقة 3 ملم بينما ازدادت كافة الزوغانات عند قطر حدقة 6ملم (P=0.005 للزوغانات القرنية الكلية، P=0.04 لزوغان الفاصلة،P=0.003 للزوغان الكروي، P=0.001 للزوغان ثلاثي الوريقات). بالنسبة للوجه الخلفي للقرنية لم يكن تغير الزوغانات هاماً عند قطر حدقة 3 ملم بينما ازدادت الزوغانات القرنية الكلية (P=0.01) وزوغان الفاصلة (P=0.005) والزوغان الكروي (P=0.01) ونقص الزوغان ثلاثي الوريقات (P=0.04). كما وجدنا أن زيادة المكافئ الكروي لأسواء الانكسار المصححة يرتبط بشكل إيجابي وقوي مع زيادة الزوغانات القرنية الكلية وزوغان الفاصلة والزوغان الكروي على الوجه الأمامي للقرنية عند قطر حدقة 6 ملم (P=0.0001 للكل)، كما يرتبط بشكل إيجابي وقوي مع زيادة زوغان الفاصلة والزوغان الكروي على الوجه الخلفي للقرنية عند قطر حدقة 6 ملم (P=0.003، P=0.0001 على الترتيب).

الخلاصة: إن عملية قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة تحرض تشكل الزوغانات القرنية عالية الترتيب في محيط القرنية وعلى الوجهين الأمامي والخلفي، وإن كمية الزوغانات المتشكلة تتناسب طرداً مع زيادة المكافئ الكروي لأسواء الانكسار المصححة.

الكلمات المفتاحية: قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة، الزوغانات القرنية عالية الترتيب، الزوغانات القرنية الكلية، زوغان الفاصلة، الزوغان الكروي، الزوغان ثلاثي الوريقات.

* أستاذ – قسم أمراض العين وجراحتها، كلية الطب البشري، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية

**طالب ماجستير – قسم أمراض العين وجراحتها، كلية الطب البشري، جامعة تشرين، اللاذقية ،سورية

Corneal High-Order Aberrations before and after Trans- Epithelial Photorefractive Keratectomy

Dr. Taym Darwish*
Dr. Qahtan Jalloul*
Fadi Kassem**

(Received 29 / 4 / 2021. Accepted 21 / 6 / 2021)

□ ABSTRACT □

Objective: To investigate the change of corneal high-order aberrations after transepithelial photorefractive keratectomy on the anterior and posterior corneal urfaces, and to study the relationship of this change with the spherical equivalent of corrected refraction errors.

Methods: 50 patients (98 eyes) registered for transepithelial photorefractive keratectomy in the ophthalmic section of Tishreen University Hospital in Lattakia participated in the study and the investigators included the inclusion criteria in the study, where corneal aberration was measured using Sirius Corneal Topography for For 3 and 6 mm pupillary diameter for the anterior and posterior corneal surfaces. measurement repeated 6 months after surgery.

Results: For anterior corneal surface, the change of aberrations was not significant at 3 mm pupil diameter, while all aberrations increased at 6 mm pupil diameter (P = 0.005 for total HOAs, P = 0.04 for coma, P = 0.003 for spherical aberration, P = 0.001 for trifoil). For the posterior corneal surface, the aberrations change was not significant at 3 mm pupil diameter, while there was increasing in total HOAs (P = 0.01), coma (P = 0.005), spherical aberrations (P = 0.01) and decreasing trifoil (P = 0.04). We also found that an increase in the spherical equivalent of corrected refractive errors is positively and strongly associated with an increase in total HOAs, coma and spherical aberrations on the anterior surface of the cornea at 6 mm pupil diameter (P = 0.0001 for all), and it is also positively and strongly correlated with an increase in coma and spherical aberrations on the posterior surface of the cornea at 6 mm pupil diameter (P=0.003 and P=0.0001, respectively).

Conclusion: Transepithelial photorefractive keratectomy induces the formation of corneal high order aberrations in the periphery of the cornea and on both anterior and posterior surfaces, and the amount of aberrations is directly correlated with the increase in the spherical equivalent of the corrected refraction errors.

Key words: transepithelial photorefractive keratectomy, corneal high order aberrations, total high order aberrations, coma aberrations, spherical aberrations, trifoil aberration.

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

مقدمة:

تم وصف قطع القرنية الضوئي الانكساري Photorefractive keratectomy PRK لأول مرة بواسطة تروكل وآخرون في عام 1983 في عيون الأبقار[1]. استغرق الأمر حتى أواخر الثمانينيات حيث يتم إجراؤه بأمان في عيون الإنسان مع شفاء طبيعي نسبيًا للقرنية بعد الليزر. قطع القرنية الضوئي الإنكساري هو إجراء إنكساري يتم باستخدام الاكزايمر ليزر الذي يقوم بقطع النسيج القرني بعمق محدد لتغيير شكل القرنية وبالتالي قوتها الانكسارية، حيث تتم إزالة الظهارة إما بالكشط الميكانيكي او باستخدام الكحول الايتيلي ثم يتم اجتثاث طبقة بومان واللحمة الأمامية بالاكزايمر ليزر[2].

في أواخر التسعينيات، بدأت شعبية PRK في الانخفاض بعد ظهور تصحيح تحدب القرنية في الموقع بمساعدة بالليزر Laser in situ keratomeliusis LASIK، والذي قدم تصحيحاً غير مؤلمٍ لأسواء الإنكسار الكروية والإسطوانية مع استعادة سريعة للرؤية مع عدم وجود ضبابية قرنية هامة سريريًا. ومع ذلك، فإن أكثر الاختلاطات التي يخشى من حدوثها بعد عملية LASIK هي الإختلاطات المرتبطة بالشريحة، سواء أثناء الجراحة أو بعد سنوات. وبالتالي، في هذا الصدد يعتبر PRK أكثر أمانًا بسبب عدم وجود شريحة[3].

على الرغم من أن LASIK هو الإجراء المسيطر في الجراحة الانكسارية، إلا أن PRK تبقى وسيلة مفيدة. إنها الخيار الأول للعيون ذات القرنيات غير المنتظمة أو الرقيقة لأنها تحافظ على سلامة القرنية. ومع ذلك، فإن الألم والتئام الظهارة غير المنتظم وضبابية القرنية المصاحبة لـ PRK تظل من عيوب الإجراء[2][3].

تم وضع العديد من التعديلات في محاولة لتقليل هذه المضاعفات فكان الحفاظ على الظهارة هو الأساس في هذه التقنيات المعدلة، حيث ظهرت إجراءات استئصال القرنية تحت الظهارة بالليزر (بمساعدة الكحول) Laser assisted sub-epithelial keratomeliusis LASEK وإجراءات أخرى ولكن أظهرت الدراسات نتائج مختلطة مع هذه التقنيات ولا يوجد دليل قاطع على أنها أفضل من PRK التقليدية[4][5].

في أواخر التسعينيات، تم تقديم طريقة جديدة لإزالة الظهارة بمساعدة الليزر، تسمى قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة Transepithelial PRK، كبديل لـ PRK التقليدي. قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة T-PRK ، يزيل الظهارة عن طريق قطع القرنية الضوئي العلاجي بالليزر phototherapeutic keratectomy (PTK) ، مما يعطي سطحاً للقرنية أكثر ملاسة من ذلك الذي يتم تحقيقه عن طريق الإستئصال الميكانيكي للظهارة، يليه اجتثاث اللحمة بالليزر[6].

ومع ذلك، لم يتم استخدامه على نطاق واسع بسبب وقت الجراحة الطويل، والألم، وغياب المخططات المناسبة، وعلاوة على ذلك، أدت هذه الجراحة المكونة من خطوتين إلى نتائج بصرية أسوأ من PRK التقليدية بمساعدة الكحول[4].

في عام 2009، أطلقت شركة (Schwind eye-tech-Solutions GmbH) تقنية جديدة تسمى الإستئصال بالليزر لجميع الأسطح وتجمع هذه الطريقة بين الإستئصال الظهاري الذي يستهدف 55 ميكرون مركزيًا و 65 ميكرون محيطيًا -استنادًا إلى دراسة سابقة عن الظهارة الطبيعية للقرنية[7]- إلى جانب إستئصال اللحمة في نمط اجتثاث واحد مستمر(خطوة واحدة) بدون لمس القرنية، وبالتالي تقصير وقت الجراحة[8].

قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة بخطوة واحدة Single step Trans-PRK يتفوق على PRK التقليدية (إزالة الظهارة ميكانيكياً أو بالكحول) من حيث وقت الجراحة الأقل، ألم أقل بعد الجراحة، وشفاء أسرع للظهارة، لذلك أصبح قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة T-PRK خياراً شائعاً في مجال الجراحة الإنكسارية[9].

قضية أخرى هامة في الجراحة الإنكسارية هي الزوغانات عالية الترتيب High-Order Aberration، التي تؤثر على نوعية الرؤية بعد الجراحة. تعاني العين كأي نظام بصري آخر من الزوغانات البصرية، وتعتبر الزوغانات عالية الترتيب واحدة من أهم المواضيع في علم البصريات والتي كان الاهتمام بها متواضعاً قبل عام 2000، ولكن لاحقاً ونتيجة التطور الكبير في علم البصريات العيني تم لفت الانتباه اليها من قبل أطباء العيون.

الزوغانات عالية الترتيب هي جزء من أسواء الانكسار والتي لا يمكن تصحيحها بالنظارات وتؤثر على جودة الخيال الشبكي، وبما أنها تضعف الجودة البصرية فإنها تعتبر مشعرات هامة لجودة الرؤية وتستحق الإهتمام. وزاد الإهتمام بها اليوم بعد تطور الجراحة الانكسارية وأصبحت من الأمور الأساسية في تحديد جودة الطرق الجراحية المختلفة لذلك كان من الضروري البحث في موضوع الزوغانات البصرية وفهم طريقة تشكلها وأنواعها [10].

الزوغانات عالية الترتيب لا يمكن تصحيحها بالنظارات، تنتج عن اضطراب أو تندب أو ضبابية أو تكثف أو عدم انتظام واحد أو أكثر من مكونات العين الإنكسارية بما فيها فلم الدمع، القرنية، الخلط المائي، العدسة، الخلط الزجاجي[10].

تنشأ غالبية الزوغانات عالية الترتيب من سطح القرنية الأمامي والعدسة، وكمية قليلة من الزوغانات تنشأ من سطح القرنية الخلفي والشبكية وقد أظهرت بعض الدراسات أن زوغانات الوجه الخلفي تلعب دوراً تعويضياً في توازن الزوغانات القرنية حيث كانت زوغانات الوجه الأمامي أكبر من زوغانات كامل القرنية مما يدل على أن زوغانات الوجه الخلفي تعاكس زوغانات الوجه الأمامي.

أهم الزوغانات عالية الترتيب التي تؤثر على الجودة البصرية هي زوغان الفاصلة (Coma)، والزوغان الكروي (Spherical Aberration)، والزوغان ثلاثي الوريقات (Trefoil) [12].

زوغان الفاصلة Coma: ينشأ زوغان الفاصلة من الضوء الذي يدخل العين خارج المحور. تصطدم الأشعة الواردة بالعدسة أو بالقرنية بزوايا مختلفة وعند مرورها عبر مناطق العدسة المختلفة تنكسر بشكل مختلف. الصورة غير المتماثلة الناتجة لها ذيل أو مذنب.

الزوغان الكروي Spherical Aberration : ينتج عن زيادة إختلاف الإنحناء بين مركز القرنية ومحيط القرنية ، وبالتالي اختلاف انكسار الأشعة المحيطية عن الأشعة المركزية ، يؤثر على الرؤية المحيطية ويؤدي الى رؤية هالات حول الضوء[10]

الزوغان ثلاثي الوريقات Trefoil : ينتج عن التغير المتناوب والمنتظم للقوة الإنكسارية بين المحاور في محيط القرنية ، ويعرف أيضا باللابؤرية الثلاثية يؤدي الى رؤية المنبع الضوئي النقطي على شكل اشارة المرسيدس. في التراتيب الأعلى من المستوى الثالث يصبح الزوغان حاوي على عدد أكبر من الوريقات تبعا لازدياد الترتيب[10].

أهمية البحث وأهدافه

إن الزوغانات البصرية وخاصة منها عالية الترتيب تؤثر على جودة الخيال الشبكي وبالتالي انخفاض في جودة الرؤية ونوعية الحياة عند المريض، وبما ان الجراحة الانكسارية تعتمد على تغيير تحدب القرنية لإصلاح أسواء الإنكسار، لذلك فإنه من الضروري تحديد تغير الزوغانات القرنية ونوعها بعد اجراء قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة Transepithelial PRK، وتحديد وجود علاقة بين الزوغانات القرنية وبين أسواء الانكسار المصححة .

بمراجعة الأدب الطبي نلاحظ وجود نقص بالدراسات التي تقيم تغير الزوغانات القرنية عالية الترتيب على الوجهين الأمامي والخلفي للقرنية، وبحسب معلوماتنا فإن دراستنا هي أول دراسة تستخدم جهاز طبوغرافيا القرنية Sirius CSO لقياس الزوغانات القرنية بعد قطع القرنية الضوئي الانكساري عبر الظهارة.

أهداف البحث:

الهدف الأساسي:

تحري تغير قيمة Root Mean Square (RMS) قبل الجراحة وبعدها ب 6 أشهر بالنسبة للزوغانات عالية الترتيب الكلية وبالنسبة لـ الفاصلة، الزوغان الكروي، الزوغان ثلاثي الوريقات، وذلك على الوجهين الأمامي والخلفي للقرنية وعند قطري حدقة 3 و 6 ملم.

الهدف الثانوي:

علاقة تغير قيمة RMS لكل نوع من أنواع الزوغانات على الوجهين الأمامي والخلفي للقرنية مع المكافئ الكروي لأسواء الانكسار المصححة.

طرائق البحث ومواده:

تصميم الدراسة: دراسة تحليلية طولية راجعة (analytical longitudinal study retrospective) في قسم أمراض العين وجراحتها، مستشفى تشرين الجامعي، اللاذقية، على مدى سنة كاملة (أيلول 2019 إلى تشرين الأول 2020)

معايير الادخال في الدراسة:

1. العمر أكبر من 18 سنة.
2. ثبات أسواء الانكسار لديهم لمدة عام.
3. مرضى الحسر والحرج الحسري.
4. القيمة المطلقة للمكافئ الكروي المصحح لديهم ≤6.5 كسيرة.
5. ثخانة القرنية المركزية بعد الاجتثاث > 400 ميكرون.

معايير الاستبعاد من الدراسة:

1. وجود مرض عيني حالي.
2. جراحة عينية سابقة.
3. القرنية المخروطية.
4. الحسر الشديد أكثر من 6,5 كسيرات.
5. الحرج الحسري الشديد أكثر من 2 كسيرة.
6. العين الوحيدة.

7. قصة وجود حلأ بسيط عيني أو حلأ نطاقي عيني سابق.
8. قصة وجود أي من أمراض الكولاجين (الداء الرثياني، الذئبة، جوغرن).
9. اعتلال الشبكية السكري.
10. الداء السكري غير المضبوط.
11. الداء العيني الدرقي.
12. الزرق.

كانت عينة البحث النهائية مؤلفة من 50 مريضاً من مراجعي العيادة العينية التخصصية المسجلين لإجراء جراحة قطع القرنية الضوئي الانكساري عبر الظهارة في مستشفى تشرين الجامعي في اللاذقية.

مواد وطريقة اجراء الدراسة:

كان جميع المرضى المشاركين في هذه الدراسة على دراية تامة بالإجراءات، وقد تم أخذ موافقتهم الخطية المستنيرة على المشاركة في البحث بعد تلقي المعلومات الكافية، ولم تواجه هذه الدراسة تحديات أخلاقية خطيرة حيث أن كل الإجراءات المتبعة هي إجراءات روتينية.

الفحوصات العينية قبل الجراحة تضمنت:

- قياس القدرة البصرية غير المصححة UCVA والمصححة بأفضل تصحيح BCVA.
- قياس أسواء الإنكسار قبل وبعد شل المطابقة باستخدام قطرة Cyclopentolate 1%.
- الفحص بالمصباح الشقي للأقسام الامامية للعين وتوسيع الحدقة لفحص قعر العين ومحيط الشبكية.
- إجراء صورة طبوغرافية للقرنية باستخدام جهاز قياس طبوغرافيا القرنية Sirius
- قياس الزوغان القرني: تم قياس الزوغانات القرنية لكل عين قبل وبعد 6 أشهر من قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة وذلك باستخدام جهاز قياس طبوغرافيا القرنية المعتمد على كاميرا شمبفلغ وقرص بلاسيدو (Sirius Corneal Topography CSO, Italy). تم قياس الزوغانات عالية الترتيب عند قطري حدقة 3 ملم و 6 ملم وذلك للوجهين الأمامي والخلفي للقرنية. تم تسجيل خطأ الجذر التربيعي RMS error للزوغانات عالية الترتيب الكلية (Total High order aberrations)، ولزوغان الفاصلة (Coma)، وللزوغان الكروي (Spherical Aberration)، والزوغان ثلاثي الوريقات (Trefoil) وذلك باعتبارها الزوغانات عالية الترتيب الأكثر أهمية من حيث تأثيرها على الجودة البصرية.

بروتوكول الجراحة:

خضع جميع المرضى للجراحة من قبل جراح واحد باستخدام جهاز:

SCHWIND Amaris 500E excimer laser platform

لشركة: (SCHWIND eye-tech-solutions GmbH, Kleinostheim, Germany)

حسابات الاجتثاث تتم ببرنامجOptimized Refractive Keratectomy-Custom Ablation Manager (ORK-CAM) يتم لكل مريض، حساب ثخانة الظهارة (55 ميكرون مركزي أو 65 ميكرون محيطي) استناداً إلى إحصائية السكان ثم أجريت العملية وتلاها تطبيق الميتومايسين سي لمدة 30 ثانية بتركيز 0.02%.

بعد تطبيق الميتومايسين سي يتم إرواء القرنية بمحلول ملحي متوازن بشكل وافر (30-40 مل) ومن ثم تقطير قطرة صاد حيوي وقطرة ستيروئيد، ثم وضع عدسة لاصقة ضمادية.

الحالة الانكسارية الهدف هي سداد البصر عند كل المرضى.

التدابير بعد قطع القرنية الضوئي الانكساري عبر الظهارة:

بعد الجراحة يلتزم المرضى باللزوم التالي:

1. *(Levoram)* 1.5% levofloxacin hemihydrate قطرة عينية 4 مرات باليوم بالعينين بعد العمل الجراحي.
2. *(Methoflor)* :0.1% Fluorometholone قطرة عينية 4 مرات باليوم بالعينين بعد العمل الجراحي.
3. *(Tearmond)* : glycerin 2mg/ml, hypromellose 2mg/ml, polyethylene glycol 400:10 mg/ml قطرة عينية 5 مرات باليوم بالعينين بعد العمل الجراحي.
4. *(Cetacodein)* : Combination of Paracetamol 500mg + Codeine phosphate 10 mg حبة واحدة أو أثنتين عند الألم الشديد (لا تتجاوز 6 حبات باليوم).
5. Midazolam 15 mg : *(Dormeta)* حبة واحدة مساء قبل النوم عند الحاجة (الألم و التوتر الشديد).
6. *(Diclone)* Sodium diclofenac حبة كل 8 ساعات.

الطرق الإحصائية المتبعة:

تصميم الدراسة: دراسة تحليلية طولية راجعة analytical longitudinal study retrospective

1- إحصاء وصفي يتعلق بالعينة:

مقاييس النزعة المركزية (Central Tendency).

مقاييس التشتت (Measures of dispersion).

التكرارات (Frequencies).

النسب المئوية (Percentile Values).

2- إحصاء استدلالي Inferential Statistical

معامل الارتباط Pearson Correlation لدراسة الارتباط بين المتغيرات الكمية.

اختبار Paired T student لدراسة الفرق بين متوسطي مجموعتين مرتبطتين .

تعتبر النتائج هامة احصائياً مع $p\text{-value} < 5\%$

اعتماد البرنامج IBM SPSS statistics(version20) لحساب المعاملات الاحصائية وتحليل النتائج .

النتائج والمناقشة

النتائج:

شارك في الدراسة 50 مريض (98 عين) من مراجعي العيادة العينية التخصصية للجراحة الإنكسارية في مستشفى تشرين الجامعي في اللاذقية خلال الفترة 2019 – 2020 ، والذين خضعوا لإجراء قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة بهدف تصحيح أسواء الإنكسار والمحققين معايير الإشتمال في الدراسة.

بلغ عدد الاناث (43) بنسبة 86% والذكور (7) بنسبة 14% .

تراوحت الاعمار بين 19إلى 40 سنة وبلغ وسطي الأعمار 25.5 سنة .

بلغ متوسط المكافئ الكروي – 2.57 ± 1.4 كسيرة مع مدى تراوح بين –0.50إلى –6.30 كسيرة.

الجدول (1): القيم المتوسطة للزوغانات عالية الترتيب قبل العمل الجراحي للوجهين الأمامي والخلفي للقرنية عند قطري حدقة 3 و 6 ملم.

	قطر الحدقة	الزوغانات القرنية			
		Total HOAs	Coma	Spherical aberration	Trefoil
الوجه الأمامي للقرنية	3 ملم	0.07±0.04 {0.03 - 0.29}	0.02±0.01 {0 - 0.09}	0.02±0.01 {0 - 0.09}	0.04±0.03 {0 - 0.20}
	6 ملم	0.39±0.1 {0.19-0.75}	0.22±0.1 {0.01 – 0.59}	0.20±0.07 {0.01 – 0.40}	0.16±0.09 {0.03 – 0.46}
الوجه الخلفي للقرنية	3 ملم	0.07±0.04 {0.03 - 0.24}	0.01±0.01 {0 - 0.08}	0.008±0.01 {0 - 0.06}	0.05±0.04 {0.01 - 0.22}
	6 ملم	0.16±0.1 {0.06-0.87}	0.04±0.03 {0 – 0.26}	0.02±0.01 {0 – 0.11}	0.13±0.1 {0.01 – 0.61}

دراسة فروقات متوسطات الزوغانات القرنية قبل الجراحة وبعدها:

تم استخدام اختبار Paired T Student لدراسة فروقات المتوسطات لكل نوع من الزوغانات القرنية قبل إجراء العمل الجراحي وبعده.

الوجه الأمامي للقرنية:

بمقارنة القيم المتوسطة للزوغانات عالية الترتيب للوجه الأمامي للقرنية قبل الجراحة وبعدها نلاحظ أنه:

عند قطر حدقة 3 ملم (الجدول رقم 2) ازدادت قيم كامل الزوغانات عالية الترتيب وزوغان الفاصلة زيادة طفيفة، بينما بقي الزوغان الكروي والزوغان ثلاثي الوريقات كما هو عليه قبل الجراحة، وكانت التغيرات لكل أنواع الزوغانات **غير هامة إحصائيا** ($P>0.05$ لكل أنواع الزوغانات).

جدول (2): مقارنة القيم المتوسطة للزوغانات القرنية عند قطر الحدقة 3 ملم الوجه الأمامي للقرنية قبل العمل الجراحي وبعده.

الزمن	الزوغانات القرنية عند قطر حدقة (3 ملم)			
	Total Hoas	Coma	Spherical aberration	Trefoil
قبل العمل الجراحي (المتوسط± الانحراف المعياري)	0.07±0.04 {0.03 − 0.29}	0.02±0.01 {0 − 0.09}	0.02±0.01 {0 − 0.09}	0.04±0.03 {0 − 0.20}
بعد العمل الجراحي (المتوسط± الانحراف المعياري)	0.08±0.03 {0.02 − 0.23}	0.03±0.02 {0.04 − 0.22}	0.02±0.01 {0 − 0.08}	0.04±0.02 {0.01 − 0.26}
P−value	0.5	0.1	0.9	0.5

عند قطر حدقة 6 ملم (الجدول رقم 3) ازدادت قيم كامل الزوغانات عالية الترتيب وزوغان الفاصلة والزوغان الكروي والزوغان ثلاثي الوريقات بعد العمل الجراحي، وكانت هذه الزيادة **هامة إحصائيا**.

جدول (3): مقارنة القيم المتوسطة للزوغانات القرنية عند قطر الحدقة 6ملم للوجه الأمامي للقرنية قبل العمل الجراحي وبعده.

الزمن	الزوغانات القرنية عند قطر حدقة (6ملم)			
	Total Hoas	Coma	Spherical aberration	Trefoil
قبل العمل الجراحي (المتوسط± الانحراف المعياري)	0.39±0.1 {0.19−0.75}	0.22±0.1 {0.01 − 0.59}	0.20±0.07 {0.01 − 0.40}	0.16±0.09 {0.03 − 0.46}
بعد العمل الجراحي (المتوسط± الانحراف المعياري)	0.5±0.1 {0.14−0.8}	0.3±0.1 {0.19−0.75}	0.26±0.1 {0.01−0.65}	0.19±0.1 {0.12−0.4}
P−value	0.005	0.04	0.003	0.001

الوجه الخلفي للقرنية:

بمقارنة القيم المتوسطة للزوغانات عالية الترتيب للوجه الخلفي للقرنية قبل الجراحة وبعدها نلاحظ أنه:

عند قطر حدقة 3 ملم (الجدول رقم 4) ازدادت قيم كامل الزوغانات عالية الترتيب وزوغان الفاصلة والزوغان الكروي بعد الجراحة، بينما بقي الزوغان ثلاثي الوريقات على قيمه قبل الجراحة، وكانت التغيرات لكل أنواع الزوغانات **غير هامة إحصائيا** ($P>0.05$ لكل أنواع الزوغانات).

جدول (4): مقارنة القيم المتوسطة للزوغانات القرنية عند قطر الحدقة 3 ملم للوجه الخلفي للقرنية قبل العمل الجراحي وبعده.

الزمن	الزوغانات القرنية عند قطر حدقة (3 ملم)			
	Total Hoas	Coma	Spherical aberration	Trefoil
قبل العمل الجراحي (المتوسط± الانحراف المعياري)	0.07±0.04 {0.03 − 0.24}	0.01±0.01 {0 − 0.08}	0.008±0.01 {0 − 0.06}	0.05±0.04 {0.01 − 0.22}
بعد العمل الجراحي (المتوسط± الانحراف المعياري)	0.08±0.03 {0.03 − 0.09}	0.02±0.06 {0.01 − 0.06}	0.02±0.04 {0.01 − 0.05}	0.05±0.07 {0 − 0.07}
P−value	0.1	0.8	0.7	0.2

عند قطر حدقة 6 ملم (الجدول رقم 5) ازدادت قيم الزوغانات عالية الترتيب الكلية وزوغان الفاصلة والزوغان الكروي بعد الجراحة، بينما نقصت قيمة الزوغان ثلاثي الوريقات عن قيمته قبل الجراحة، وكانت التغيرات لكل أنواع الزوغانات **هامة إحصائيا سواء بالزيادة او النقصان.**

جدول (5): مقارنة القيم المتوسطة للزوغانات القرنية عند قطر الحدقة 6ملم للوجه الخلفي للقرنية قبل العمل الجراحي وبعده.

الزمن	الزوغانات القرنية عند قطر حدقة (6ملم)			
	Total Hoas	Coma	Spherical aberration	Trefoil
قبل العمل الجراحي (المتوسط± الانحراف المعياري)	0.16±0.1 {0.06−0.87}	0.04±0.03 {0 − 0.26}	0.02±0.01 {0 − 0.11}	0.13±0.1 {0.01 − 0.61}
بعد العمل الجراحي (المتوسط± الانحراف المعياري)	0.19±0.1 {0.01 − 0.6}	0.06±0.04 {0.01 − 0.4}	0.05±0.03 {0.02 − 0.07}	0.10±0.1 {0.01 − 0.11}
P−value	0.01	0.005	0.01	0.04

دراسة العلاقة بين تغير الزوغانات القرنية وبين المكافئ الكروي لأسواء الانكسار المصححة:

تمت دراسة العلاقة بين الزوغانات القرنية عالية الترتيب وبين المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار المصححة باستخدام اختبار بيرسون Pearson correlation.

الوجه الأمامي للقرنية:

عند قطر حدقة 3 ملم (الجدول رقم 6)، نلاحظ وجود علاقة إرتباط إيجابية ضعيفة جداً بين المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار المصححة وبين الزوغانات القرنية الكلية وزوغان الفاصلة والزوغان ثلاثي الوريقات، أما بالنسبة للزوغان الكروي فكانت علاقة الإرتباط سلبية ضعيفة، وكانت علاقات الإرتباط جميعها **غير هامة إحصائيا.**

جدول (6): العلاقة بين المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار المصححة والزوغانات القرنية عند قطر الحدقة 3 ملم للوجه الأمامي للقرنية.

الزوغانات القرنية	R	p-value
Total Hoas	0.04	0.6
Coma	0.006	0.9
Spherical aberration	-0.01	0.8
Trefoil	0.03	0.7

عند قطر حدقة 6 ملم (الجدول رقم 7)، نلاحظ وجود علاقة إرتباط إيجابية قوية بين المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار المصححة وبين الزوغانات القرنية الكلية وزوغان الفاصلة والزوغان الكروي وكانت علاقات الإرتباط **هامة إحصائيا،** أما بالنسبة للزوغان ثلاثي الوريقات فكانت علاقة الإرتباط إيجابية ضعيفة و**غير هامة إحصائيا.**

جدول (7): العلاقة بين المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار المصححة والزوغانات القرنية عند قطر الحدقة 6 ملم للوجه الأمامي للقرنية.

الزوغانات القرنية	r	p-value
Total Hoas	0.6	0.0001
Coma	0.4	0.0001
Spherical aberration	0.7	0.0001
Trefoil	0.03	0.7

الوجه الخلفي للقرنية:

عند قطر حدقة 3 ملم (الجدول رقم 8)، (الأشكال من 14 الى 17)، نلاحظ وجود علاقة إرتباط سلبية ضعيفة جداً بين المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار المصححة وبين الزوغانات القرنية الكلية وزوغان الفاصلة والزوغان ثلاثي الوريقات، أما بالنسبة للزوغان الكروي فكانت علاقة الإرتباط إيجابية ضعيفة، وكانت علاقات الإرتباط جميعها **غير هامة إحصائيا.**

جدول (8): العلاقة بين المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار والزوغانات القرنية عند قطر الحدقة 3 ملم للوجه الخلفي للقرنية.

الزوغانات القرنية	r	p-value
Total Hoas	- 0.1	0.1
Coma	- 0.006	0.9
Spherical aberration	0.1	0.2
Trefoil	- 0.05	0.5

عند قطر حدقة 6 ملم (الجدول رقم 9)، نلاحظ وجود علاقة إرتباط إيجابية قوية جداً بين المكافئ الكروي لأسواء الانكسار المصححة وبين زوغان الفاصلة والزوغان الكروي وكانت علاقة الإرتباط **هامة إحصائيا.** أما بالنسبة للزوغانات القرنية الكلية فكانت علاقة الإرتباط ايجابية ضعيفة جداً، والزوغان ثلاثي الوريقات كانت علاقة الإرتباط سلبية ضعيفة جداً، وكانت علاقتا الإرتباط **غير هامتين إحصائيا.**

جدول (9): العلاقة بين المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار والزوغانات القرنية عند قطر الحدقة 6ملم للوجه الخلفي للقرنية.

الزوغانات القرنية	r	p-value
Total Hoas	0.02	0.8
Coma	0.3	0.003
Spherical aberration	0.6	0.0001
Trefoil	- 0.1	0.1

المناقشة:

في هذه الدراسة قمنا بتقييم تغير الزوغانات القرنية بعد 6 أشهر من عملية قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة عند مرضى الحسر الخفيف والمتوسط والحرج الحسري الخفيف وتبين:

على الوجه الأمامي للقرنية:

– عند قطر حدقة 3 ملم (الجدول رقم 3) لا يوجد فرق هام من الناحية الإحصائية في تغير زوغان الفاصلة والزوغان الكروي (P=0.1،P=0.9 على الترتيب)، وهذه النتائج قريبة من النتائج الخاصة بدراسة <سهيل أديب وآخرون>[12] الذي قام بقياس الزوغانات عند قطر حدقة 4 ملم (لم نجد دراسة مشابهة تقيس الزوغانات عند قطر حدقة 3 ملم)

واستنتج عدم وجود تغير هام إحصائياً لزوغان الفاصلة والزوغان الكروي (P=0.3،P=0.09 على الترتيب) علما أنه قام بقياس النتائج بعد سنة من الجراحة. كما أننا وجدنا في دراستنا ايضاً عدم وجود فرق هام إحصائياً في تغير الزوغان ثلاثي الوريقات (P=0.5) بخلاف دراسة <سهيل أديب آخرون>[11] الذين وجدوا أن الزوغان ثلاثي الوريقات يزداد زيادة هامة إحصائياً (P=0.04)، قد يعود سبب هذا الاختلاف إلى إجراء الجراحة في دراسته على مرضى الحسر العالي(أكبر من 6 كسيرات) وإلى مدة المتابعة الأطول واختلاف الجهاز المستخدم في قياس الزوغانات. وبالتالي نستنتج أن عملية قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة لا تحرض تشكل الزوغانات على الوجه الأمامي للقرنية في المركز.

– عند قطر حدقة 6 ملم (الجدول رقم 4) وجدنا أن الزوغانات القرنية الكلية وزوغان الفاصلة والزوغان الكروي والزوغان ثلاثي الوريقات تزداد بعد الجراحة مع وجود فروقات هامة إحصائياً لجميع أنواع الزوغانات (P=0.005،P=0.04،P=0.003،P=0.001 على الترتيب)، وهذه النتائج مشابهة إلى حد كبير إلى ما توصلت اليه دراسة <زيوان زينغ وآخرون>[12] التي كانت نتائجها زيادة هامة إحصائياً في جميع أنواع الزوغانات المذكورة (P<0.001،P<0.001،P=0.02،P=0.001 على الترتيب) علما أنه قام بقياس الزوغانات بعد 3 أشهر من الجراحة. وبالتالي نستنتج أن عملية قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة تحرض تشكل الزوغانات عالية الترتيب في محيط القرنية، والسبب غالبا هو تغير الخصائص الميكانيكية الحيوية للقرنية[16]، بالإضافة إلى عوامل أخرى مثل عدم استقرار فلم الدمع وتغير ثخانة الظهارة القرنية بعد الجراحة حيث تصبح الظهارة أكثر ثخانة في الأسفل من الأعلى وأكثر ثخانة في الجهة الصدغية من الجهة الأنسية للقرنية بعد قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة[17]. كما اتفقت نتائج دراستنا مع الدراسة التي أجراها <ايخيون جون وآخرون>[18] فيما يخص زيادة الزوغانات القرنية عالية الترتيب بعد الجراحة علما أنه قام بقياس الزوغانات عند قطر حدقة 8 ملم. وعند مقارنة نتائج دراستنا مع الدراسة التي أجراها <لي اكزي وآخرون>[19] توافقت نتائجنا مع نتائجه بالنسبة لزيادة الزوغانات القرنية الكلية وزوغان الفاصلة والزوغان الكروي، علما أنه قام بقياس الزوغانات بعد سنة من الجراحة، مما يدل على أن فترة 6 أشهر كافية لحدوث التغيرات النهائية في تحدب الوجه الأمامي للقرنية في المحيط.

على الوجه الخلفي للقرنية:

–عند قطر حدقة 3ملم (الجدول رقم 5) توصلنا إلى أنه لا توجد فروقات هامة إحصائياً في تغير الزوغانات القرنية عالية الترتيب بجميع أنواعها على الوجه الخلفي للقرنية (P=0.1 للزوغانات القرنية الكلية، P=0.8 لزوغان الفاصلة، P=0.7 للزوغان الكروي P=0.2 للزوغان ثلاثي الوريقات) ،(لم نجد في الأدب الطبي دراسات للمقارنة)، مما يدل على أنه ليس هناك تغيرات هامة تطرأ على تحدب الوجه الخلفي للقرنية في المركز، قد يكون السبب أن أشعة الاكزيمر ليزر لا تسبب تغييرات هامة على الوجه الخلفي للقرنية في المركز عند معالجة الحسر الخفيف والمتوسط والحرج الحسري الخفيف.

–عند قطر حدقة 6 ملم (الجدول رقم 6) وجدنا زيادة طفيفة ولكنها هامة من الناحية الإحصائية في زوغان الفاصلة والزوغان الكروي وهذا موافق لما توصل إليه <لي اكزي وآخرون>[19] في دراستهم لتغير الزوغانات على الوجه الخلفي للقرنية، مما يدل على حدوث تغيرات (ولو كانت خفيفة) تطرأ على تحدب الوجه الخلفي للقرنية في المحيط حتى لو لم تتعرض بشكل مباشر لأشعة الليزر. في حين أننا نختلف معهم بالنسبة للزوغانات القرنية الكلية والزوغان ثلاثي الوريقات حيث أنهم لم يجدوا أي تغير هام من الناحية الإحصائية في هذه الزوغانات علما أنهم قاموا بقياس الزوغانات

بعد سنة من الجراحة، بينما وجدنا في دراستنا زيادة طفيفة ولكنها هامة إحصائياً للزوغانات القرنية الكلية، وانخفاض طفيف ولكنه هام إحصائياً للزوغان ثلاثي الوريقات. قد يكون سبب هذا الإختلاف هو اختلاف الجهاز المستخدم في قياس الزوغانات أو بسبب الإختلافات العرقية أو أن الوجه الخلفي للقرنية يحتاج وقت أطول من 6 أشهر لثبات التغيرات الميكانيكية بعد الجراحة.

قمنا في هذه الدراسة أيضا بتحري علاقة المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار المصححة مع تغير الزوغانات القرنية عالية الترتيب وتبين:

-عند قطر حدقة 3 ملم على الوجه الأمامي (الجدول رقم 7) كانت علاقات إرتباط الزوغانات مع المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار المصححة ضعيفة وغير هامة إحصائياً لأي نوع من أنواع الزوغانات، (لم نجد في الأدب الطبي دراسات للمقارنة)، نستنتج من ذلك أن كمية النسيج القرني الذي تم اجتثاثه لا تؤثر لا إيجاباً ولا سلباً على تشكل الزوغانات على الوجه الأمامي لمركز القرنية.

-عند قطر حدقة 6 ملم على الوجه الأمامي للقرنية (الجدول رقم 8) وجدنا أن هناك علاقة إرتباط إيجابية وقوية بين المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار المصححة وبين كل من الزوغانات القرنية الكلية وزوغان الفاصلة والزوغان الكروي، وإن هذه النتيجة مماثلة لما وجده <لي اكزي وآخرون>[19] مما يدل على أن درجة حسر البصر وعمق الاجتثاث تعتبر عوامل مهمة في تشكل الزوغانات عالية الترتيب في محيط القرنية، وبالتالي المرضى الذين لديهم مكافئ كروي أعلى قبل الجراحة تزداد فرص تشكل الزوغانات عالية الترتيب لديهم ويعتبر ذلك من العوامل التي تؤثر على جودة الرؤية بعد تصحيح الحسر وقد يكون السبب اختلاف الاستجابة الميكانيكية الحيوية للنسيج القرني في المحيط عن المركز كون أن نمط الاجتثاث المستخدم يتضمن عدد أكبر من نبضات الليزر في محيط القرنية ليعاوض نقص الطاقة الحاصل بسبب السقوط المائل لأشعة الليزر على سطح القرنية و إن الإستجابة الميكانيكية الحيوية للنسيج القرني قد تختلف بعد الجراحة مما قد يؤدي إلى تشكل مقدار مختلف من الزوغانات[16].

-عند قطر حدقة 3 ملم على الوجه الخلفي للقرنية (الجدول رقم 9) كانت علاقات إرتباط الزوغانات مع المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار المصححة ضعيفة وغير هامة إحصائياً لأي نوع من أنواع الزوغانات، (لم نجد في الأدب الطبي دراسات للمقارنة)، نستنتج من ذلك أن كمية النسيج القرني الذي تم اجتثاثه لا تؤثر لا ايجاباً ولا سلباً على تشكل الزوغانات على الوجه الخلفي لمركز القرنية.

-عند قطر حدقة 6 ملم على الوجه الخلفي للقرنية (الجدول رقم 10) كانت هناك علاقة إرتباط إيجابية وهامة من الناحية الإحصائية بين زوغان الفاصلة والزوغان الكروي وبين المكافئ الكروي لأسواء الإنكسار المصححة (لم نجد في الأدب الطبي دراسات للمقارنة)، نستنتج من ذلك أن التغيرات الحاصلة على الوجه الخلفي لمحيط القرنية والمشكلة للزوغانات تتناسب طرداً مع كمية النسيج القرني المجتث.

أهم القيود لهذه الدراسة هي التصميم الراجع وحجم العينة الصغير نسبياً.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

بعد جراحة قطع القرنية الضوئي الإنكساري عبر الظهارة عند مرضى الحسر الخفيف والمتوسط والحرج الحسري الخفيف تزداد الزوغانات القرنية الكلية وزوغان الفاصلة والزوغان الكروي على الوجهين الأمامي والخلفي لمحيط القرنية، أما الزوغان ثلاثي الوريقات فإنه يزداد على الوجه الأمامي وينخفض على الوجه الخلفي لمحيط القرنية. في حين لا تحدث تغيرات هامة بالنسبة لكافة أنواع الزوغانات على الوجهين الأمامي والخلفي لمركز القرنية. وإن زيادة الزوغانات على الوجه الأمامي لمحيط القرنية وزيادة زوغان الفاصلة والزوغان الكروي على الوجه الخلفي لمحيط القرنية تتناسب طرداً مع زيادة القيمة المطلقة للمكافئ الكروي لأسواء الإنكسار المصححة.

التوصيات

- قياس الزوغانات القرنية قبل الجراحة وتجنب إجرائها عند المرضى الذين لديهم كمية مرتفعة من الزوغانات.
- القيام بدراسات تقارن نمط الإجتثاث الخال من الزوغانات (Wavefront Optimized (Aberration Free مع نمط اجتثاث الجبهة الموجية الموجهة Wavefront Guided.
- القيام بالمزيد من الدراسات مع أخذ حجم عينة أكبر وأسواء إنكسار أعلى.
- دراسة المتغيرات الأخرى المتعلقة بالزوغانات مثل حجم الحدقة وتغيرات فلم الدمع.

Reference

1. Trokelm, SL. Srinivasan, R. Braren, B. *Excimer laser surgery of the cornea.* Am J Ophthalmol.1983 Dec ;96 (6) :710-5.

2. McDonald, MB. Liu, JC. Byrd, TJ. Abdelmegeed, M. Andrade, HA. Klyce, SD. Varnell, R. Munnerlyn, CR. Clapham, TN. Kaufman, HE. *Central photorefractive keratectomy for myopia; partially sighted and normally sighted eyes.* Ophthalmology. 1991 Sep ;98 (9) :1327-37.

3. Ghadhfan, F. Al-Rajhi, A. and Wagoner, MD. *Laser in situ keratomileusis versus surface ablation: Visual outcomes and complications*. J Cataract Refract Surg . 2007 Dec ;33 (12) :2041-8.

4. Lee, HK. Lee, KS. Kim, JK. Kim, HC. Seo, MR. Kim, EW. *Epithelial healing and clinical outcomes in excimer laser photorefractive surgery following three epithelial removal techniques: mechanical, alcohol, and excimer laser*. Am J Ophthalmol . 2005 Jan ; 139 (1):56-63.

5. O'Doherty, M. Kirwan, C. O'Keeffe, M. O'Doherty, J. *Postoperative pain following epi-LASIK, LASEK, and PRK for myopia*. J Refract Surg. 2007 Feb ;23 (2) :133-8.

6. Clinch, TE. Moshirfar, M. Weis, JR. Ahn, CS. Hutchinson, CB. Jeffrey, JH. *Comparison of mechanical and transepithelial debridement during photorefractive keratectomy.* Ophthalmology.1999 Mar; 106 (3) :483-9.

7. Reinstein, DZ. Archer, TJ. Gobbe ,M. Silverman, RH. Coleman, DJ. *Epithelial thickness in the normal cornea: three-dimensional display with Artemis very high-frequency digital ultrasound*. J Refract Surg . 2008 Jun ; 24 (6) : 571-81.

8. Fadlallah, A. Fahed, D. Khalil, K, Dunia, I. Menassa, J. El Rami, H. Chlela, E. Fahed, S. *Transepithelial photorefractive keratectomy: clinical results.* J Cataract Refract Surg 2011 Oct ;37 (10) :1852-7.

9. Shapira, Y. Mimouni, M. Levartovsky, S. Varssano, D. Sela, T. Munzer, G. Kaiserman, I. *Comparison of three epithelial removal techniques in PRK: mechanical, alcohol-assisted, and transepithelial laser*. J Refract Surg. 2015 Nov ;31 (11) :760-6.
10. Cantor, B. Rapuano, C. Cioffi, G. *American Academy of Ophthalmology* Refractive Surgery *(fourth edition).* The American Academy of Ophthalmology's publishing programme,United State of America,2012-2013,239.
11. Holland, S, Lin DTC, Tan JC. Topography-guided laser refractive surgery. Curr Opin Ophthalmol. 2013 Jul ;24 (4) :302-9.
12. Collins MJ, Wildsoet CF, Atchinson DA. Monochromatic aberrations and myopia. Vis Res. 1995 May ; 35 (9) :1157-63
13.Cerviño A, Hosking, SL, Montes-Mico R, et al. Clinical ocular wavefront analyzers. J Refract Surg. 2007 Jun ; 23 (6) :603-16.
14. Soheil, M. Saeed, J. Fatemeh, A. Samuel, A M. Niloofar, H. Salar, T. *Single-step transepithelial photorefractive keratectomy in high myopia: qualitative and quantitative visual functions.* Int J Ophthalmol. 2017 Mar 18;10(3):445-452.
15. Zhiyuan, Z. Mingzhi, Z. Vishal, J. Lixia, S. Jinyu, L. Riping, Z. *Comparison between aberration-free transepithelial photorefractive keratectomy and small incision lenticule extraction for correction of myopia and myopic astigmatism*. Int J Ophthalmol. 2021 Jan ; 41 (1):303-314.
16. Hun, L. David, K. Dan, R. Samuel, M. Eung, K, Kyoung, S. Tae-im, K. *Comparing corneal higher-order aberrations in corneal wavefront-guided transepithelial photorefractive keratectomy versus small-incision lenticule extraction*. J Cataract Refract Surg. 2018 Jun ;44 (6):725-733.
17. Hou, J. Wang, Y. Lei, Y. Zheng, X. and Zhang, Y. *Corneal epithelial remodeling and its effect on corneal asphericity after transepithe- lial photorefractive keratectomy for myopia*. J Ophthalmol. 2016 ;2016 :8582362.
18. Ikhyun, j. et al. *Comparison between Wavefront-optimized and corneal Wavefront-guided Transepithelial photorefractive keratectomy in moderate to high astigmatism*. BMC Ophthalmology .2018 Jun 26;18 (1) :154.
19. Lei, xi. *Wavefront properities of the anterior and posterior corneal surface after transepithelial photorefractive keratectomy in myopia*. Experimental and therapeutic medicine. 2020 Feb;19(2):1183-1188.