



الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة دمشق
كلية الطب البشري
قسم أمراض العين وجراحاتها

الزوغانات القرنية قبل وبعد جراحة الساد بجرح قرني 3.2 ملم

رسالة مقدّمة لنيل درجة الماجستير في أمراض العين وجراحاتها

إعداد طالب الدراسات العليا
نزار محمد فؤاد كريزان

إشراف

أ.د. سامح عيسى

كلية الطب البشري - جامعة دمشق

2022

قرار الحكم

تصريح خطي

أنا الموقع أدناه أصرح بعلمي الكامل وقبولي:

أ- أن كل ما ينتج عن البحث والأطروحة هو ملكية فكرية ومالية بالتشارك مع جامعة دمشق، وأنني ألتزم بأخذ موافقة الجامعة في حال رغبتني بنشر البحث أو الأطروحة أو جزء منها نصاً أو مضموناً خارج إطار الجامعة (من دور نشر أو مکتبات أو مواقع إلكترونية وغيرها من وسائل النشر).

ب- أنه لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة أقتبس من عمل علمي آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في جامعة دمشق أو أية جامعة أو معهد تعليمي داخل أو خارج الجمهورية العربية السورية.

الاسم والتوقيع

نزار محمد فؤاد كریزان

الأبحاث المنشورة المرتبطة بالبحث

تقدم السيد نزار محمد فؤاد كريزان (طالب ماجستير) في كلية الطب البشري بجامعة دمشق ببحث للنشر

في جامعة دمشق بعنوان:

"الزوغانات القرنية عالية الترتيب عند مرضى القرنية المخروطية"

باشرف الأستاذ الدكتور سامح عيسى وحُكِّم وقُبِلَ للنشر.

رقم البحث: 245

التاريخ : 12/04/2022

شكر وتقدير

أتقدم بالشكر والتقدير إلى السادة أعضاء الهيئة التدريسية الأكارم في قسم أمراض العين وجراحاتها في جامعة دمشق على ما بذلوه من جهود مخلصة لدعم المسيرة العلمية لي ولزملائي طلاب الدراسات العليا.

وأخص بخالص الشكر وعظيم الامتنان الأستاذ الفاضل الدكتور سامح عيسى على ما قدمه لي من علم وإرشاد مستمر نافع وعطاء متميز، وعلى ما بذله من جهد متواصل ونصح وتوجيه منذ بداية مرحلة البحث العلمي حتى إتمامه، فمهما كتبت من عبارات وجمل، فإن كلمات الشكر تظل عاجزة عن إيفاء حقك.

وأتقدم بالشكر الجزيل لرئيس قسم أمراض العين وجراحاتها الأستاذ الدكتور جرجس الداود لتفضله بالمشاركة في لجنة تحكيم هذا البحث العلمي وعلى جهوده المبذولة لتطوير المسيرة العلمية في القسم، فكلما التثناء لا توفيك حقك، شكراً لك على عطائك وأرجو أن تكون كلماتي تعبير ولو قليلاً عن شكري وتقديري لك.

كما أتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ الدكتور معتز سعد الدين لتفضله بالمشاركة في لجنة تحكيم هذا البحث العلمي وعلى ما بذله من جهود لرفع السوية العلمية والأكاديمية لطلاب الدراسات العليا، فلا أعلم كيف أعبر عن شكري وتقديري لك وأقل ما يمكن أن أقوله شكر لك.

إهداء

إلى من أشعل لي أول شمعة، إلى عبق طفولتي، إلى دفء حياتي، وأريج
 شبابي، إلى ملجئي وملاذي، إلى من تحمل كل لحظه ألم في حياتي
 وحولها إلى لحظات فرح، إلى من حماني من حر الصيف بورود من
 أزهار الربيع، إلى حبيبي وروح قلبي **أبي**

إلى من ساندتني يوم ضعفي، إلى حبيبتي التي شاركتني همي وحزني،
 إلى من ذرفت الدموع من أجلي، إلى من سقنتني الحب في صغري حتى
 أرتوت منه عروق جسدي، إلى من ارتحلت لها روحي لتعانق روحها
 العذبة وتتصاغر أمام صفائها **أمي**

لو كان العمر يُهدى لما بخلت به عليكما، ولو كان القلب كتاباً لرأيتما
 اسميكما في أول سطور الحب، فكل كلمات الحب والثناء تقف عاجزة
 في حضرتكما.

فهرس المحتويات

العنوان	رقم الصفحة
<u>الفصل الأول-الإطار العام للبحث</u>	(1).....
أولاً-المقدمة	(2).....
ثانياً-بعض الدراسات السابقة	(3).....
ثالثاً-مشكلة البحث	(4).....
رابعاً-هدف البحث	(5).....
خامساً-أهمية البحث	(5).....
سادساً-مسوغات البحث	(5).....
سابعاً-محددات البحث	(6).....
ثامناً-حدود البحث	(6).....
تاسعاً-منهج البحث، وأدواته	(7).....
<u>الفصل الثاني-أدبيات البحث</u>	(8).....
البحث الأول - القسم الأمامي للعين تشريحياً	(9).....
أولاً-القرنية	(10).....
ثانياً-الغرفة الأمامية	(14).....
ثالثاً-العدسة	(16).....
البحث الثاني-الساد	(19).....
أولاً-لمحة تاريخية	(20).....
ثانياً-تعريف الساد	(22).....
ثالثاً-وبائيات الساد	(23).....

- رابعاً- عوامل خطورة تطور الساد.....(24)
- خامساً- تصنيف الساد المرتبط بالعمر.....(25)
- سادساً- جراحة الساد.....(28)
- البحث الثالث- تحليل واجهة الموجة.....(38)**
- أولاً- الجودة البصرية.....(39)
- ثانياً- تعريف الزوغانات.....(40)
- ثالثاً- الزوغانات في النظام البصري العيني.....(40)
- رابعاً- الزوغانات البصرية قبل علم تحليل واجهة الموجة وبعده.....(41)
- خامساً- العوامل المؤثرة بالزوغانات.....(43)
- سادساً- تحليل واجهة الموجة؛ وفق تصنيف فريتس زيرنيكه.....(47)
- سابعاً- تحليل واجهة الموجة؛ وفق تصنيف الزوغانات منخفضة الدرجة/عالية الدرجة.....(52)
- ثامناً- المقاييس المستعملة لقياس الوظيفة البصرية.....(53)
- تاسعاً- أجهزة قياس الزوغانات.....(54)
- عاشراً- التطبيقات السريرية للزوغانات.....(61)
- البحث الرابع- الزوغانات عالية الرتبة.....(65)**
- أولاً- الزوغان الكروي.....(66)
- ثانياً- زوغان الفاصلة.....(80)
- ثالثاً- الزوغان ثلاثي الوريقات.....(83)
- رابعاً- زوغان اللابورية الثانوية.....(83)
- خامساً- الزوغان رباعي الوريقات.....(84)
- سادساً- الزوغانات عالية الرتبة الأخرى.....(84)

الفصل الثالث-منهجية البحث، وإجراءاته.....	(85)
أولاً- السؤال البحثي.....	(86)
ثانياً- الفرضية البحثية.....	(86)
ثالثاً- مكان الدراسة.....	(86)
رابعاً- حجم العينة.....	(86)
خامساً- مجموعة الدراسة.....	(87)
سادساً- معايير الاستبعاد.....	(87)
سابعاً- معايير التضمين.....	(88)
ثامناً- تصميم الدراسة.....	(88)
تاسعاً- خطة البحث.....	(88)
عاشراً- خطوات العمل.....	(92)
الفصل الرابع-نتائج البحث، ومناقشته.....	(93)
البحث الأول-عرض نتائج البحث.....	(94)
أولاً- وصف عينة الدراسة.....	(94)
ثانياً- تبدل قيم RMS لزوغانات الرتبة الثالثة في فترة المتابعة.....	(99)
ثالثاً- تبدل قيم RMS لزوغانات الرتبة الرابعة في فترة المتابعة.....	(116)
رابعاً- تبدل قيم RMS لزوغانات الرتبة الخامسة والسادسة والسابعة في فترة المتابعة.....	(141)
خامساً- تبدل قيم RMS الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة في فترة المتابعة.....	(151)
البحث الثاني-مناقشة نتائج البحث.....	(155)
أولاً- مناقشة عينة الدراسة.....	(157)
ثانياً- مناقشة القيم الوسطية للزوغانات عالية الرتبة لدى مرضى الساد متوسطي العمر، ومتقدميه.....	(158)

- ثالثاً- مناقشة تأثير الجرح القرني العلوي 3.2 ملم في الزوجانات عالية الرتبة.....(159)
- البحث الثالث-المقارنة بالدراسات العالمية.....(163)
- أولاً- دراسة (Guirao et al., 2004).....(163)
- ثانياً- دراسة (Villegas et al., 2019).....(164)
- الفصل الخامس - الخلاصة، والتوصيات، ومحددات الدراسة.....(167)
- أولاً- الخلاصة.....(168)
- ثانياً- التوصيات.....(169)
- ثالثاً- محددات الدراسة.....(170)
- المراجع.....(171)
- الملاحق.....(191)
- الملخص باللغة الانكليزية.....(194)

فهرس الأشكال التوضيحية

العنوان.....	رقم الصفحة.....
الشكل(1): التطور الطبيعي للحرج القرني مع تقدم العمر.....	(11)
الشكل(2): رسم توضيحي لطبقات القرنية.....	(13)
الشكل(3): تشريح الغرفة الأمامية.....	(15)
الشكل(4): A: مظهر العدسة بالمصباح الشقي B: مقطع جانبي للعين C: شكل ترسمي لبنية العدسة.....	(16)
الشكل(5): اختلاف سماكة محفظة العدسة باختلاف أجزائها.....	(17)
الشكل(6): شكل ترسمي لتشريح عدسة العين.....	(18)
الشكل(7): تمثال الكاهن (كا-عبر).....	(21)
الشكل(8): إسقاط العدسة في الزجاجي عند الفراغنة.....	(21)
الشكل(9): انتشار الساد في الفئات العمرية المختلفة؛ وفق المعهد الوطني للصحة في الولايات المتحدة.....	(23)
الشكل(10): أهم العوامل المحرصة لتشكيل الساد.....	(24)
الشكل(11): تصنيف الساد؛ حسب مكان توضع في العدسة.....	(25)
الشكل(12): الساد المورغاني.....	(27)
الشكل(13): شكل ترسمي للساد المورغاني.....	(27)
الشكل(14): عدد جراحات الساد المجراة لكل مليون شخص سنوياً؛ حسب المنطقة الجغرافية.....	(28)
الشكل(15): تطور عدد عمليات الساد المجراة سنوياً في العالم مع تقدم الزمن؛ حسب منظمة الصحة العالمية.....	(29)
الشكل(16): عدد أطباء العيون لكل مليون شخص؛ حسب المنطقة الجغرافية.....	(30)
الشكل(17): تصنيف الزوجانات قبل ظهور تحليل واجهة الموجة.....	(41)
الشكل(18): تصنيف الزوجانات بعد ظهور تحليل واجهة الموجة.....	(42)
الشكل(19): تحليل واجهة الموجة.....	(42)
الشكل(20): تأثير تحطم فلم الدمع في الزوجانات عالية الرتبة.....	(43)
الشكل(21): مقارنة قيم RMS للزوجانات العينية عالية الرتبة لأجل أقطار حدقة متفاوتة بين الدراسات السابقة.....	(44)
الشكل(22): مقارنة تغيرات قيم RMS للزوجانات العينية عالية الرتبة؛ حسب العمر بين الدراسات السابقة.....	(46)

- الشكل(23): Fritz Zernike(1888–1966).....(47)
- الشكل(24): الأشكال ثنائية وثلاثية الأبعاد للزوغانات؛ وفق تصنيف زيرنيكه.....(48)
- الشكل(25): الأشكال ثنائية الأبعاد والتأثير البصري للزوغانات؛ وفق تصنيف زيرنيكه.....(48)
- الشكل(26): الزوغانات منخفضة الرتبة.....(49)
- الشكل(27): زوغانات الرتبة الثالثة.....(50)
- الشكل(28): المساهمات الفردية في الزوغانات العينية.....(55)
- الشكل(29): تطور طبوغرافيا القرنية.....(58)
- الشكل(30): جهاز تصوير القرنية الطبوغرافي SIRIUS CSO S.r.l. 50010 scandicci.....(60)
- الشكل(31): التطبيقات السريرية للزوغانات بين الحاضر والماضي.....(61)
- الشكل(32): انكسار "Paraxial Ray" بالنسبة للعدسة الكروية.....(66)
- الشكل(33): انكسار "Not-Paraxial Ray" بالنسبة للعدسة الكروية.....(66)
- الشكل(34): الزوغان الكروي الموجب.....(67)
- الشكل(35): الزوغان الكروي السالب.....(67)
- الشكل(36): وسطي القيم الطبيعية للزوغان الكروي عند مرضى الساد المرتبط بالعمر بين المجتمعات المختلفة.....(71)
- الشكل(37): الفرق بين العدسات الكروية والعدسات اللاكروية الخالية من الزوغانات.....(74)
- الشكل(38): الفرق بين العدسات الكروية والعدسات اللاكروية ذات الزوغان الكروي السالب أو الخالية من الزوغانات.....(75)
- الشكل(39): عدسة Akreos MICS.....(75)
- الشكل(40): عدسة Akreos AO.....(75)
- الشكل(41): آلية حدوث زوغان الفاصلة.....(80)
- الشكل(42): مقارنة بين مجموعتي الدراسة من حيث أعمار المرضى المشاركين فيها.....(95)
- الشكل(43): توزع عينة الدراسة من حيث الجنس.....(96)
- الشكل(44): توزع عينة الدراسة من حيث جهة العمل الجراحي.....(97)
- الشكل(45): مقارنة بين مجموعتي الدراسة من حيث الطول الأمامي الخلفي لأعين المرضى المشاركين فيها.....(98)
- الشكل(46): مقارنة قيم RMS لزوغان الفاصلة قبل الجراحة بين مجموعتي الدراسة.....(101)
- الشكل(47): مقارنة قيم RMS لزوغان الفاصلة بعد الجراحة بشهر بين مجموعتي الدراسة.....(102)

- الشكل(48): مقارنة قيم RMS لزوغان الفاصلة بعد الجراحة بستة أشهر بين مجموعتي الدراسة.....(103)
- الشكل(49): مقارنة قيم RMS لزوغان الفاصلة عند مرضى المجموعة A بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.....(105)
- الشكل(50): مقارنة قيم RMS لزوغان الفاصلة عند مرضى المجموعة B بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.....(107)
- الشكل(51): مقارنة قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات قبل الجراحة بين مجموعتي الدراسة.....(109)
- الشكل(52): مقارنة قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات بعد الجراحة بشهر بين مجموعتي الدراسة.....(110)
- الشكل(53): مقارنة قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات بعد الجراحة بستة أشهر بين مجموعتي الدراسة.....(111)
- الشكل(54): مقارنة قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات عند مرضى المجموعة A بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة... (113)
- الشكل(55): مقارنة قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات عند مرضى المجموعة B بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة... (115)
- الشكل(56): مقارنة قيم RMS للزوغان الكروي قبل الجراحة بين مجموعتي الدراسة.....(118)
- الشكل(57): مقارنة قيم RMS للزوغان الكروي بعد الجراحة بشهر بين مجموعتي الدراسة.....(119)
- الشكل(58): مقارنة قيم RMS للزوغان الكروي بعد الجراحة بستة أشهر بين مجموعتي الدراسة.....(120)
- الشكل(59): مقارنة قيم RMS للزوغان الكروي عند مرضى المجموعة A بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.....(122)
- الشكل(60): مقارنة قيم RMS للزوغان الكروي عند مرضى المجموعة B بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.....(124)
- الشكل(61): مقارنة قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات قبل الجراحة بين مجموعتي الدراسة.....(126)
- الشكل(62): مقارنة قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات بعد الجراحة بشهر بين مجموعتي الدراسة.....(127)
- الشكل(63): مقارنة قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات بعد الجراحة بستة أشهر بين مجموعتي الدراسة.....(128)
- الشكل(64): مقارنة قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات عند مرضى المجموعة A بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.. (130)
- الشكل(65): مقارنة قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات عند مرضى المجموعة B بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.. (132)
- الشكل(66): مقارنة قيم RMS للزوغان الحرج الثاني قبل الجراحة بين مجموعتي الدراسة.....(134)
- الشكل(67): مقارنة قيم RMS لزوغان الحرج الثاني بعد الجراحة بشهر بين مجموعتي الدراسة.....(135)
- الشكل(68): مقارنة قيم RMS لزوغان الحرج الثاني بعد الجراحة بستة أشهر بين مجموعتي الدراسة.....(136)
- الشكل(69): مقارنة قيم RMS لزوغان الحرج الثاني عند مرضى المجموعة A بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة..... (138)
- الشكل(70): مقارنة قيم RMS لزوغان الحرج الثاني عند مرضى المجموعة B بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة..... (140)
- الشكل(71): مقارنة قيم RMS لزوغانات الرتبة الخامسة قبل الجراحة بين المجموعتين.....(142)
- الشكل(72): مقارنة قيم RMS لزوغانات الرتبة السادسة قبل الجراحة بين المجموعتين.....(145)

- الشكل(73): مقارنة قيم RMS لزوغانات الرتبة السابعة قبل الجراحة بين المجموعتين.....(148)
- الشكل(74): مقارنة قيم RMS للزوغانات عالية الرتبة حتى السابعة قبل الجراحة بين المجموعتين.....(152)
- الشكل(75): العلاقة بين الطول الأمامي الخلفي للمقيلة والجرج القرني؛ وفق Collier Wakefield.....(157)
- الشكل(76): نتائج دراسة Antonio Guirao.....(164)
- الشكل(77): نتائج دراسة Eloy A. Villegas.....(166)

فهرس الجداول

العنوان.....	رقم الصفحة
الجدول(1): زوڠانات الرتبة الثالثة والرابعة.....	(65)
الجدول(2): أشهر أنواع العدسات اللاكروية المتوفرة عالمياً والمخصصة للزرع داخل المقلة.....	(78)
الجدول(3): مقارنة قيم RMS لزوڠانات الرتبة الخامسة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر وستة أشهر.....	(143)
الجدول(4): مقارنة قيم RMS لزوڠانات الرتبة السادسة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر وستة أشهر.....	(146)
الجدول(5): مقارنة قيم RMS لزوڠانات الرتبة السابعة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر وستة أشهر.....	(149)
الجدول(6): مقارنة قيم RMS للزوڠانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة بين قبل الجراحة، وبعدها.....	(153)
الجدول(7): القيم الوسطية للزوڠانات عالية الرتبة لدى مرضى الساد متوسطي العمر، ومتقدميه في دراستنا.....	(158)

قائمة المصطلحات والاختصارات باللغتين العربية والإنكليزية

زاوية الغرفة الأمامية	ACA
عمق الغرفة الأمامية	ACD
حجم الغرفة الأمامية	ACV
الطول الأمامي الخلفي للمقلة	AL
الحرز المخالف للقاعدة	ATR
إدارة الغذاء والدواء الأمريكية	FDA
الزوغانات عالية الرتبة	HOAs
العدسة المزروعة داخل المقلة	IOL
الضغط داخل المقلة	IOP
الزوغانات منخفضة الرتبة	LOAs
المعهد الوطني للصحة	NEI
التصوير المقطعي التوافقي البصري	OCT
استحلاب العدسة	PHACO
بولي ميثيل ميثاكريلات	PMMA
مربع الجذر التربيعي	RMS
الزوغان الكروي	SA
القدرة البصرية	VA
الجودة البصرية	VQ
منظمة الصحة العالمية	WHO
الحرز الموافق للقاعدة	WTR

الملخص

خلفية البحث: في السنوات الأخيرة، أدى اعتماد قياس واجهة الموجة العينية في طب العيون السريري إلى نقل جراحة الساد نحو الجراحة الانكسارية حيث صُمِّمت أنواع مختلفة من العدسات التي تستطيع تعديل أشيع الزوغانات القرنية عالية الرتبة، ولم يعد الهدف من جراحة الساد هو استعادة حدة الإبصار فحسب؛ بل أيضاً تحقيق أفضل جودة إبصار، وبما أن جراحة الساد تشمل تداخلاً مباشراً عبر القرنية لاستخراج الساد اتجه الباحثون لدراسة تأثير الأبعاد والمواقع المختلفة للجرح القرني في الزوغانات القرنية عالية الرتبة؛ لأخذ تصور مسبق لما ستؤول إليه هذه الزوغانات بعد جراحة الساد، واختيار عدسة صناعية مناسبة لذلك.

هدف البحث: دراسة تأثير جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم في الزوغانات القرنية عالية الرتبة، وذلك لدى مرضى الحرج الموافق للقاعدة والحرج المخالف للقاعدة كلاً على حدة.

المواد، والطرائق: دراسة تقديمية تداخلية معشاة شملت 76 عيناً من 76 مريضاً مصاباً بالساد المرتبط بالعمر من المقبولين في الشعبة العينية في مشفى المواساة الجامعي بدمشق في المدة من أيلول 2020 حتى كانون الثاني 2022، حيث أُجريَ فحص عيني شامل ثم أُجريت طبوغرافيا القرنية باستعمال جهاز Sirius، وذلك في أسبوع قبل إجراء جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم وبعدها بشهر وستة أشهر لدراسة تأثير هذه الجراحة في الزوغانات القرنية عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة، وذلك عند قطر حدقة 6 ملم، ثم جُمِعت البيانات وحُلِّلت إحصائياً.

النتائج: وجدنا أن القيمة الوسطية الطبيعية للزوغان الكروي في المجتمع السوري عند مرضى الساد متوسطي العمر ومتقدميه تبلغ 0.29 ± 0.10 ميكرون، وأن جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم تسبب زيادة مهمة إحصائياً في الزوغان ثلاثي الوريقات دون غيره من الزوغانات؛ وصولاً للرتبة السابعة من تصنيف زيرنيكه عندما يكون الحرج القرني موافقاً للقاعدة؛ بينما تؤدي هذه الجراحة عندما يكون الحرج القرني مخالفًا للقاعدة إلى زيادة مهمة إحصائياً في كل من الزوغان ثلاثي الوريقات وزوغان الفاصلة والزوغان الكروي.

الاستنتاجات: نستنتج أنه من الضروري دراسة الزوغان الكروي القرني الموجود قبل الجراحة واعتماده دون تغير عند اختيار العدسة المخصصة للزرع داخل المقلة ذات الزوغان الكروي السالب المعدلة للزوغان الكروي الموجب للقرنية، وذلك دون أن نأخذ في الحسبان التغيرات التي تسببها جراحة

استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية بجرح قرني علوي 3.2 ملم في قيم الزوجان الكروي للقرنية، وذلك فقط عندما يكون المحور العمودي للقرنية هو الأكثر تحدياً.

الكلمات المفتاحية: الزوجانات عالية الرتبة، الزوجان الكروي، زوجان الفاصلة، الزوجان ثلاثي الوريقات، استحلاب العدسة.

الفصل الأول

الإطار العام للبحث

أولاً-المقدّمة:

يعدّ الساد السبب الأول للعمى القابل للتراجع على مستوى العالم، وتمثل جراحة الساد واحدة من أكثر العمليات الجراحية التي تُجرى في جميع أنحاء العالم[1]. وبعد أن كان الهدف من جراحة الساد يقتصر على تحسين القدرة البصرية للمرضى بوساطة استبدال العدسة المصابة بالساد بعدسة صناعية مناسبة انكسارياً للمريض أصبحت جراحة الساد تمثل فرصة لتحقيق أفضل جودة بصرية ممكنة للمرضى عبر اختيار العدسة الصناعية المناسبة للمريض انكسارياً التي تقدم تعويضاً يماثل التعويض الذي تقدمه العدسة الطبيعية للزوغانات القرنية عالية الرتبة أو يتفوق عليه[2].

اتفقت جميع الدراسات السابقة على أن الزوغان الكروي وزوغان الفاصلة والزوغان ثلاثي الوريقات هي الزوغانات الأهم من حيث تأثيرها في الجودة البصرية عند المرضى بعد جراحة الساد، وأدى التطور المستمر في تصميم العدسات المخصصة للزرع داخل المقلة إلى تصميم أنواع مختلفة من العدسات التي تمكننا من تعديل الزوغان الكروي، وما زالت البحوث مستمرة للوصول إلى عدسات توفر تصحيحاً كاملاً للزوغانات القرنية عالية الرتبة[3].

مع توسع مفهوم أخطاء النظام البصري العيني ليشمل الزوغانات، ومع التطور المستمر في تصميم العدسات المخصصة للزرع داخل المقلة بدأ أطباء العيون في تطبيق الدروس المستفادة من تصحيح البصر بالليزر على جراحة الساد، فأصبحت خاصية اللاكروية ميزة جذابة للعدسات الجديدة المخصصة للزرع داخل المقلة على مدار العقد الماضي حيث صُمّمت هذه العدسات للتخلص من الزوغان الكروي الإيجابي الذي تضيفه العدسات الكروية التقليدية المخصصة للزرع داخل المقلة، لكن صانعي العدسات المخصصة للزرع داخل المقلة اتخذوا طرائق مختلفة لتحقيق هذه الخاصية؛ مما أسفر

عن مجموعة من العدسات اللاكروية التي تسعى بصورة مختلفة إلى تحييد كل أو بعض من الزوغان الكروي الإيجابي للقرنية أو تقتصر فقط على عدم زيادة الزوغان الكروي الإيجابي الطبيعي للقرنية [4][5]. ونظراً لأنه من الصعب قياس الزوغانات لكل مريض قبل جراحة الساد حتى في البلدان المتقدمة، فإن دراستنا بقياسها للزوغان الكروي القرني عند 76 مريضاً من مرضى الساد متوسطي العمر، ومتقدميه قبل الجراحة، وبعدها تعطي تصوراً من أجل تقييم ما إذا كان مقدار الزوغان الكروي السلبي في العدسات اللاكروية المتوفرة حالياً مناسب للمجتمع السوري، كما تقدم معلومات ذات قيمة للبحث عن تحسينات في طرائق إجراء الجرح القرني في حال حدوث تغييرات كبيرة في زوغانات القرنية بعد الجراحة تؤثر في دقة اختيار العدسة التي ستزرع داخل المقلة.

ثانياً- بعض الدراسات السابقة:

دراسة (Guirao et al., 2004) [6]:

- ✓ أجريت في مشفى Ramo'n y Cajal في مدينة مدريد عاصمة إسبانيا.
- ✓ نُشرت عام 2004 بمجلة Investigative Ophthalmology & Visual Science تحت عنوان Corneal Aberrations before and after Small-Incision Cataract Surgery.
- ✓ قارنت قيم RMS لأهم الزوغانات القرنية عالية الرتبة (الزوغان الكروي، وزوغان الفاصلة، والزوغان ثلاثي الوريقات) التي تقاس عند قطر حدقة 6 ملم بواسطة جهاز طبوغرافيا القرنية من طراز ALCON Eyemap® model EH-290 قبل جراحة استحلاب العدسة عبر جرح قرني يبلغ 3.5 ملم في المحور الأكثر تحدياً لدى 70 مريضاً وبعدها.

دراسة (Villegas et al., 2019) [7]:

✓ أجريت هذه الدراسة في مشفى Virgen de la Arrixaca الجامعي في مدينة مرسية جنوب شرق إسبانيا.

✓ نُشرت عام 2019 في مجلة PLOS ONE تحت عنوان One-year follow-up of .changes in refraction and aberrations induced by corneal incision

✓ قارنت قيم RMS لأهم الزوغانات القرنية عالية الرتبة (الزوغان الكروي، وزوغان الفاصلة، والزوغان ثلاثي الوريقات) التي تقاس عند قطر حدقة 4 ملم بواسطة جهاز طبوغرافيا القرنية من طراز Carl Zeiss's ATLAS قبل جراحة استحلاب العدسة عبر جرح قرني صدغي يبلغ 3.2 ملم لدى 27 مريضاً وبعدها.

ثالثاً- مشكلة البحث:

أدى اعتماد قياس واجهة الموجة العينية في طب العيون السريري إلى نقل جراحة الساد نحو الجراحة الانكسارية، وأصبح فهم التغيرات الحاصلة في زوغانات القرنية في أثناء جراحة الساد شرطاً أساسياً مهماً لتحقيق الجودة البصرية المثلى بواسطة زرع العدسات المعدلة لزوغانات القرنية داخل المقلة؛ إذ إن تدهور الجودة البصرية للقرنية بعد الجراحة من شأنه أن يحدّ من أداء العين مع كون قياس العدسة المزروعة دقيقاً، ومن ثم فإن الشاغل الرئيس للباحثين الآن هو معرفة التغيرات المحتملة في بصريات القرنية التي تحدثها جراحة الساد.

رابعاً-هدف البحث:

دراسة تأثير جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم في الزوغانات القرنية عالية الرتبة، وذلك لدى مرضى الحرج الموافق للقاعدة، والحرج المخالف للقاعدة كلاً على حدة.

خامساً-أهمية البحث:

يسهم هذا البحث في الحصول على تصور مسبق لما ستؤول إليه الزوغانات القرنية عالية الرتبة بعد جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم، وذلك لدى مرضى الحرج الموافق للقاعدة، والحرج المخالف للقاعدة كلاً على حدة؛ ما يزيد من فرصة اختيار العدسة الصناعية الأنسب للمريض، ويدفع للبحث عن تحسينات في طرائق إجراء الجرح القرني في حالة حدوث تغييرات كبيرة في زوغانات القرنية.

سادساً-مسوغات البحث:

أدى كلُّ من التوسّع في مفهوم أخطاء النظام البصري العيني؛ ليشمل الزوغانات والتطور المستمر في جراحة الساد إلى تصميم أنواع مختلفة من العدسات التي تستطيع تعديل أشيع الزوغانات القرنية عالية الرتبة، وبما أن جراحة الساد تشمل تداخلاً مباشراً عبر القرنية لاستخراج الساد كان لا بد من دراسة تأثير الجراحة الأشيع في بلدنا لاستخراج الساد المتمثلة باستحلاب العدسة بالترددات فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم على زوغانات القرنية عالية الرتبة.

سابعاً-محددات البحث :Research Limitations:

- اقتصار حجم العينة على 76 عيناً من 76 مريضاً مصاباً بالساد المرتبط بالعمر بسبب تزامن زمن إجراء البحث مع زمن انتشار وباء كوفيد-19 المستجد.
- اقتصار زمن متابعة المرضى على شهر وستة أشهر فقط؛ لأنه كان من الصعوبة متابعة المرضى لمدة أطول؛ لأنّ معظم هؤلاء المرضى من أماكن بعيدة عن دمشق من جهة؛ فضلاً عن الصّعوبات اللوجستية التي فرضها وباء كوفيد-19 المستجد من جهة أخرى.
- إجراء العمليات الجراحية بيد عدة جراحين، وليس بيد جراح وحيد؛ بسبب قلة عدد العمليات الجراحية التي أُجريت في قسم أمراض العين، وجراحتها في زمن إجراء البحث.
- اقتصار البحث على دراسة الشقوق القرنية العلوية، وعدم دراسة تأثير الشقوق الصدغية للقرنية في الزوغانات القرنية عالية الرتبة.

ثامناً-حدود البحث :Research Delimitations:

دراسة تأثير جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم في الزوغانات القرنية عالية الرتبة، وذلك لدى كل من مرضى الحرج الموافق للقاعدة، ومرضى الحرج المخالف للقاعدة المصابين بالساد المرتبط بالعمر والمقبولين في الشعبة العينية في مشفى المواساة الجامعي بدمشق في المدة الممتدة من أيلول 2020 وحتى كانون الثاني 2022.

تاسعاً-منهج البحث، وأدواته:

دراسة تقديمية تداخلية معشاة شملت 38 عيناً من 38 مريضاً مصاباً بالساد ممن لديهم جرح قرني موافق للقاعدة و38 عيناً من 38 مريضاً مصاباً بالساد ممن لديهم جرح قرني مخالف للقاعدة من المقبولين في الشعبة العينية في مشفى الموساة الجامعي بدمشق في المدة من أيلول 2020 حتى كانون الثاني 2022. حيث أُجريَ فحصٌ عيني شامل باستعمال الأجهزة والمعدات المتوفرة في مشفى الموساة الجامعي ثم أُجريت طبوغرافيا القرنية باستعمال جهاز Sirius، وذلك في أسبوع قبل إجراء جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم وبعدها بشهر وستة أشهر لدراسة تأثير هذه الجراحة في الزوغانات القرنية عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة، وذلك عند قطر حدقة 6 ملم، ثم جُمعت البيانات وحُلّلت إحصائياً.

الفصل الثاني

أدبيّات البحث

البحث الأول

القسم الأمامي للعين: تشريحاً

Anterior Segment of the Eye: Anatomically

العين البشرية هي نظام بصري معقد فيه زوغانات مختلفة، وهذه الزوغانات تعد من العوامل المحددة للجودة البصرية (VQ) Visual Quality [8]. حيث إن الجودة البصرية للعين محدودة بعوامل مختلفة بما في ذلك الزوغانات البصرية والحيود والانتثار [9]. ويعد السطح (هواء/قرنية) أول واجهة انكسارية للعين وأهمها؛ مع تأثير كبير في الانكسار الكلي؛ بسبب الاختلاف الكبير بمشعر الانكسار [10]. وبما أن غالبية الزوغانات عالية الرتبة (HOAs) High Order Aberrations تنشأ من القرنية والعدسة مع نسبة قليلة جداً تسهم الشبكية في حدوثها [11] فإننا في هذا البحث سنسلط الضوء باختصار على تشريح القسم الأمامي للعين الذي يشمل كلاً من القرنية والعدسة والبنى الفاصلة بينهما.

أولاً- القرنية Cornea:

القرنية هي القسم الأمامي الشفاف من العين حيث تشكل السدس الأمامي من سطح غلاف كرة العين الليفي، ويؤدي الوضع التشريحي للقرنية إلى تأثرها بأمراض الجوار فتصاب بالتهاب الظهارة عند حدوث التهاب الملتحمة، والتهاب اللحمية عند التهاب الصلبة[12].

تعد القرنية بنية شديدة التعقيد نسيجياً؛ فضلاً عن أثرها في حماية الأقسام الداخلية من العين، فهي مسؤولة عن حوالي ثلثي القوة الكاسرة لها، حيث تبلغ قوتها الكاسرة حوالي 43 كُسيرة، وهي قوة ثابتة الشدة، لا تتأثر بعملية المطابقة، على العكس من العدسة[12].

ولأن شفافية القرنية هي أهم صفاتها، تكون القرنية الطبيعية خالية من الأوعية الدموية، وتزود بالمغذيات والأكسجين وإزالة المخلفات الاستقلابية منها بصورة أساسية بواسطة الانتشار عبر الخلط المائي من الخلف، والدمع من الأمام[12].

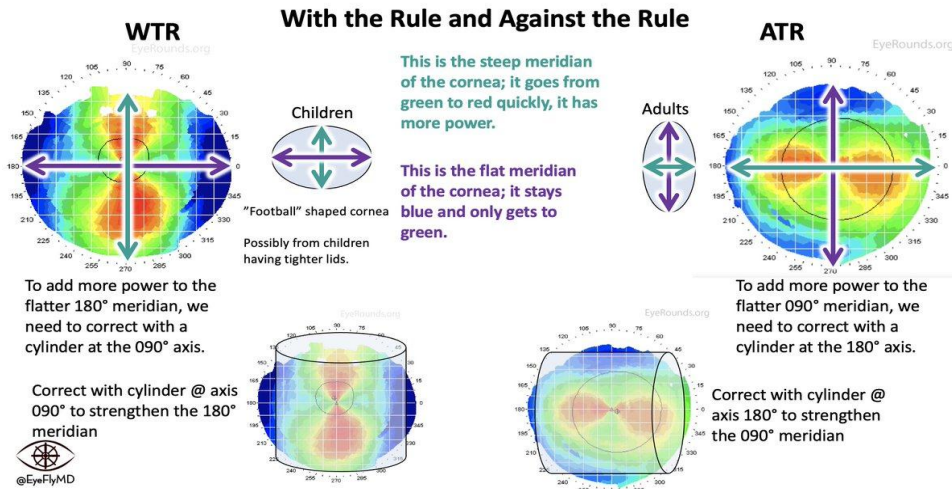
تُزود القرنية بألياف عصبية دقيقة عديمة النخاعين بصورة كثيفة جداً، وتحتوي الضفيرتان العصبيتان تحت الظهارية والسدوية العميقة على ألياف من الفرع الأول للعصب مثلث التوائم. ويؤدي لمس القرنية لحدوث المنعكس القرني العفوي المتمثل بإغماض سريع للجفنين[12].

1- شكل القرنية وأبعادها [13]:

تأخذ القرنية لدى الإنسان البالغ شكلاً بيضوياً متطاولاً، بحيث يكون القطر الأفقي حوالي (11.7 ملم)، وهو أكبر من القطر العمودي (10.6 ملم). وينتج هذا الشكل البيضوي عن الامتداد الأمامي للصلبة في الأعلى والأسفل. ويبلغ نصف قطر انحناء الوجه الأمامي للقرنية حوالي (7.8 ملم) وهو أقل من نصف قطر انحناء الصلبة، والبالغ حوالي (11.5 ملم)؛ مما يترك منطقة انتقالية بينهما يبلغ عرضها (1.5 إلى 2 ملم)، وتدعى بالحواف أو باللم، بينما يبلغ نصف قطر انحناء الوجه الخلفي للقرنية (6.5 ملم). وتكون القرنية أرق ما يمكن في مركزها بسماكة 520 ميكرونًا وسطيًا، وتزداد سماكتها تدريجياً للمحيط لتصل إلى أكثر من 700 ميكرون. تبلغ مساحة سطح القرنية حوالي (1.38 سم²).

2- تحجب القرنية [13]:

عند الشباب يكون المحور العمودي للقرنية أكثر تحجباً من المحور الأفقي، وهذا ما يسبب حرجاً موافقاً للقاعدة (WTR) الذي يميل مع التقدم بالعمر، ليصبح مخالفاً للقاعدة Against The Rule (ATR) حيث يصبح المحور الأفقي للقرنية أكثر تحجباً من المحور العمودي (الشكل 1).



الشكل (1): التطور الطبيعي للحدج القرني مع تقدم العمر.

3-طبقات القرنية [13][14]:

تتألف القرنية من ست طبقات، وهي بالترتيب من الخارج إلى الداخل (الشكل 2):

• **ظهارة القرنية (Corneal Epithelium):** وهي ظهارة مطبقة حرشفية غير متقرنة تتألف من

5-7 صفوف من الخلايا وهي من الخارج إلى الداخل: خلايا ظهارية متميزة - خلايا جناحية متوسطة

التمايز Wing cell - خلايا قاعدية Basal cell (يحدث فيها الانقسام).

• **طبقة بومان (Bowman's Layer):** وتتألف من طبقة من ألياف الكولاجين المبعثرة، والتي

تندمج باللحمة القرنية إلى الأسفل منها، وعلى خلاف غشاء ديسمييه؛ فإن طبقة بومان لا تتجدد بعد

الأذيات، وإنما تستبدل بنسيج ليفي.

• **لحمة القرنية (Corneal Stroma):** وتشكل 90% من سماكة القرنية، وتتألف من خلايا

قرنية تشبه صانعات الليف تصنع ألياف الكولاجين و تتوضع بصورة طبقات وباتجاهات منتظمة.

• **طبقة دوا (Dua's layer):** سُميت على اسم الباحث الذي اكتشفها، وهو رئيس قسم طب

وجراحة العيون في جامعة نوتنغهام هارميندر سينغ دوا Harminder Singh Dua الذي قام مع فريق

من الباحثين البريطانيين عام 2013 بنشر ورقة بحثية بعنوان "Human Corneal Anatomy

"Redefined: A Novel Pre-Descemet's Layer (Dua's Layer)" تحدثوا فيها عن وجود

طبقة مجهولة في القرنية ترتيبها يكون الرابع بين طبقات القرنية، وتبلغ سماكتها 15 ميكرونًا ويمكنها أن

تساعد الجراحين كثيراً على تحسين نتائج عمليات زراعة القرنية.

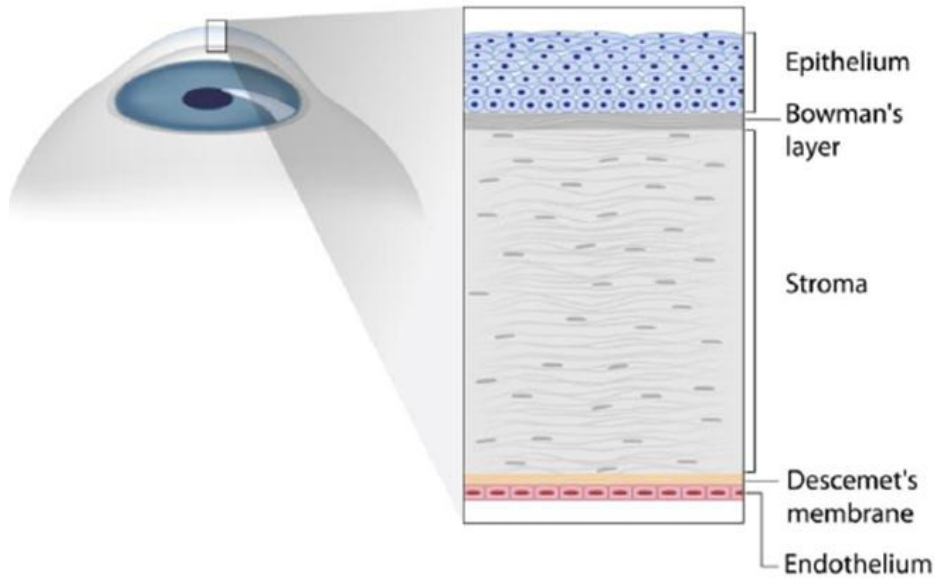
• **غشاء ديسمييه (Descemet's Membrane):** يعد الطبقة القاعدية للبطانة القرنية، ويتألف

أساساً من الكولاجين من النمط الرابع، تبلغ سماكته عند الولادة (3-4) ميكرونات، وتزداد مع التقدم بالعمر حتى تصل إلى حوالي (10-12) ميكرونات عند الكهول.

• **بطانة القرنية (Corneal Endothelium):** تتكون من طبقة أحادية من الخلايا متعددة

الأضلاع، تكون كثافة هذه الخلايا عند اليافعين 3000 خلية في الملم². ويتناقص عدد هذه الخلايا بمعدل (0.6%) في السنة تقريباً، حيث تتمطط الخلايا المجاورة، وتملأ الفراغات الناتجة عن تناقص الخلايا الميتة. وفي حال وصول كثافة الخلايا البطانية إلى حوالي 500 خلية في الملم² وما دون؛ عادةً ما تتطور وذمة القرنية، وتضطرب شفافيتها.

Structure of the Cornea



الشكل (2): رسم توضيحي لطبقات القرنية.

ثانياً-الغرفة الأمامية Anterior Chamber [15]:

تتحدّد الغرفة الأمامية للعين من الأمام بالوجه الخلفي للقرنية وبقسم من شبكة التّرييق، وتتحدّد بالقزحية والوجه الأمامي للعدسة وقسم من الجسم الهدبيّ من الخلف.

يختلف عمق الغرفة الأمامية (Anterior Chamber Depth (ACD) من شخص لآخر؛ فهي أعمق في اللّاعدية، وفي العدسة الكاذبة، وفي العيون الحسيرة. وأضلّ عند الأطفال والشيوخ، وفي العيون المديدة حيث ينقص عمقها بمقدار (0.06) ملليمتر لكلّ كسيرة مدّ. ويتراوح عمق الغرفة الأمامية بين (1.5) ملم و(4) ملم. وفي عيون البالغين الطّبيعيّين سوّية الإبصار، يبلغ عمق الغرفة الأمامية وسطياً (3.15) ملليمتر في المركز، ويقلّ العمق باتّجاه المحيط ليصل لأضيق نقطة إلى القرب من رذب الزّاوية. ويتناقص عمقها بمقدار (0.01) ملليمتر سنوياً. يتغيّر عمق الغرفة الأمامية حسب حالة المطابقة، حيث يتناقص العمق بازدياد المطابقة؛ وذلك بسبب زيادة تحدّب العدسة، وتحركها جزئياً نحو الأمام.

يملك تحديد عمق الغرفة الأمامية أهميّة سريريّة كبيرة، وخاصّة في تقدير خطر الإصابة بالزّرق مغلق الزّاوية، وفي حساب قوّة العدسات المزروعة داخل المقلة، وفي بعض الحالات المرضيّة كمتلازمة التّوسّف الكاذب. وهناك عدد كبير من الطرائق لقياس هذا العمق؛ كالفحص بالمصباح الشّقيّ، والمقارنة بين العينين، والتّصوير بالأمواج فوق الصّوتية، وتصوير القرنية الطّبوغرافيّ، والتّصوير المقطعيّ التوافقي البصريّ OCT.

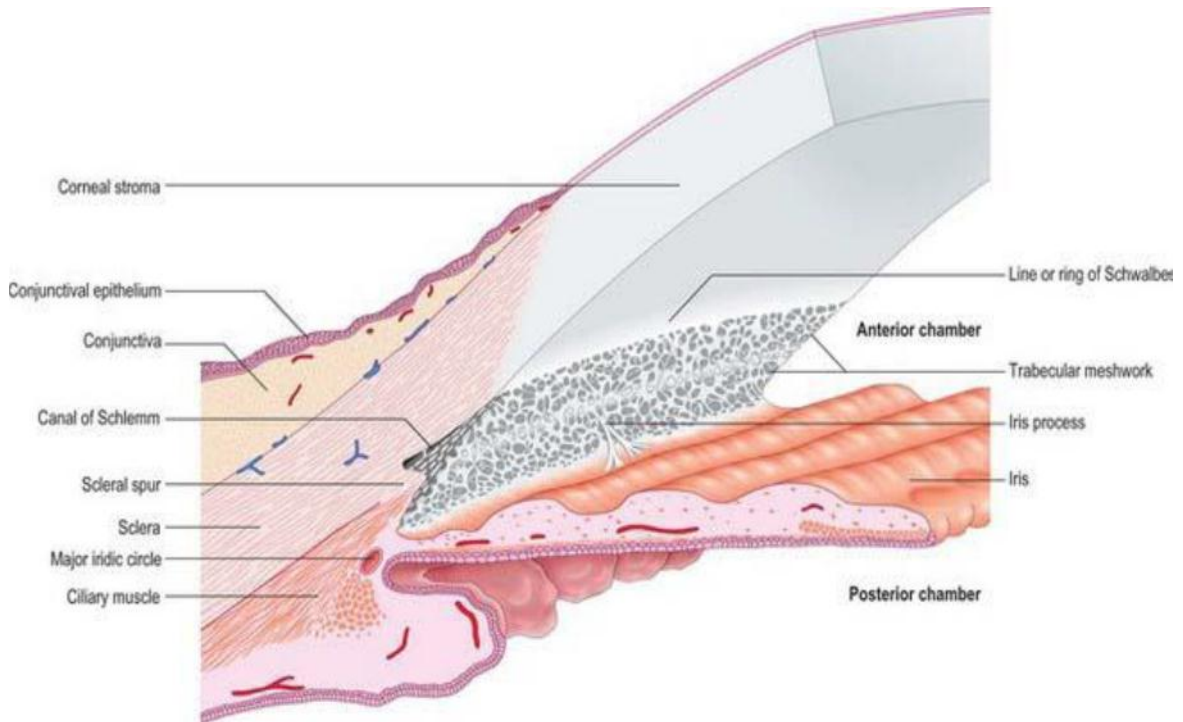
يبلغ حجم الغرفة الأمامية (Anterior Chamber Volume (ACV) في العيون الطّبيعيّة حوالي (0.25) مل، وهي مملوءة بالخلط المائيّ، ويتناقص حجمها بمقدار (0.11) ميكرو لتر سنوياً.

يُنتج الخلط المائي عن طريق الخلايا الظهارية غير المصطبغة للنواتئ الهدبية في الغرفة الخلفية، ثم يمر السائل عبر فتحة الحدقة إلى الغرفة الأمامية، ويغادر القسم الأعظم منه العين بالعبور عبر شبكة الترقيق إلى قناة شليم، ومنها إلى الجهاز الوريدي عبر الأوردة فوق الصلبة، كما يغادر قسم قليل منه العين عبر السبيل العنبي الصلب وعبر القرنية.

تتوضع زاوية الغرفة الأمامية (ACA) في منطقة الاتصال

بين القرنية والقرنية، وتتألف من البنى الخمسة التالية (الشكل 3):

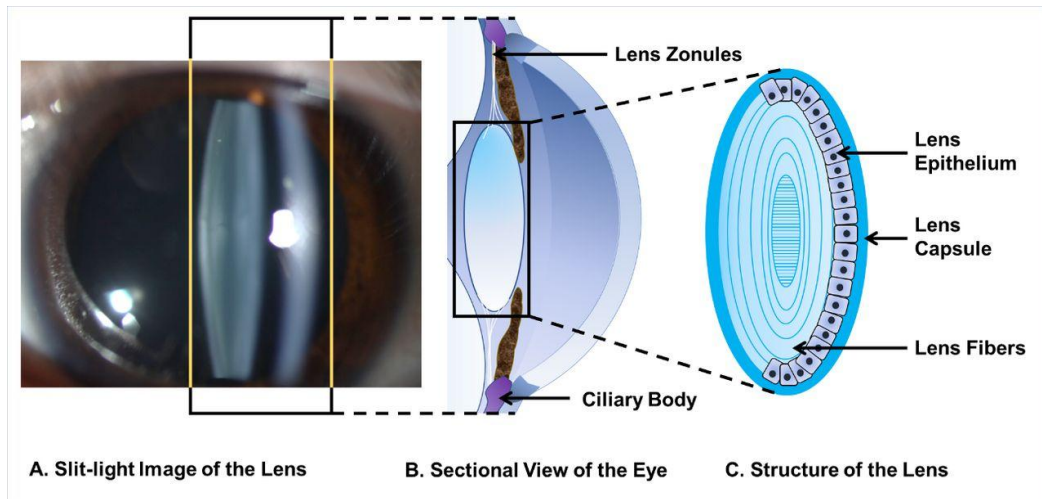
- خط شوالبه (Schwalbe's Line).
- قناة شليم، وشبكة الترقيق.
- مهماز الصلبة (Scleral Spur).
- الحافة الأمامية للجسم الهدبي.
- القرنية (Iris).



الشكل (3): تشريح الغرفة الأمامية.

ثالثاً- العدسة Lens [16]:

العدسة جسم بلّوري شفاف محدّب الوجهين، تتوضع بين القرنيّة والجسم الرّجائي (الشكل 4)، وتكون محاطة بمحفظة رقيقة، وتتعاون مع القرنيّة في كسر الأشعّة الضوئيّة الواردة إلى العين. تقوم العدسة بتركيز الأشعّة الضوئيّة على الشبكيّة عبر تغيير تحدّبها ممّا يعدّل البعد البؤريّ للعين، وتسمّى هذه العمليّة بالمطابقة. تنتبّت العدسة في مكانها بواسطة أربطة معلقة تدعى بأربطة زن أو النّطيقات، والتي ترتكز على المحفظة في منطقة خطّ استواء العدسة، وتمتدّ إلى السطح الدّاخلي لزوائد الجسم الهدبيّ لتنتبّت عليها. تشكّل العدسة مع الأربطة المعلقة حاجزاً يفصل العين إلى قسمين؛ أماميّ يحتوي على الخلط المائيّ وخلفيّ يحتوي على الجسم الرّجائي. تبلغ القوّة الكاسرة للعدسة حوالي 18 كسيرة في الظروف الطّبيعيّة، وهو ما يعادل ثلث القوّة الكاسرة للعين. ويبلغ قطرها عند البالغين حوالي (10) ملم، وسماكتها حوالي (4) ملم. ومن الضّروريّ أن نتذكّر أنّ حجم العدسة وشكلها متغيّران؛ وذلك بسبب عمليّة المطابقة من جهة، وبسبب استمرار نمو العدسة كلّما تقدّم العمر من جهة أخرى، ممّا يؤثّر على عمق الغرفة الأماميّة.

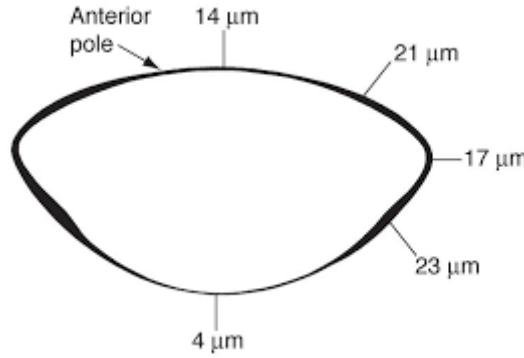


الشكل (4): A: مظهر العدسة بالمصباح الشقي B: مقطع جانبي للعين C: شكل ترسيمي لبنية العدسة.

تتركّب العدسة من المحيط إلى المركز من العناصر الآتية:

• المحفظة (Capsule):

وهي غشاء رقيق مرّن يحيط كلياً بالعدسة، مكوّن من ألياف الكولاجين، ويتشكّل بوساطة خلايا النسيج الظّهاري الواقعة تحته، وتختلف ثخانة المحفظة باختلاف أجزائها (الشكل 5)، وتتراوح بين (2 و 28) ميكرونًا، حيث يقع أرقّ جزءٍ منها في القطب الخلفي للعدسة؛ بينما يقع الجزء الأثخن منها في السطح الخلفي للعدسة بالقرب من خطّ الاستواء، وتشكّل المحفظة عند هذا الخطّ أماكن ترتكز عليها النّطّيقات. تسمح مرونة المحفظة وقابليّتها للتمطّط للعدسة بتغيير شكلها بسهولة في أثناء المطابقة.



الشكل (5): اختلاف سماكة محفظة العدسة باختلاف أجزائها.

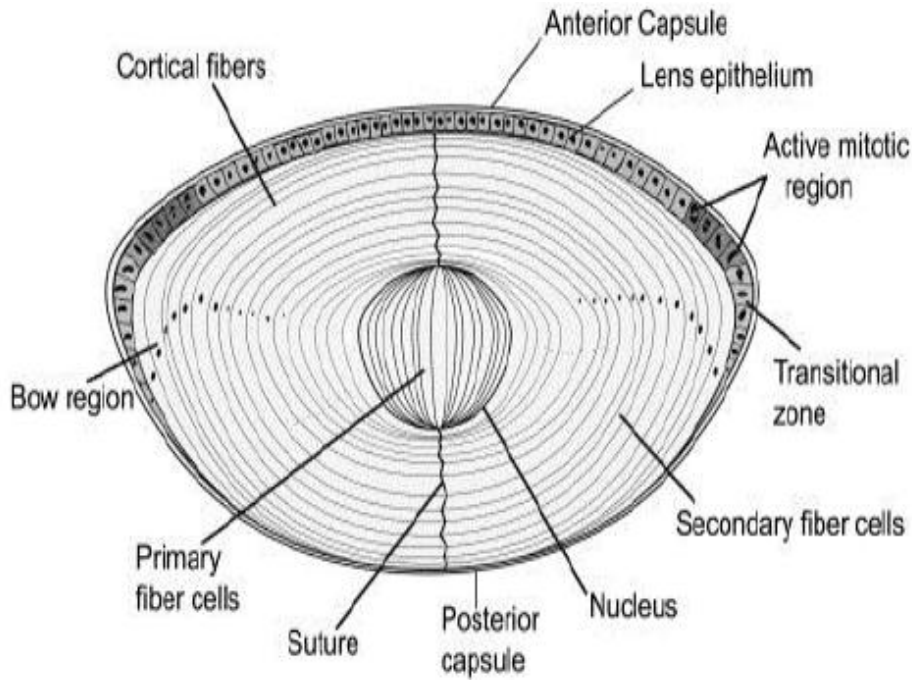
• النسيج الظّهاري (Epithelium):

ويقع هذا النسيج تحت المحفظة الأماميّة ومنطقة الاستواء دون المحفظة الخلفيّة، ويتشكّل من طبقة واحدة من الخلايا المكعبّة، ويكون هذا النسيج مسؤولاً عن ضبط المحتوى المائي للعدسة، وتوازنها الاستقلابي، كما يعدّ النسيج الظّهاري في منطقة الاستواء مسؤولاً عن تشكّل ألياف عدسيّة جديدة خلال الحياة.

• ألياف العدسة (Lens Fibers):

تتألف العدسة من ألياف مرتبة متراكزة بحيث يشبه المقطع العرضي لها مقطعاً عرضياً للصلة (الشكل 6)، وهي ألياف طويلة ونحيلة وشفافة، مترابطة بإحكام، يتراوح قطرها بين 4-7 ميكرونًا، وطولها حوالي 12 ملم، وتمتد من القطب الأمامي حتى القطب الخلفي، بحيث يقع مركز كل ليف عند خط الاستواء. وتنشأ هذه الألياف من خلايا النسيج الظهاري تحت المحفظة قرب خط الاستواء، وتتوضع الألياف المتشكلة حديثاً حول الألياف القديمة التي تندفع باتجاه المركز، حيث تخضع هذه الألياف لتغيرات تصلبية (كفقدان الماء والنواة والعضيات الخلوية الدقيقة) لتشكل نواة العدسة. ولهذا؛ فإن مادة العدسة تتألف من نواة مركزية قاسية، وقشرة خارجية مشكّلة من الألياف حديثة التكوّن، وتتمفصل ألياف العدسة مع بعضها بواسطة الدروز.

ولأن العدسة لا تحتوي على أوعية دموية، فهي تستمدّ تغذيتها من الخلط المائي في الأمام، ومن الجسم الزجاجي في الخلف.



الشكل (6): شكل ترسمي لتشرح عدسة العين.

البحث الثاني

الساد Cataract

يعدّ الساد السبب الأول للعمى القابل للتراجع على مستوى العالم، وتمثل جراحة الساد واحدة من أكثر العمليات الجراحية التي تُجرى في جميع أنحاء العالم[1]. وبعد أن كان الهدف من جراحة الساد يقتصر على تحسين القدرة البصرية (VA) Visual Acuity للمرضى من خلال استبدال العدسة المصابة بالساد بعدسة صناعية مناسبة انكسارياً للمريض أصبحت جراحة الساد تمثل فرصة لتحقيق أفضل جودة بصرية ممكنة للمرضى من خلال اختيار العدسة الصناعية المناسبة للمريض انكسارياً التي تقدم تعويضاً يماثل التعويض الذي تقدمه العدسة الطبيعية للزوغانات القرنية عالية الرتبة أو يتفوق عليه[2].

رغم تطور جراحة الساد سواء من حيث أبعاد الجرح القرني المستعمل لإجراء العمل الجراحي أو التقنيات المتبعة في أثناء الجراحة ما زالت جراحة استحلاب العدسة Phacoemulsification بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم، وزرع العدسة الطرية المطوية في المحفظة الخلفية هي التداخل الجراحي الأكثر شيوعاً لعلاج الساد المتبع في سورية عموماً، وفي مشفى المواساة الجامعي خصوصاً.

لذلك استهدفت دراستنا تقييم تأثير هذه الجراحة الشائعة في الزوغانات القرنية لما تحمله من أثر مباشر على اختيار التصميم الأنسب للعدسة المزروعة داخل المقلة (Intraocular Lens(IOL) الذي يأخذ في الحسبان التغيرات التي تحدثها الجراحة على الزوغانات القرنية، ونظراً للارتباط الوثيق الذي قادنا إليه التطور في علم تحليل واجهة الموجة Wavefront Analysis بين جراحة الساد والزوغانات عالية الرتبة، فإننا سنتناول الساد وجراحته بالتفصيل في هذا البحث.

أولاً-لمحة تاريخية Historical Background [17][18][19][20]:

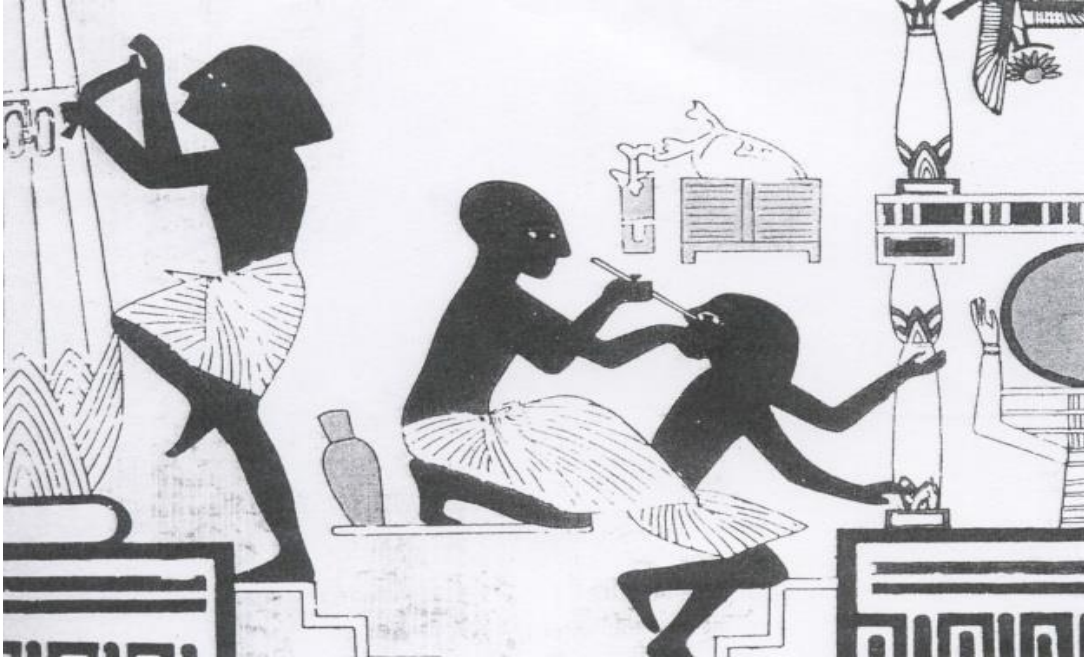
لقد عرف مرض الساد منذ قديم الأزل، وتُعدُّ أقدم حالة ساد موثقة في التاريخ هي تمثال (كا-عبر) (الشكل 7) الموجود داخل أحد متاحف مصر والذي يعود إلى ما يقارب 2500 سنة قبل الميلاد، والكاهن (كا-عبر) هو شيخ البلد الذي كان يعمل رئيس الكهنة ومرتبلاً يتولى قراءة الصلوات للمتوفى في المعابد والمصليات، وينتمي إلى عصر الدولة القديمة من الأسرة الخامسة، ولدى إنعام النظر في التمثال من كُتب يظهر أن عينه اليسرى مصنوعة وبدقة من الحجر الصخري الأبيض كأنها حدقة بيضاء مشيرة لوجود ساد ناضج فيها، هذه الحقيقة أثبتت أن المصريين القدامى عرفوا مرض الساد جيداً.

ثم أن عدداً من العلماء والباحثين يؤمنون بأن أول عمل جراحي لاستخراج الساد أجري في مصر القديمة. ومما جعل هذه الفرضية جديرة بالتصديق أنهم اكتشفوا وجود لوحة مرسومة على ضريح في مدينة طيبة بمصر القديمة تعود لحوالي 1200 سنة قبل الميلاد يظهر في هذه اللوحة طبيب عيون يعالج عين أحد الفراعنة (الشكل 8) وبسبب طول الأداة التي يمسكها الطبيب في اللوحة دفع الباحثين للاعتقاد أن الطبيب كان يعالج الساد عبر إسقاط العدسة ضمن جوف الزجاجي (Couching).

ومع مرور الوقت وتطور الإنسان عبر التاريخ؛ وصولاً للعصور الحديثة، وظهور الثورة الصناعية، وتطور الأدوات والأجهزة تطورت جراحة الساد، وطرائق معالجته إلى أن وصلت إلى الشكل الذي نعرفه الآن، وهي ما زالت في تطور مستمر.



الشكل (7): تمثال الكاهن (كا-عير).



الشكل (8): إسقاط العدسة في الزجاجي عند الفراعنة.

ثانياً-تعريف الساد Definition of Cataract [21]:

كان الأطباء العرب القدامى أول من شبهوا الساد بالشلال الذي تتدفق فيه كمّية كبيرة من الماء على حافة شديدة الانحدار، أما كلمة الساد "cataract" مشتقة من الساد اللاتينية "cataracta"، وتعني الشلال، ومن كلمة "καταρράκτης" اليونانية القديمة (تلفظ katarrhaktēs)، وتعني المندفع نحو الأسفل.

الساد: هو تغيم عدسة العين الطبيعىة الشفافة التي تُركز الأشعة الضوئية لتسقط على الشبكية. ومع تقدّم الحالة، غالباً ما يسبّب الساد انخفاضاً في حدّة الإبصار، وإذا لم يعالج باكراً فقد يصبح معيقاً للمريض في أثناء أعماله اليومية.

تختلف أعراض الإصابة بالساد باختلاف مراحل تطور المرض، ففي البداية يشعر المصاب بالساد بضعف تدريجي في حدّة الإبصار، وعدم وضوح في الرؤية، ويتقدّم حالة المريض يشعر بوجود غشاوة على العين مع بعض الوهج، وعدم القدرة على تحمّل الضوء الساطع، وبازدياد حدّة المرض يتغيّر لون بؤبؤ العين من الأسود الطبيعي إلى الرماديّ أو الأبيض، فيعاني مريض الساد من تدنٍ شديد في حدّة الإبصار.

مع أن البحث عن علاج دوائي للساد كان موضع تركيز لسنوات عدّة، فإن الاستخراج الجراحي للعدسة البلورية المتكتفة وزرع عدسة صناعية داخل المقلة يمثل العلاج الوحيد المتاح للساد حالياً. تمثل جراحة الساد واحدة من أكثر العمليات الجراحية التي تُجرى في جميع أنحاء العالم كما تعدّ العلاج الفاعل الوحيد في إعادة الأهلية البصريّة، وتحسين نوعيّة الحياة لدى المرضى، كما أنّ نسبة الاختلاطات الجراحية الخطيرة المرافقة لعمليات الساد قد انخفضت بصورة ملحوظة وتجاوزت نسبة من لديهم حدّة إبصار أفضل من 40/20 حاجزاً 90% في الولايات المتحدة الأمريكيّة.

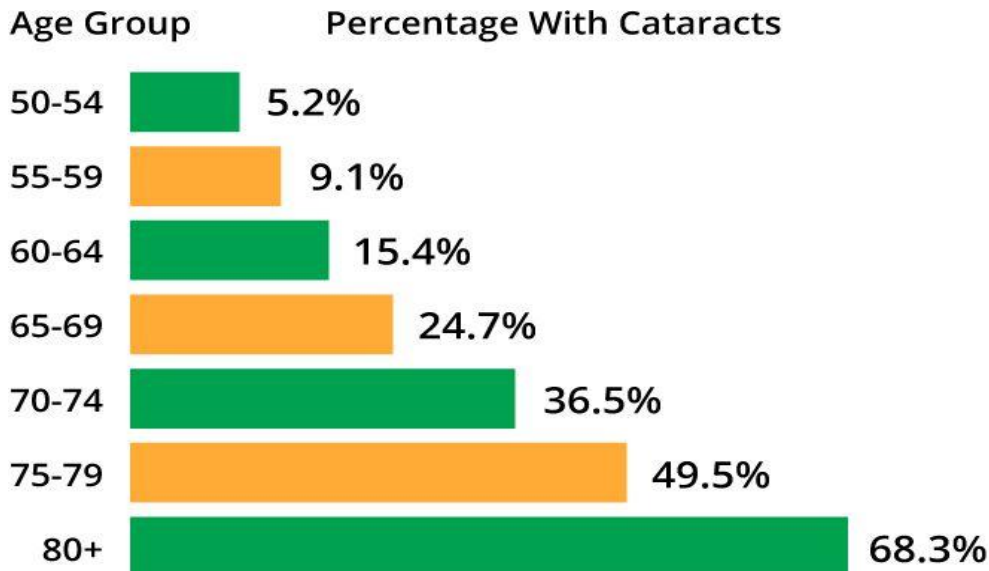
ثالثاً-وبائيات الساد Cataract Epidemiology [22][23]:

لا يُعدُّ الساد بالنسبة لكثيرين مشكلة صحية رئيسة، حيث يعد الساد مسؤولاً فقط عن نسبة 5% من مجمل حالات العمى في الولايات المتحدة الأمريكية. ولكن هذا ليس هو الحال بالنسبة لأولئك الذين يعيشون في البلدان النامية حيث يشكل 60% من أسباب العمى في بعض أجزاء إفريقية وأمريكا الجنوبية، فهو بذلك لا يُعدُّ فقط مشكلة صحية بسيطة؛ وإنما أزمة صحية عامة.

أما محلياً فقد بينت دراسة قام بها د. زين الدين الحسني في عام 2010 أن 19% من حالات العمى في سورية كانت بسبب مرض الساد.

طبقاً للمعهد الوطني للصحة (NEI) في الولايات المتحدة الأمريكية يصيب الساد (الشكل 9):

- شخصاً من كل عشرين شخص أعمارهم بين 50 و 54 سنة.
- نصف الأشخاص الذين تتراوح أعمارهم بين 75 و 79 سنة.
- أكثر من ثلثي الأشخاص فوق سن الثمانين.



Source: National Eye Institute (NEI), U.S. National Institutes of Health

الشكل (9): انتشار الساد في الفئات العمرية المختلفة؛ وفق المعهد الوطني للصحة في الولايات المتحدة.

رابعاً-عوامل خطورة تطور الساد Risk Factors for Cataract

Development (الشكل 10)[24][25]:

يعدّ النّقدّم بالعمر السّبب الأساسيّ لتشكّل السّاد، والسبب في ذلك أن البروتينات الموجودة في عدسة العين المصابة تقسد وتتحلل بمرور الوقت؛ نتيجة التغيّرات الفيزيولوجيّة الحاصلة على العدسة ليتشكّل لدى المريض السّاد المرتبط بالعمر Age-Related Cataract.

قد ينتج الساد أيضاً عن الرّضوض العينيّة، والتهابات العنبه، والحسر الشديد، والأورام داخل المقلّة، والتّعرّض للأشعّة السينية، وبعض الأمراض الاستقلابيّة كالداء السكري والغالاكتوزيميا وداء فابري ونقص كالسيوم الدّم، والأخماج كالحصبة الألمانية الولادية، والاستعمال المطوّل للستيروئيدات القشريّة الموضعية أو الجهازية، والتّدخين، وتناول الكحول، والتّعرّض المديد لأشعّة الشّمس، وقد يكون السّاد ولادياً.

Risk factors and causes of cataracts include:



UV Rays



Nearsightedness



Eye Injuries



Smoking



Genetics

الشكل (10): أهم العوامل المحرّضة لتشكّل الساد.

خامساً-تصنيف الساد المرتبط بالعمر Age-Related Cataract

Classification [26][27][28][29]:

1- حسب مكان توضع في العدسة (الشكل 11):

أ- قشري Cortical:

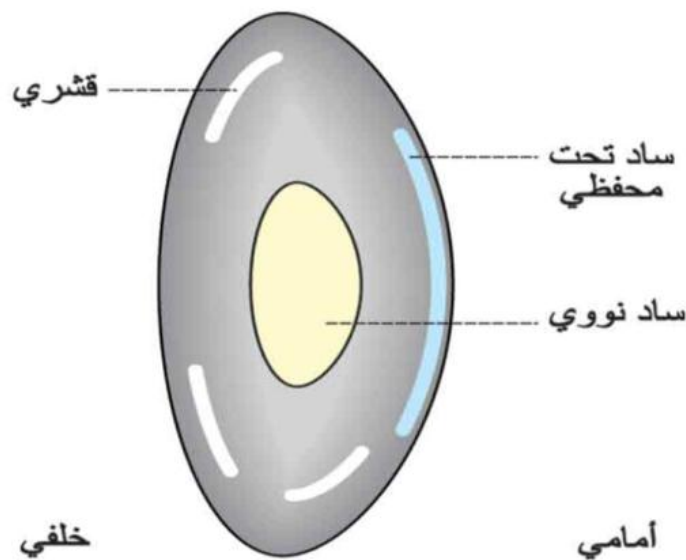
يبدأ بشكل أخاديد وحويصلات بين ألياف العدسة وذلك بسبب تميه القشر. يتطور إلى كثافات إسفينية أو مسمارية الشكل.

ب- تحت محفظي Subcapsular:

أمامي Anterior: يتوضع تحت محفظة العدسة.
خلفي Posterior: يتوضع أمام المحفظة الخلفية، يظهر بلون أسود بالإنارة الراجعة.

ج- نووي Nuclear:

يترافق مع حسر البصر عادةً (بسبب زيادة قرينة انكسار النواة فيه). عندما يصبح متقدماً تبدو النواة بلون بني.



الشكل (11): تصنيف الساد حسب مكان توضع في العدسة.

2- حسب مرحلة تطوره:

أ- الساد غير الناضج Immature Cataract:

تبدأ فيه التكتفات بالظهور في مواضع مختلفة من العدسة، وتتدنى الرؤية تدريجياً؛ تَبَعاً لموضع الكثافة فيها.

ب- الساد المنتبج Intumescent Cataract:

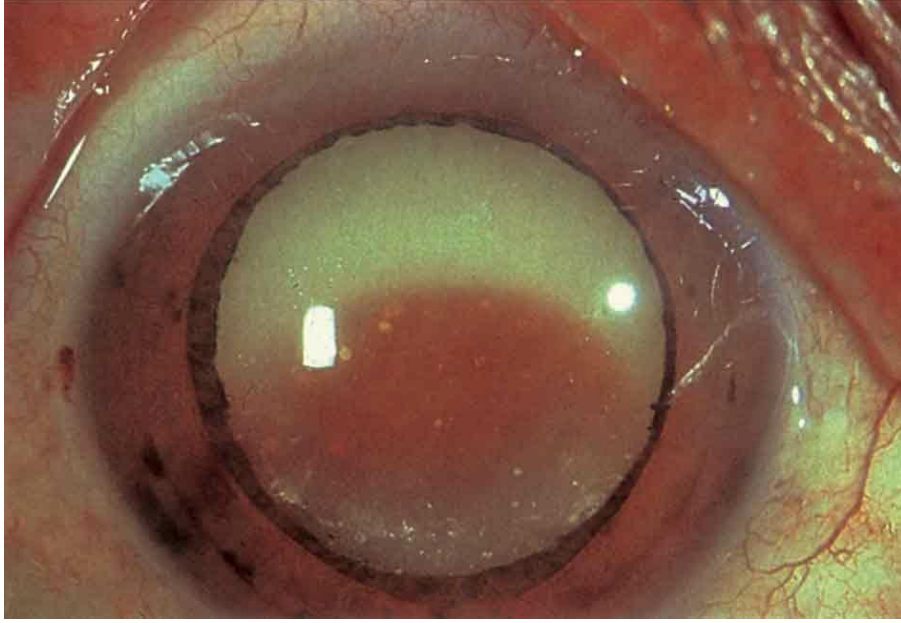
عندما تدخل السوائل في العدسة تنتبج، فتزيد قوتها الكاسرة؛ مما يؤدي إلى ظهور حسر البصر، كما تدفع العدسة القزحية إلى الأمام؛ مما يؤهب لارتفاع الضغط داخل المقلة بسبب تضيق زاوية الغرفة الأمامية.

ج- الساد الناضج Mature Cataract:

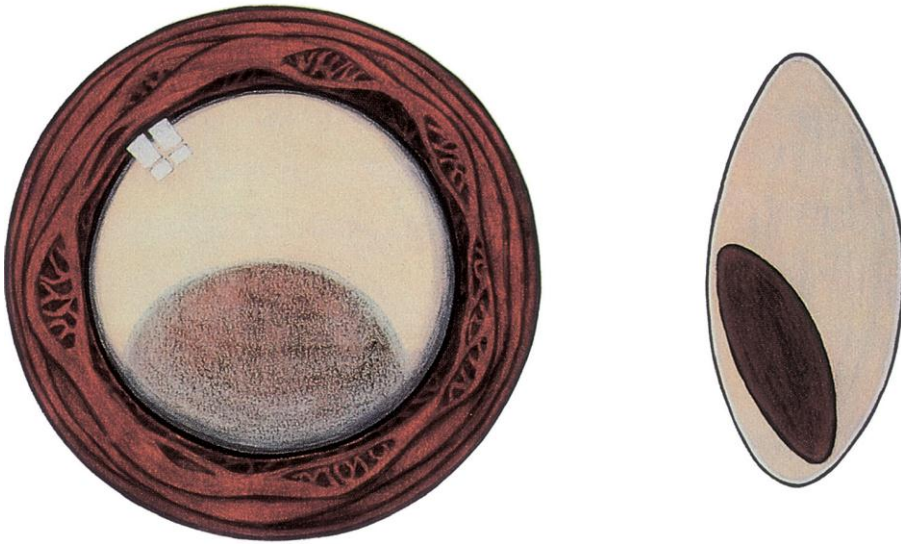
تتكثف فيه العدسة على نحو كامل، وتتدنى الرؤية حتى حس الضياء.

د - الساد مفرط النضج Hypermature Cataract:

إذا لم يستخرج الساد من العين وطالت مدة بقاءه فيها تحول إلى مرحلة الساد مفرط النضج؛ إذ تنحل بروتينات العدسة؛ مما يؤدي إلى انحلال القشر، وسقوط النواة إلى الأسفل، ويسمى عندها الساد المورغاني Morgagnian Cataract (الشكل 12,13)، وتصبح محفظة العدسة نفوذه؛ مما يسمح بمرور بروتيناتها إلى الغرفة الأمامية، ويجعلها عرضة للجهاز المناعي الذي يتعامل معها بوصفها جسماً غريباً، فتتشكل مركبات ضدية مستضدية تغلق الجوبيز؛ مما يؤدي إلى ارتفاع الضغط داخل المقلة (Intraocular Pressure (IOP ارتفاعاً سريعاً شديداً قد ينتهي بفقد البصر لضمور القرص البصري بتأثير ارتفاع الضغط داخل المقلة؛ لذا يفضل التذكير في جراحة الساد قبل الوصول إلى هذه المرحلة.



الشكل (12): الساد المورغاني.



الشكل (13): شكل ترسمي للساد المورغاني.

سادساً-جراحة الساد Cataract Surgery :

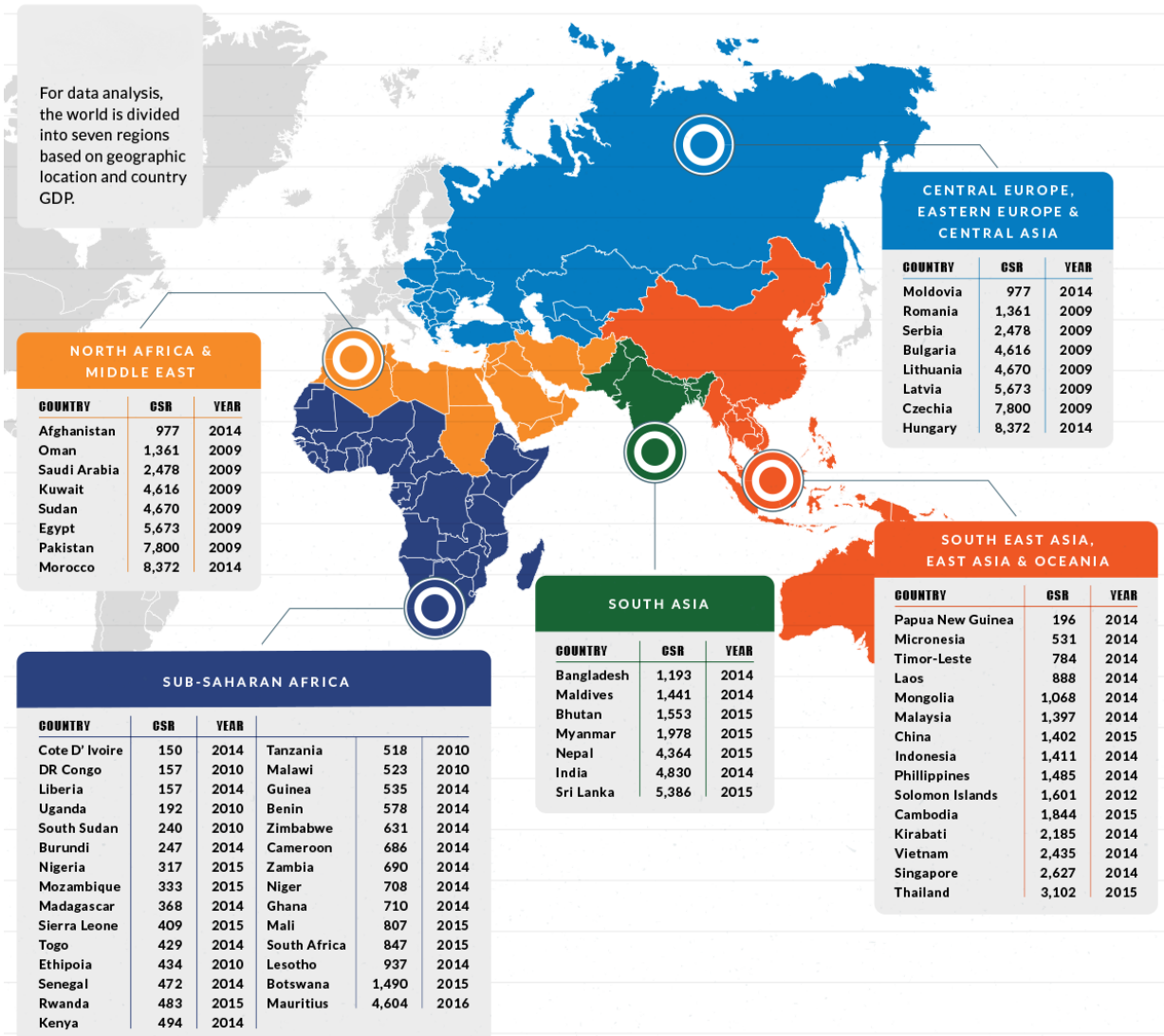
1-انتشار جراحة الساد [30]:

يختلف معدل جراحة الساد بين مختلف دول العالم (الشكل 14)؛ تبعاً لعوامل كثيرة، أهمها:

الفروق الشاسعة بين مستويات الرعاية الصحية بين دول العالم النامي والمتقدم، وغياب الإحصائيات

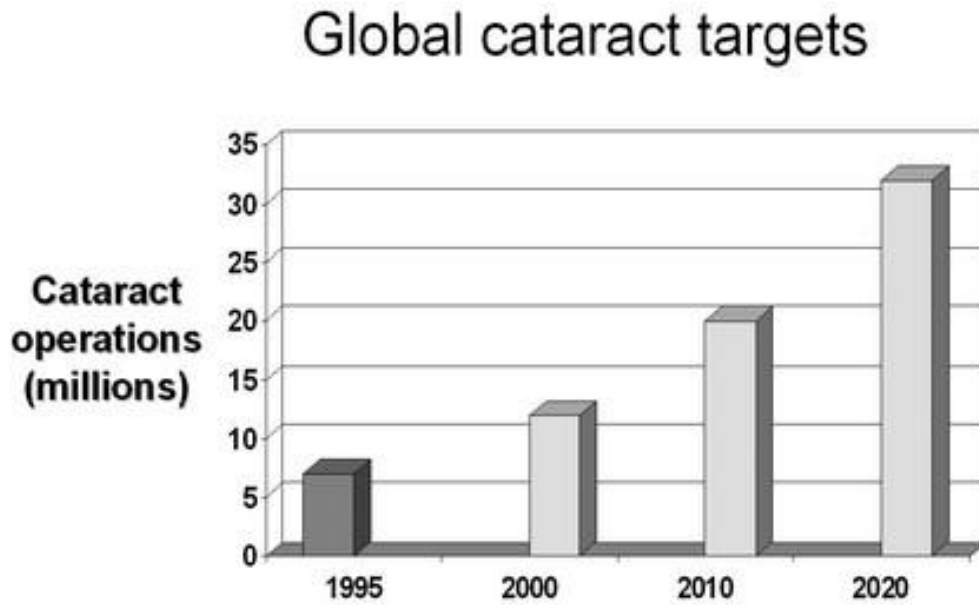
في بعض الدول. ويتراوح هذا المعدل بين 200 - 5000 عملية استخراج ساد لكل مليون فرد

سنوياً، ويتوقع أن ترتفع هذه الأرقام في الأعوام القادمة خاصة في البلدان النامية.



الشكل (14): عدد جراحات الساد المجرأة لكل مليون شخص سنوياً؛ حسب المنطقة الجغرافية.

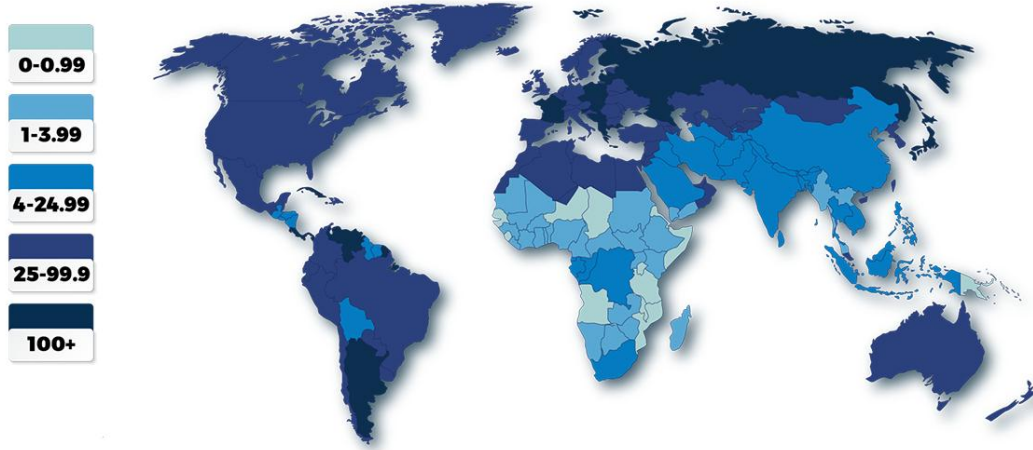
قدر برنامج Vision 2020 (الشكل 15) الذي أطلقته منظمة الصحة العالمية World Health Organization (WHO) عام 1999 أن يرتفع عدد عمليات استخراج الساد على مستوى العالم من 12 مليون عملية عام 2000 إلى 32 مليون عملية سنوياً بحلول عام 2020. وفي الحقيقة فقد تخطى عدد عمليات الساد في عام 2020 هذا الرقم الذي توقعته منظمة الصحة العالمية منذ ما يقرب من 20 عاماً.



الشكل (15): تطور عدد عمليات الساد المجراة سنوياً في العالم مع تقدم الزمن؛ حسب منظمة الصحة العالمية.

يقدر المجلس الدوليّ لأطباء العيون International Council of Ophthalmology أن هناك أكثر من 7.4 مليون طبيب عيون في جميع أنحاء العالم، ولكن هؤلاء الأطباء لا يعيشون في كثير من الأحيان في المناطق التي هي في أمس الحاجة إليهم. ففي بلدان مثل اليابان، حيث تعد جراحة الساد أمراً واقعياً، يوجد ما يقرب من 109 أطباء عيون لكل مليون شخص؛ مقارنة بوجود طبيبين عيون فقط لكل مليون شخص في جمهورية بروندي الواقعة في شرق أفريقيا (الشكل 16).

لحسن الحظ، زاد عدد أطباء العيون في جميع أنحاء العالم بنسبة 1.2% بين عامي 2009-2010، لكن عدد السكان الذين تزيد أعمارهم على 60 عاماً زاد أيضاً بنسبة 2.9%؛ لذلك حتى مع وجود عدد كافٍ من جراحي الساد في بعض المناطق، فإن النقص المقدر في كل من البلدان النامية، وذات الدخل المرتفع آخذ في الازدياد.



الشكل (16): عدد أطباء العيون لكل مليون شخص؛ حسب المنطقة الجغرافية.

2- طرق استخراج الساد:

أ- استخراج الساد داخل المحفظة (Intracapsular Cataract) [31][32]:

كان الجراح البريطاني صموئيل شارب **Samuel Sharp** أول من أجرى هذه الجراحة عام 1753، وتعتمد هذه الطريقة على إزالة العدسة كاملة مع محفظتها؛ عبر جرح كبير (10-12 ملم)، ثم زرع عدسة صناعية في الغرفة الأمامية أو تعليقها بخيوط إلى الثلم الهدبي. وتحمل هذه الطريقة خطورة عالية لحصول الاختلاطات بسبب كبر قطر الجرح، والضغط العالي الممارس على الجسم الزجاجي، ولقد قلّ استعمال هذه الطريقة بصورة ملحوظة في السنوات الأخيرة.

ب- استخراج الساد خارج المحفظة (Extracapsular Cataract):

وتقسم هذه الطريقة إلى:

● **Cataract Extraction by Nucleus Expression** [33][34][35]:

أجرى طبيب العيون البريطاني نيكولاس هارولد ريدلي **Nicholas Harold Ridley** أول جراحة ساد حديـــــثة بتقنية استخراج الساد خارج المحفظة؛ مع زرع أول عدسة قاسية من نوع بولي ميثيل ميثاكريلات (PMMA) PolyMethyl MethAcrylate عام 1949 وكان طول الجرح 10 ملم بسبب العدسة القاسية التي زرعتها. حيث جاءت فكرة زرع العدسة القاسية داخل المقلة عندما لاحظَ هذا الطبيب البريطاني أن شظايا حطام الزجاج الأمامي الحاجب للرياح في الطائرات المقاتلة في أثناء الحرب العالمية الثانية كانت خاملة، ولم تكن لتسبب تفاعلات التهابية مهمة عندما كانت تخترق وتتفد لداخل عيون الطيارين المصابين. فابتكر أول عدسة صناعية معدة للزرع داخل المقلة؛ مستعملاً تركيب ذلك الزجاج نفسه، ليقود المجال أمام هذه الصناعة الجديدة كلياً.

ورغم تراجع نسبة هذه الطريقة في جراحة الساد، إلا أنها ما زالت تستعمل حتى يومنا هذا، خاصة في الأماكن التي تفتقر إلى أجهزة استحلاب العدسة المتطورة، أو في بعض الحالات المرضية كالساد الناضج.

• Cataract Extraction by Phacoemulsification [36][37][38]:

يعد طبيب العيون الأمريكي تشارلز كيلمان **Charles Kelman** أول من وصف استحلاب العدسة بالأموح فوق الصوتية في عام 1967، وبعد ذلك في عام 1978 زرع جراح العيون الصيني **كاي يي تشو Kai-yi Zhou** أول عدسة طرية مطوية مصنوعة من السليكون التي أصبحت أكثر طريقة جراحية متبعة لاستخراج الساد منذ تسعينيات القرن الماضي، حتى يومنا هذا.

في هذه الطريقة الجراحية تُزال مواد العدسة عن طريق استحلابها بالترددات فوق الصوتية عبر جرح صغير في محيط القرنية مع المحافظة على محفظة العدسة، ثم تُزرع عدسة صناعية طرية ضمن هذه المحفظة عبر الجرح نفسه.

وقد أظهر عدد من الدراسات أن هذه الطريقة فاعلة وآمنة، وتؤمن تحسناً سريعاً في حدة الإبصار لدى المريض مع نسبة اختلاطات جراحية أقل.

• Femtosecond Laser Assisted Cataract Surgery (FLACS) [39]:

بدأ استعمال ليزر الفيمتوسكند Femtosecond Laser في عام 2001، ووظف للحصول على تحكم دقيق بالمداخل القرنية (الحجم، الطول، العمق، الشكل) وخزع المحفظة الأمامية (القطر، التمرکز، الانتظام) وتقطيع نواة العدسة وتقسيمها.

وما يزال موضوع استعمال ليزر الفيمتوسكند قيد البحث والتطوير، ولم يلق حتى الآن الانتشار والشعور الذي حققته جراحة استحلاب العدسة بالأموح فوق الصوتية.

3-اختلاطات جراحة الساد:

على الرغم من تطوّر الجراحة العينية، ما زالت تحمل خطر حدوث عدد من الاختلاطات، ويعود ذلك إلى مجموعة متنوعة من العوامل مثل: طبيعة الاستجابة العينية للرض الجراحي، والسوابق المرضية العينية، وخبرة الجراح، وغيرها.

وتقسم اختلاطات جراحة الساد إلى:

أ- اختلاطات جراحية [40][41][42][43][44]:

تحدث منذ لحظة دخول المريض إلى غرفة العمليات، وحتى لحظة خروجه منها:

- نزف الغرفة الأمامية.
- سوء هندسة الجرح القرني.
- تمزق المحفظة الخلفية للعدسة.
- خروج الزجاجي.
- أذية البطانة القرنية.
- النزف المشيمي الصّاعق.
- انسلاخ غشاء ديسيميه.
- السمية الضوئية للشبكية.
- تمزق النّطیقات.
- سقوط العدسة أو أجزاء منها أو العدسة الصّنعیة ضمن الزجاجي.
- متلازمة القرحة اللينة.
- تفتق القرحة.

ب- اختلاطات تالية لجراحة الساد [40][41][42][43][44][45]:

تحدث منذ وقت خروج المريض، حتى ستة أسابيع بعد الجراحة:

- ضحالة الغرفة الأمامية؛ بسبب التسريب من الجرح أو انفصال المشيمية.
- التسريب من الجرح؛ بسبب متلازمة الليف الزجاجي أو سوء هندسة الجرح أو انحشار القرنية.
- متلازمة الحصار الحديقي، وما يليها من حدوث الزرق.
- التهاب العنب المزمن ونزف الغرفة الأمامية الذي قد يختلط بالزرق.
- إنتان باطن العين الحاد: مضاعفة جدية، ولكنها نادرة لجراحة الساد (أقل من 1%)، وتعد المكورات إيجابية الغرام مسؤولة عن 75 % - 90 % من الحالات.
- سوء توضع العدسة الصناعية المزروعة.

ج- اختلاطات متأخرة لجراحة الساد [41][42][43][44][45][46][47][48][49][50]:

تحدث بعد أكثر من ستة أسابيع من الجراحة، وتتضمن:

- إنتان باطن العين المتأخر: تعد البريونية العدية هي السبب الأكثر شيوعاً.
- انكسار معاوضة القرنية.
- الزرق مفتوح أو مغلق الزاوية.
- كيسات القرنية، وفرط نمو اللحمية القرنية.
- اعتلال القرنية الفقاعي.
- وذمة اللطخة كيسيّة الشكل: قد تتوّدّم اللطخة بعد الجراحة، ولاسيما إذا رافقها خروج الزجاجي Loss of Vitreous، وهي قد تتراجع مع الزمن، ولكنها قد تسبب نقصاً شديداً في الرؤية.

■ تكثف المحفظة الخلفية:

تتخفّض شفافية المحفظة الخلفية في الشهور التي تلي الجراحة في نحو 20% من الحالات، حيث تهاجر خلايا الظهارة المتبقية على المحفظة الأمامية؛ لتغطي المحفظة الخلفية فتتشوش الرؤية؛ وقد تظهر صعوبات فيها بسبب الهالات حول الضوء Glare.

يعالج بإجراء ثقب في المحفظة الخلفية بواسطة ليزر نيوديميوم ياغ Neodymium Yag Laser (Nd:YAG) ولا يتطلب هذا التداخل الاستشفاء مع وجود خطر خفيف من حدوث وذمة اللطخة الكيسية أو انفصال الشبكية بعد العلاج بواسطة ليزر نيوديميوم ياغ. هناك عوامل تساعد على الوقاية من هذه المضاعفة؛ تتعلق بالمواد التي تصنع منها العدسات، وتصميم العدسة بحيث تكون حافتها مقطوعة، وترك حافة من المحفظة الأمامية تغطي جزءاً محيطياً من القسم البصري للعدسة المزروعة.

■ انفصال الشبكية:

يرافق استخراج الساد بالتقنيات الحديثة نسبة منخفضة من هذه المضاعفة، وتزيد نسبتها إذا حدث خروج الزجاجي، ويرافق الانفصال تدنٍ سريع مفاجئ في حدة الإبصار مع رؤية شرر وذباب طائر يظهر في العين المصابة على نحو مفاجئ.

من عوامل خطورة حدوثه تنكس الشبكية المُشبَّك Lattice Degeneration of Retina، والحسر العالي، وتمزق المحفظة الخلفية، وخزع المحفظة بالليزر باكراً بعد الجراحة.

■ اللابؤرية بعد الجراحة Postoperative Astigmatism:

منذ عام 1990 أصبح الجرح القرني الشفاف Clear Corneal Incisions من دون قطب هو الخيار الأمثل لجراحة الساد من أجل تقليل الحرج بعد الجراحة والسماح باستعادة سريعة للرؤية، ومنذ ذلك الوقت أُجريَ عددٌ من الدراسات في تأثير طول الجرح وعرضه وموقعه في الحرج المحدث بالجراحة.

اتفقت جميع الدراسات التي أُجريت حول تأثير الجرح القرني الذي يبلغ من 1.7 إلى 3.2 ملم على حرج البصر أن الجرح القرني العلوي يخفف من تحذب المحور العمودي للقرنية، ويؤدي إلى تحسن الحرج القرني فيما لو كان موافق للقاعدة؛ بينما يؤدي إلى تفاقم الحرج القرني فيما لو كان مخالفاً للقاعدة، وكذلك وجدت أن الجرح القرني الصدغي أو الأنفي يخفف من تحذب المحور الأفقي للقرنية، لكن هذه الدراسات اختلفت فيما بينها حول مقدار التحسن الذي يحدثه الجرح العلوي في مرضى الحرج الموافق للقاعدة، وكذلك مقدار التحسن الذي يحدثه الجرح الصدغي في مرضى الحرج المخالف للقاعدة. ويعود هذا الاختلاف إلى أنه كلما صغر عرض الحرج كان التبدلات الانكسارية التي يحدثها أقل.

وجدت دراسة قام بها (Villegas et al., 2019) في إسبانيا أن جرح 3.2 يحرض تبدلات في قيم الحرج تصل حتى كسيرة ونصف، وبناءً على ذلك وللوصول إلى مقدار صغير من الحرج الموافق للقاعدة بعد الجراحة لا يتجاوز النصف كسيرة بسبب الميل نحو الاتجاه المخالف مع التقدم بالعمر أوصى عددٌ من الدراسات التي درست الجرح القرني الذي يبلغ عرضه 3.2 بأن يكون موقع الجرح علوي إذا كان الحرج القرني موافقاً للقاعدة، ويبلغ 1.5 كسيرة أو أكثر قبل الجراحة وبأن يكون موقع الجرح أنفياً أو صدغياً إذا كان الحرج موافقاً للقاعدة، وأقل من 1.5 كسيرة أو كان الحرج مخالفاً للقاعدة.

بينت دراسات قام بها كل من (Roman et al.,1998) (Kohnen et al.,2002) (Barequet et al.,2004) أنه عند استعمال جرح قرني يتراوح من 3.5 ملم إلى 4 ملم، فإن الموقع العلوي والأنفي للجرح القرني يحرض تغيرات انكسارية أكبر من الموقع الصدغي؛ بينما بينت الدراسة التي أجراها (Garg et al.,2015) حول الجرح القرني الذي يبلغ عرضه 2.8 ملم بأنه لا فرق مهم إحصائياً بين مقدار الحرج الذي يحدثه الجرح الصدغي عن مقدار الحرج الذي يحدثه الجرح الأنفي.

البحث الثالث

تحليل واجهة الموجة Wavefront Analysis

قبل ظهور علم واجهة الموجة، وتحليل الزوغانات البصرية كانت لوحة سنيلين هي الوسيلة الوحيدة لفحص أداء النظام البصري للعين؛ بمعنى آخر كانت أسوأ الانكسار الكروية الأسطوانية تمثل الوصف الوحيد لعيوب النظام البصري، وشكل التحليل المنهجي للزوغانات الذي قام به الفيزيائي الهولندي الحائز جائزة نوبل للفيزياء فريتس زيرنيكه **Fritz Zernike** لاختراعه "المجهر الضوئي ذو الأطوار المتباينة" لحظة فارقة في فهمنا للزوغانات للعينية[51].

رسخ تطبيق علم واجهة الموجة في البصريات العينية مبادئ الجودة البصرية، وأوضح الدور المهم للزوغانات عالية الرتبة في جودة النظام البصري بعد تصحيح أسوأ الانكسار التقليدية بالنظارات أو العدسات اللاصقة، وجعل من دراسة الزوغانات وربطها مع التداخلات الجراحية المختلفة التي نجريها على العين وعلى رأسها جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية، وزرع العدسة الطرية المطوية في المحفظة الخلفية أولوية قصوى[52].

سنتناول في هذا البحث مفهوم الجودة البصرية والزوغانات البصرية، ودور بنى العين المختلفة في حدوثها، وسنناقش بالتفصيل الأثر الذي أحدثه ظهور علم تحليل واجهة الموجة في فهمنا وتصنيفنا للزوغانات البصرية؛ فضلاً عن التعرف إلى أهم المقاييس المستعملة للتعبير عن الزوغانات البصرية والعوامل المؤثرة عليها؛ فضلاً عن التطرق باختصار للتطبيقات السريرية للزوغانات، حيث يرسخ التعرف إلى ما سبق من فهم واستيعاب أهمية البحث الذي نقدمه، كما يمثل فرصة للوقوف على أحدث المعلومات الطبية المتعلقة بهذا الموضوع المستجد، والأخذ في التطور.

أولاً- الجودة البصرية Visual Quality [53][54]:

كانت الطريقة التقليدية لفحص القدرة البصرية في السنوات الماضية هي استعمال لوحات القدرة البصرية، مثل لوحة سنيلين Snellen Chart، ولكن حالياً أصبحت دقة النتائج في هذه الطريقة موضعاً لكثير من التساؤلات؛ حيث عدد من المرضى كانت لديهم قدرة بصرية 20/20 باستعمال لوحة سنيلين، ومع ذلك كانوا يعانون بعض الصعوبات بالرؤية في أثناء أداء وظائفهم اليومية، أدى ذلك لإدخال بعض التحديثات على لوحة سنيلين التقليدية، حيث صُنعت لوحة ETDRS لتعطي قيماً أدق من لوحة سنيلين؛ ورغم ذلك لم يتمكن من الوصول لمعرفة الجودة البصرية بدقة.

ولمعرفة الجودة البصرية بصورة أوسع وأدق من مفهوم القدرة البصرية ولوحاتها التقليدية؛ صُنعت لوحات لاختبار التباين مثل لوحة Pelli-Robson التي أعطت تقيماً واقعياً أكثر للجودة البصرية. ومع ظهور علم واجهة الموجة، وتطور مفهوم الزوغانات؛ لم تعد تكفي العيوب الكروية والأسطوانية للتعبير عن الجودة البصرية بدقة، ولم تعد تمثل أسوء الانكسار الكروية والأسطوانية الوصف الوحيد لعيوب النظام البصري، وظهرت أجهزة قياس الزوغانات؛ لتعطي تقيماً موضوعياً ودقيقاً للجودة البصرية بصورة تتجاوز أسوء الانكسار التقليدية، وتسلب الضوء على أهمية الزوغانات عالية الرتبة في مفهوم الجودة البصرية.

ثانياً-تعريف الزوغانات Definition of Aberrations [55]:

الزوغانات هي الظاهرة التي تؤدي إلى تدني جودة الصورة التي يشكلها النظام البصري، وتتجم عن انحراف السلوك المتوقع لمواجهة الموجة؛ مقارنة بالموجة المرجعية التي تم إنشاؤها في عين مثالية بصرياً. وببساطة يمكن عدّ الزوغانات بأنها أسوء انكسار (عيوب في بصريات العين) تؤدي إلى عدم قدرة العين على تركيز خيال الجسم المرئي على الشبكية بصورة فاعلة، وتسبب عيوباً مختلفة في الصورة المعروضة.

ثالثاً-الزوغانات في النظام البصري العيني Aberrations in the Ocular Visual System [55]:

النظام البصري العيني: هو مزيج استثنائي من العناصر الفيزيولوجية المختلفة التي تشكل نافذتنا الرئيسة على العالم، وعلى الرغم من أن دراستها في سياق التخصصات المختلفة تميل إلى فصل عناصرها المختلفة، فإن الجانب الاستثنائي يكمن في اندماجها الدقيق للغاية؛ لذا تعد العين البشرية نظاماً بصرياً معقداً به زوغانات مختلفة، وكل مكون من مكوناتها يسهم بصورة مختلفة في الأداء البصري النهائي، وهذه الزوغانات تعد أسوء انكسار، وتمثل جزءاً من العوامل المحددة للجودة البصرية. تخضع جودة الصورة الشبكية ونوعيتها بصورة أساسية للزوغانات العينية (كلما كانت الزوغانات الناجمة عن النظام البصري أقل كانت الجودة أعلى) وهذه الزوغانات تعد القاعدة في النظام البصري العيني، وليست الاستثناء حيث لا يمكن إطلاقاً الحصول على رؤية خالية من الزوغانات. إنّ صعود جراحة القرنية الانكسارية الموجهة بالجبهة الموجية والعدسات المزروعة داخل المقلة المصممة؛ بالاعتماد على الجبهة الموجية ألقى مزيداً من الضوء على الزوغانات عالية الرتبة، وجعل من دراستها وتقييمها أولوية قصوى.

رابعاً-الزوغانات البصرية قبل علم تحليل واجهة الموجة وبعده

Optical Aberrations before and after Wavefront

Analysis[9][55][56][57]:

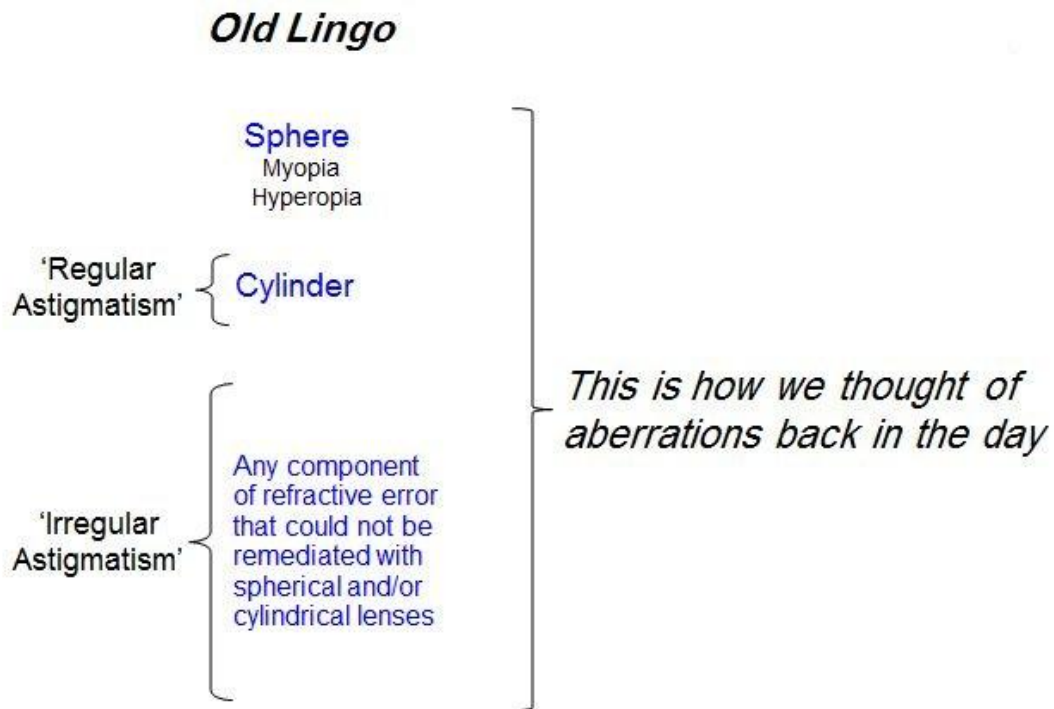
ميز الأطباء قديماً قبل ظهور علم تحليل واجهة الموجة ثلاثة أنماط من الزوغانات، هي: سوء

الانكسار الكروي، الحرج المنتظم الذي يمكن تصحيحه بالعدسات الأسطوانية، الحرج غير المنتظم الذي لا

يمكن تصحيحه بالعدسات الأسطوانية.

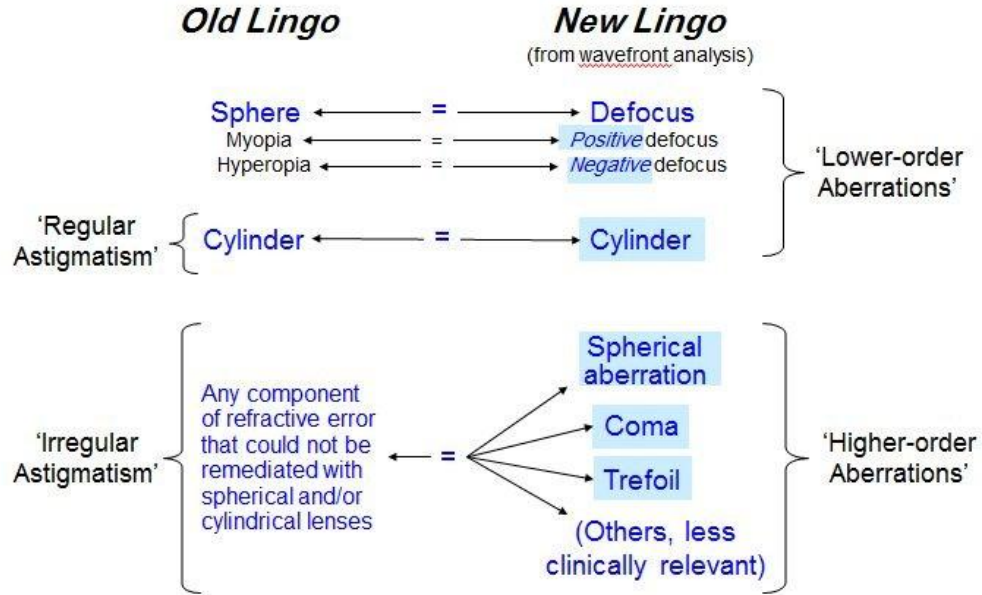
كان يتم الإشارة إلى جميع الزوغانات التي لا التي يمكن قياسها أو التي لا يمكن تصحيحها حتى،

وإن أمكن قياسها تحت فقرة الحرج غير منتظم (الشكل 17).

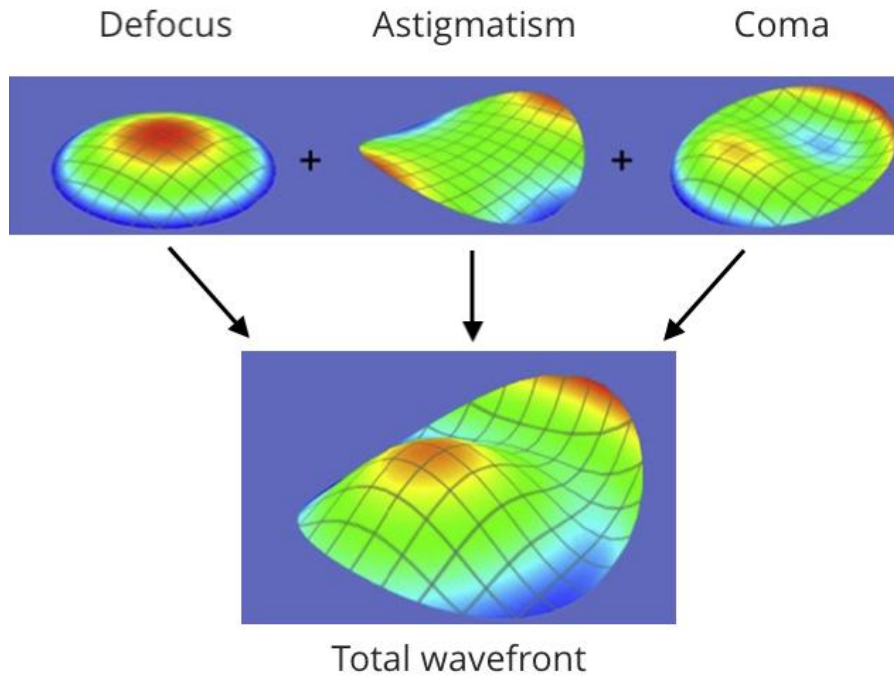


الشكل (17): تصنيف الزوغانات قبل ظهور تحليل واجهة الموجة.

ثم جاء علم تحليل واجهة الموجة وحل مشكلة الزوغانات التي لا يمكن قياسها، ومكن الأطباء من تصنيف كثير من الزوغانات وتميز التي كانت تعد سابقاً كحرج غير منتظم، واختلف منذ ذلك الحين تصنيفنا وفهمنا للزوغانات (الشكل 18,19).



الشكل (18): تصنيف الزوغانات بعد ظهور تحليل واجهة الموجة.



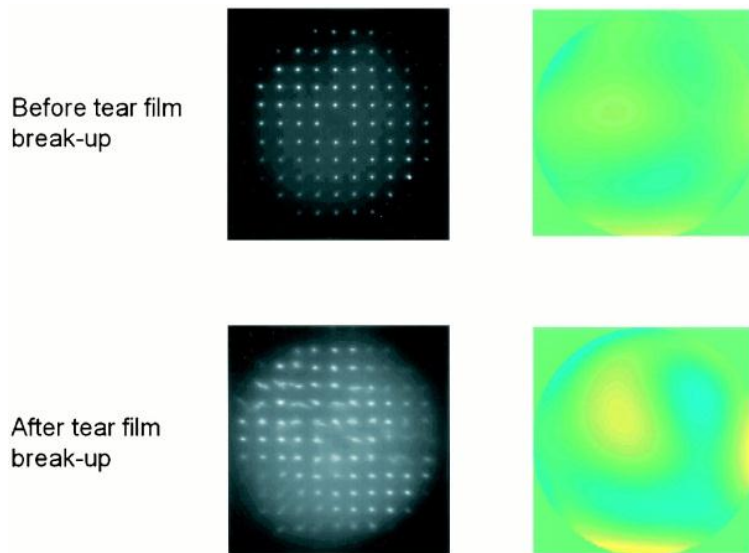
الشكل (19): تحليل واجهة الموجة.

خامساً-العوامل المؤثرة بالزوغانات Factors Affecting Aberrations:

هناك عددٌ من العوامل التي تؤثر بالزوغانات، ولعل أبرزها: العوامل التشريحية بالعين (فلم الدمع، وقطر الحدقة، والقرنية، والعدسة، والشبكية)، وأسواء الانكسار، والمطابقة، والعمر، والمجموعة العرقية.

1-علاقة الزوغانات مع فلم الدمع [58][59][60]:

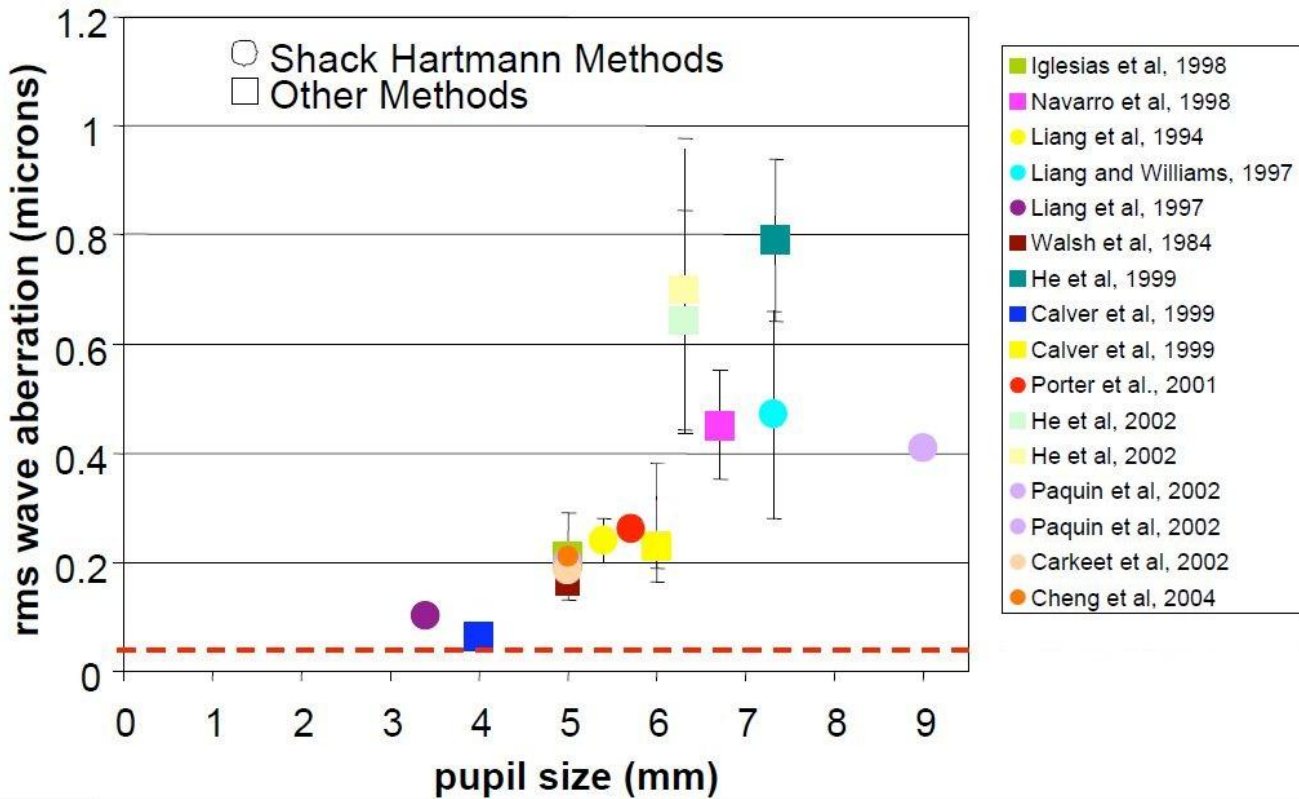
يعدُّ فلمُ الدمع ضرورياً للحفاظ على سطح أمامي قرني منتظم؛ ومن ثم يقلل تبعثر الضوء الوارد للعين؛ مما يساعد بالحصول على صورة شبكية جيدة، حيث وجد أستاذ علم البصريّات في جامعة بلنسية بإسبانيا روبرت مونتيس ميكوودينو **Robert Montés-Micó** أن الزوغانات القرنية تزداد في العين الجافة؛ مقارنة مع العين الطبيعية، وكذلك وجد أن استعمال القطرات المرطبة للعين يلغي بصورة مؤقتة الزيادة بالزوغانات الناجمة عن جفاف العين؛ لذلك الحفاظ على فلم دمع جيد ومنتظم ضروري لتقليل التموج بالزوغانات، ومن ثم الحفاظ على جودة الصورة الشبكية (الشكل 20).



الشكل (20): تأثير تحطم فلم الدمع في الزوغانات عالية الرتبة.

2- علاقة الزوغانات مع قطر الحدقة:

عبر السنوات الماضية، أُجريَ عددٌ من الدراسات التي بحثت عن علاقة الزوغانات القرنية بقطر الحدقة (الشكل 21)؛ حيث العين السديدة تكون الرؤية فيها أفضل ما يمكن مع قطر حدقة يتراوح بين 2-5 ملم؛ فعندما يكون قطر الحدقة أقل من 2 ملم يزداد حدوث ظاهرة انعراج الضوء Diffraction؛ مما يؤثر سلبياً في جودة الصورة الشبكية، وبالمقابل عندما يكون قطر الحدقة أكثر من 5 ملم يزداد حدوث الزوغان الكروي (Spherical Aberration (SA)، وأظهرت دراسة ويليام إن تشارمان William Neil Charman أن السبب الرئيس لنقصان الجودة البصرية مع الحدقات الأقل من 2 ملم هو ظاهرة الانعراج؛ بينما مع ازدياد قطر الحدقة يصبح الزوغان الكروي هو المسؤول بشكل رئيس عن نقصان الجودة البصرية، وتبين أيضاً أن باقي الزوغانات تزداد مع ازدياد قطر الحدقة [61][62][63].



الشكل (21): مقارنة قيم RMS للزوغانات العينية عالية الرتبة لأجل أقطار حدقة متفاوتة بين الدراسات السابقة.

[64][65][66][67][68][69][70][71][72][73][74][75][76][77]

3- علاقة الزوغانات مع الأوساط الكاسرة بالعين [78][79]:

مع أن القرنية بوجهيها الأمامي والخلفي والعدسة تؤثر جميعها في الزوغانات؛ إلا أن الوجه الأمامي للقرنية مسؤول عن أكثر من 90% من مجمل الزوغانات عالية الدرجة، حيث تبلغ القوة الكاسرة للوجه الأمامي للقرنية حوالي 48 كسيرة؛ بينما الوجه الخلفي للقرنية حوالي 6- كسيرات، والعدسة بين 21 و 30 كسيرة حسب المطابقة، وبما أن القرنية ليست القوة الكاسرة الوحيدة بالعين؛ تختلف كمية الزوغان القرني عن الزوغان الكلي للعين، وليس بالضرورة أن يكون تأثير القرنية والعدسة متآزرًا في إحداث الزوغانات.

يبقى التغير بشكل سطح القرنية الأمامي أصغر ما يمكن مع التقدم بالعمر والمطابقة، على خلاف العدسة حيث يتغير شكلها مع المطابقة ومع التقدم بالعمر؛ مما يؤدي لتغير الزوغانات الناجمة عنها، وكذلك تتأثر الزوغانات بالأمراض التي تصيب الأوساط الكاسرة للعين خاصة الساد.

4- علاقة الزوغانات مع أسوء الانكسار [74][80][81]:

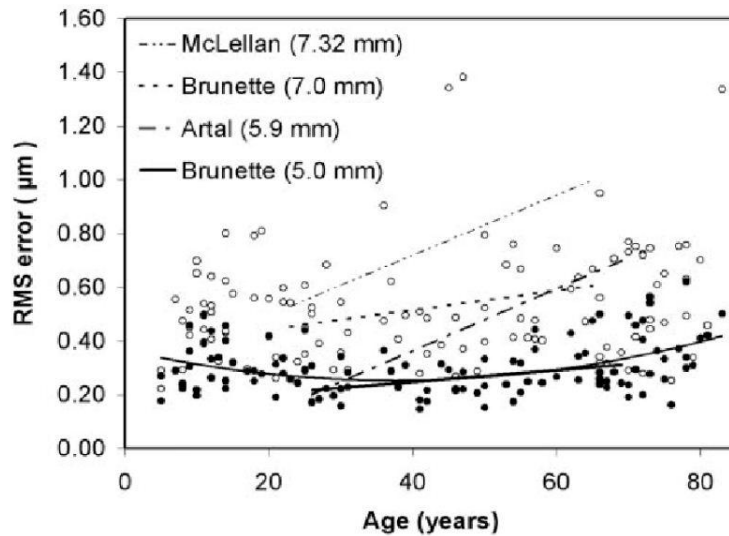
وجدت دراسات قام بها كل من (Anbar et al.,2019) (Kirwan et al.,2006) و (Carkeet et al.,2002) أن متوسط الجذر التربيعي RMS للزوغان ثلاثي الوريقات Trefoil Aberration أعلى عند مجموعة الحسر المتوسط والشديد، ومتوسط الجذر التربيعي RMS للزوغان الفاصلة Coma Aberration والزوغان الكروي أعلى عند مجموعة المد، وكذلك قيمة متوسط الجذر التربيعي للزوغان الكروي في مجموعة الحسر الخفيف أقل من مجموعة السديد وباقي المجموعات، ورغم ذلك لم تستطع الدراسات السابقة تأكيد الدور السببي للزوغان الكروي في تطور الحسر.

5- علاقة الزوغانات مع المطابقة [82][83]:

إن منعكس المطابقة بالعين يسبب تغير شكل العدسة؛ مسبباً زيادة تحدب وجهها الأمامي؛ مما يؤثر في الزوغانات عالية الرتبة خاصة الزوغان الكروي، حيث تتغير قيمته من القيمة الموجبة عندما تكون المطابقة مسترخية، إلى القيمة السالبة عندما يتغير شكل العدسة بسبب المطابقة، وكذلك في أثناء منعكس المطابقة تنقبض الحدقة؛ مما يؤدي دوراً بتغيير الزوغانات، ويختلف تأثير المطابقة في الزوغانات من عين لأخرى، ولا يمكن التنبؤ به مسبقاً؛ مما يسبب صعوبة بقياس الزوغانات قبل شلّ المطابقة.

6- علاقة الزوغانات مع العمر [84][85][86]:

مع التقدم بالعمر تحدث عددٌ من التبدلات بالعدسة منها: تغير انحناء العدسة، وتغير قرينة انكسار النواة، وزيادة سماكة العدسة بسبب التشكل المستمر للألياف مدى العمر. وكذلك مع التقدم بالعمر ينقص قطر الحدقة. وهذه التبدلات تؤثر في الزوغانات عالية الرتبة، حيث وجدت الدراسات التي قام بها **(Artal)** **(Brunette et al.,2003)** **(Mclellan et al.,2001)** **(et al.,2002)** أن الزوغانات عالية الرتبة تزداد مع تقدم العمر (الشكل 22).

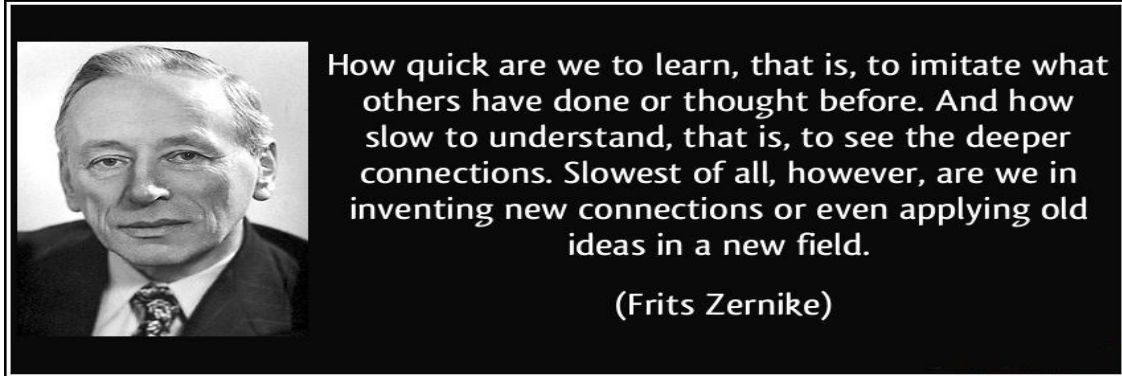


الشكل (22): مقارنة تغيرات قيم RMS للزوغانات العينية عالية الرتبة؛ حسب العمر بين الدراسات السابقة.

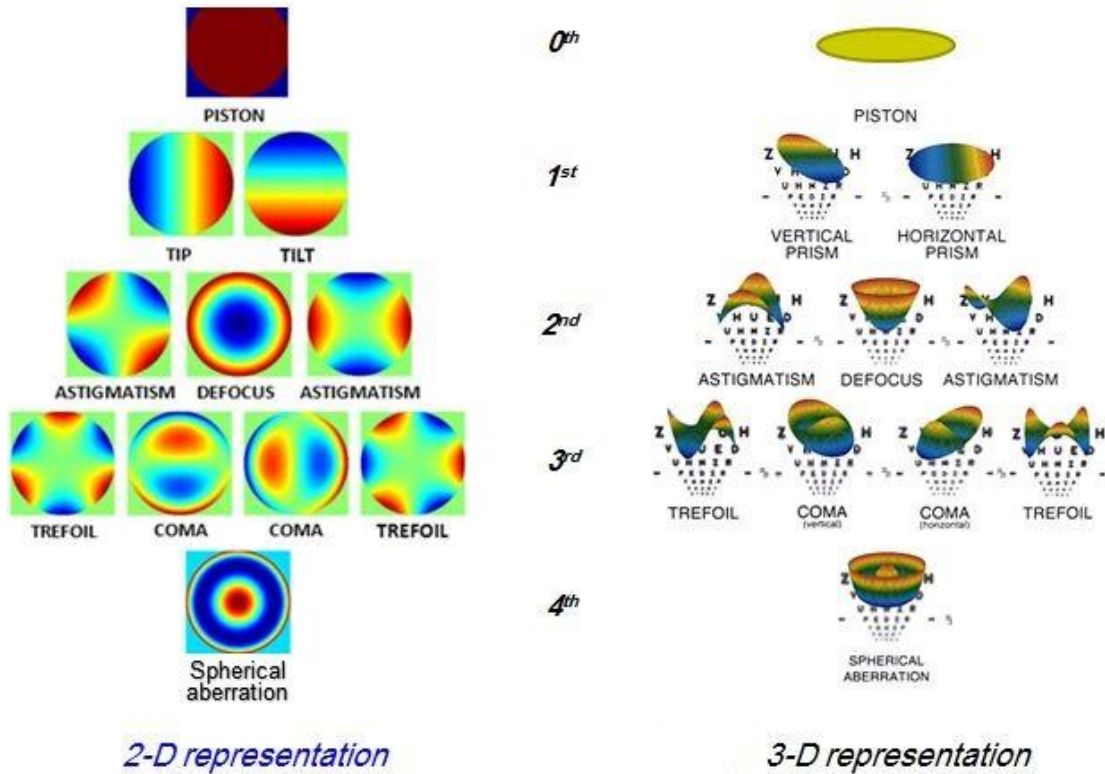
خامساً-تحليل واجهة الموجة؛ وفق تصنيف فريتس زيرنيكه Wavefront Analysis according to the Fritz Zernike Classification

لم تكن هناك طريقة منهجية لوصف الزوغانات حتى أتى الفيزيائي الهولندي فريتس زيرنيكه

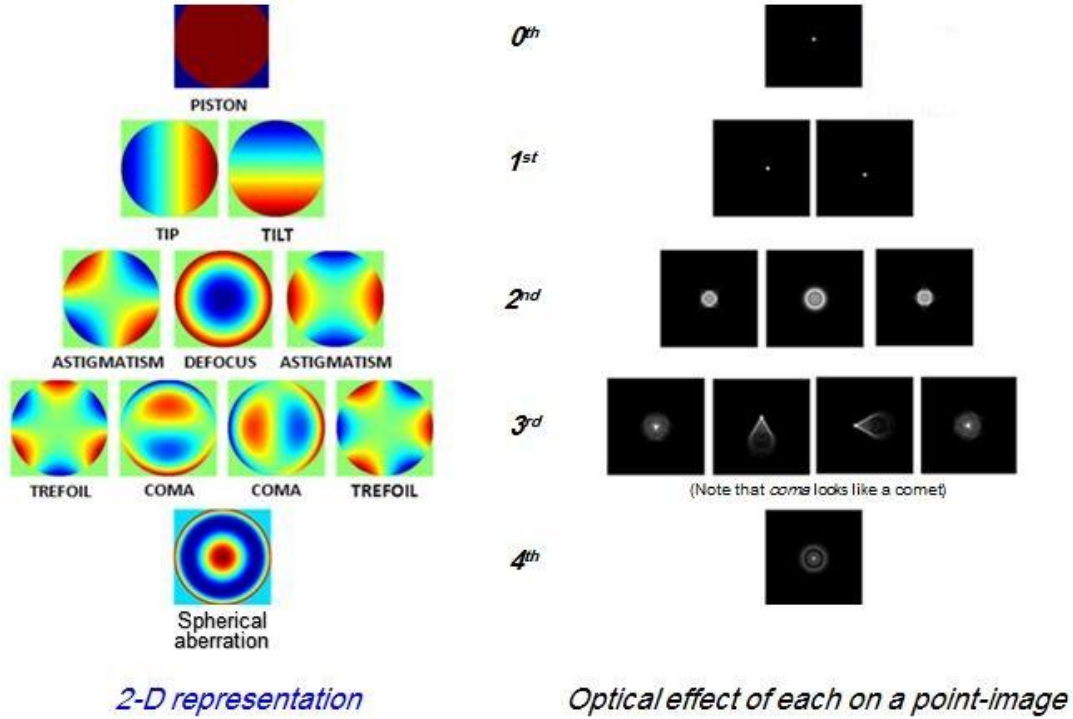
Fritz Zernike (الشكل 23)، وقدم تمثيلاً رياضياً منهجياً للزوغانات (الشكل 24, 25) [55].



الشكل (23): Fritz Zernike (1888–1966).



الشكل (24): الأشكال ثنائية وثلاثية الأبعاد للزوغانات؛ وفق تصنيف زيرنيكه.



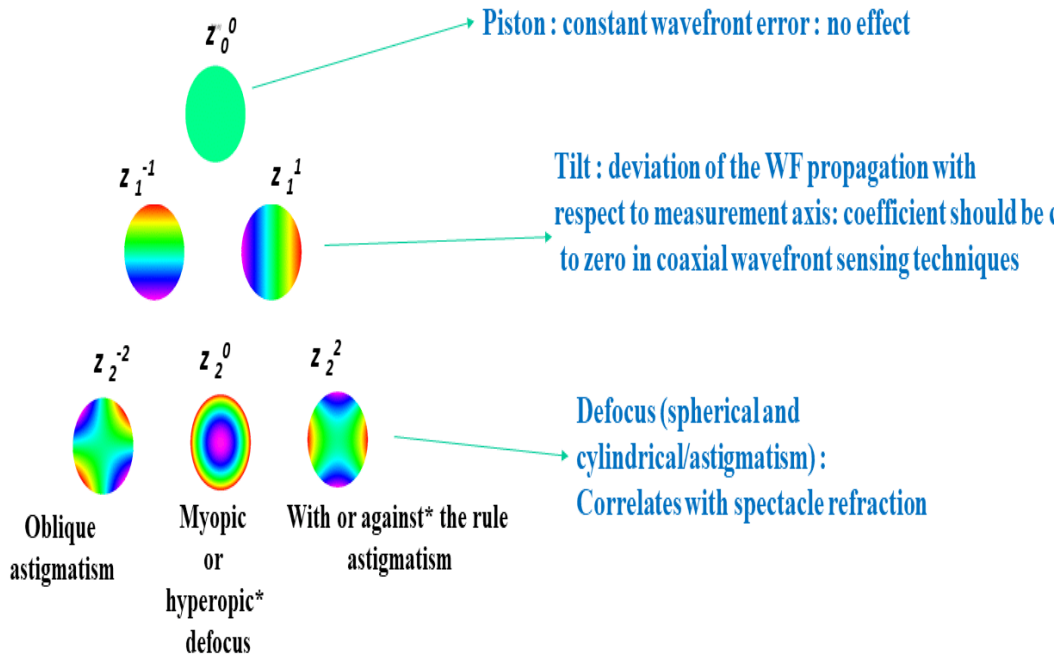
الشكل (25): الأشكال ثنائية الأبعاد والتأثير البصري للزوغانات؛ وفق تصنيف زيرنيكه.

بما أن معظم العيون لا تحتوي على زوغان (سوء انكسار) وحيد بل مزيج من الزوغانات تسبب أشكالاً معقدة من الأمواج، فهنا يبرز دور تصنيف زيرنيكه الذي يحل أي واجهة موجة إلى الزوغانات المكونة لها؛ وكل زوغان في تصنيف زيرنيكه يكتب بشكل $Z(n,m)$ ؛ حيث n تسمى ترتيب الزوغان Order Of Aberration، ونضع الزوغانات التي لها الرتبة نفسها بالصف نفسه؛ بينما m تسمى التواتر الزاوي Angular Frequency، وهي تدل على نوع الزوغان، وتُجمع الزوغانات ضمن هرم مع مراعاة أن الزوغانات التي لها الرتبة نفسها موضوعة في الصف نفسه، ووفقاً لهذا الهرم تُصنّف الزوغانات لمنخفضة الرتبة (الرتبة صفر والرتبة الأولى والرتبة الثانية) وعالية الرتبة (من الرتبة الثالثة فأكثر) [55].

1-الزوغانات منخفضة الرتبة (LOAs):[55]:

تمثل حوالي 85% من الزوغانات في العين، وتشمل زوغانات الرتبة صفر والرتبة الأولى من تصنيف زيرنيكه ويعدان غير هامين بصرياً، وزوغانات الرتبة الثانية من تصنيف زيرنيكه وتمثل زوغانات هذه الدرجة أسوء الانكسار التقليدية الكروية والأسطوانية؛ ولذلك فإن أسوء الانكسار الكروية والأسطوانية تمثل جزءاً فقط من زوغانات العين. وبصورة عامة فإن هذه الزوغانات على الرغم أنها تمثل القسم الأكبر من زوغانات النظام البصري في العين إلا أنها قابلة للتصحيح عند العلاج التقليدي لأسوء الانكسار (الشكل 26).

“LOWER-ORDER ABERRATIONS” IN THE ZERNIKE CLASSIFICATION



* Depending on the sign of the weighting coefficient

الشكل (26): الزوغانات منخفضة الرتبة.

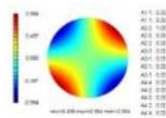
2-الزوغانات عالية الرتبة (HOAs)[55]:

تعاني العين كأى نظام بصري آخر من الزوغانات البصرية، وتعد الزوغانات عالية الرتبة واحدة من أهم المواضيع في علم البصريات التي كان الاهتمام بها متواضعاً قبل عام 2000 م، ولكن لاحقاً ونتيجة التطور الكبير في علم البصريات العيني لَفَتَ الانتباه إليها أطباء العيون.

الزوغانات عالية الرتبة: هي جزء من أسوء الانكسار التي تضعف جودة الخيال الشبكي على شكل هالات ووهيج، و لا يمكن تصحيحها بالوسائل التقليدية لتصحيح البصر، وتحتاج إلى تصاميم خاصة من النظارات والعدسات اللاصقة والعدسات المزروعة داخل العين أو حتى من الجراحة الانكسارية.

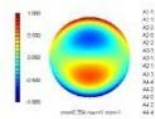
تشكل هذه الزوغانات 15% من إجمالي الزوغانات، وتبدأ من زوغانات الرتبة الثالثة (الشكل 27)؛ وفق تصنيف زيرنيكه، ويصبح مقدار الزوغانات قليلاً؛ بدءاً من زوغانات الرتبة الخامسة وفق تصنيف زيرنيكه، ويصبح دورها في الجودة البصرية محدوداً إلا في بعض الحالات والتدخلات الجراحية كندبات القرنية وزرع القرنية الثاقب.

Third order aberrations



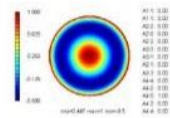
Astigmatism

$$n = 2, m = +/- 2$$



Coma

$$n = 3, m = +/- 1$$



Spherical aberration

$$n = 4, m = 0$$

For 3rd order aberrations, $n + m = 4$

These are dominant errors due to mis-alignment and mounting

الشكل(27):زوغانات الرتبة الثالثة.

3- نقاط ضعف وسليبات تصنيف زيرنيكه [55][87][88][89][90][91]:

• أنه يتعامل حصراً مع الحدقات الدائرية المنتظمة وعند أي حدقة لا تحقق ذلك، فإن

تصنيف زيرنيكه يصبح عديم القيمة.

• حدوث تداخلات في بعض الزوغانات منخفضة الرتبة وعالية الرتبة.

أ- التداخل بين الزوغان الكروي Spherical Aberration وزوغان اللاتشيت Defocus عند

محاولة تمثيل الزوغان الكروي، يتأثر القسم المركزي من الزوغان الكروي $Z(4,0)$ (زوغان عالي الرتبة) في تصنيف زيرنيكه بزوغان اللاتشيت $Z(2,0)$ (زوغان منخفض الرتبة)؛ حيث r^4 هو المميز للزوغان الكروي، و r^2 هو المميز لزوغان فقدان التشييت، وفي تصنيف زيرنيكه يدخل كل من r^2 و r^4 في حساب $Z(4,0)$ (الزوغان الكروي)؛ مما ينقص دقة تمثيل الزوغان الكروي حسب تصنيف زيرنيكه.

ب- التداخل بين زوغان الحرج البدئي Primary Astigmatism والثانوي Secondary

Astigmatism عند محاولة تمثيل زوغان الحرج الثانوي، فإن القسم المركزي من زوغان الحرج الثانوي $Z(4,\pm 2)$ (زوغان عالي الرتبة) في تصنيف زيرنيكه يتغير شكله؛ وفقاً لزوغان الحرج الأولي $Z(2,\pm 2)$ (زوغان منخفض الرتبة)، حيث يعد تمثيل زوغان الحرج الثانوي غير دقيق بصورة كاملة في تصنيف زيرنيكه؛ لأنه يتأثر بزوغان الحرج البدئي خاصة في حال كان محور زوغان الحرج الأولي معامداً لمحور زوغان الحرج الثانوي؛ مما يسبب تغيراً بقيمته.

ج- التداخل بين زوغان الإمالة Tilt وزوغان الفاصلة Coma عند محاولة تمثيل زوغان

الفاصلة.

سادساً-تحليل واجهة الموجة؛ وفق تصنيف الزوغانات منخفضة Wavefront Analysis according to the الدرجة/عالية الدرجة Classification of Low-Degree/High-Degree (LD/HD) Aberrations [93][92][55]:

إن تداخل بعض الزوغانات منخفضة الرتبة مع القسم المركزي للزوغانات عالية الرتبة يضعف دقة تصنيف زيرنيكه بتمثيل الأخيرة؛ مما أدى لتطوير طرائق حديثة للتصنيف، مثل طريقة الزوغانات منخفضة الدرجة/عالية الدرجة (LD/HD)؛ حيث تعتمد هذه الطريقة على فصل تام بين الزوغانات منخفضة الرتبة وعالية الرتبة، ولذلك يكون القسم المركزي للزوغانات عالية الرتبة؛ وفق تصنيف (LD/HD) مسطحاً أكثر من تصنيف زيرنيكه ولا يتأثر بالزوغانات منخفضة الرتبة؛ مما يعطيها دقة أعلى بالتمثيل.

بالنسبة للزوغان الكروي مثلاً يكون رمزه في تصنيف الزوغانات منخفضة الدرجة/عالية الدرجة هو $G(4,0)$ ، ويكون متعلقاً فقط ب r^4 ؛ على خلاف الزوغان الكروي بتصنيف زيرنيكه $Z(4,0)$ الذي يدخل بتمثيله كل من r^2 و r^4 .

وكذلك بالنسبة لزوغان الحرج الثانوي في تصنيف الزوغانات منخفضة الدرجة/عالية الدرجة الذي يكون رمزه $G(4,\pm 2)$ ، وهو غير متعلق بزوغان الحرج الأولي $G(2,\pm 2)$ ، على خلاف زوغان الحرج الثانوي في تصنيف زيرنيكه الذي رمزه $Z(4,\pm 2)$ الذي يتأثر بزوغان الحرج الأولي $Z(2,\pm 2)$ ، وتبدو أهمية هذا التأثير خاصة عندما يكون محور الحرج الأولي معامداً لمحور الحرج الثانوي؛ مما يسبب تغيراً مهماً بقيمته.

سابعاً-المقاييس المستعملة لقياس الوظيفة البصرية Scales used :to Measure Visual Function

1-في مستوى الحدقة [55][94][95]:

متوسط الجذر التربيعي (RMS) Root Mean Square: يعبر عن شكل واجهة الموجة عبر

تمثيل كمي غير نوعي لحجم انحراف واجهة الموجة؛ لأن أنواعاً مختلفة من الانحرافات قد يكون لها

RMS متساوية، ولكن لها تأثيرات مختلفة في الرؤية؛ لذلك لا علاقة لـ RMS بالأداء المرئي.

2-في مستوى الشبكية [55][94][96][97]:

Point Spread Function (PSF): يعبر عن الصورة التي يشكلها النظام البصري لمصدر

نقطي، حيث في النظام البصري المثالي صورة النقطة ستكون نقطة.

Strehl Ratio (SR): هي أبسط طريقة ذات مغزى للتعبير عن تأثير انحرافات واجهة الموجة

على جودة الصورة. على عكس RMS يعد SR مقياساً لتأثير الزوغانات على الأداء البصري؛ بدلاً من

التعبير عن شكل واجهة الموجة.

Modulation Transfer Function (MTF): هي الطريقة العلمية الأكثر استعمالاً لوصف

أداء النظام البصري، حيث تمثل مقياساً للانخفاض في التباين من الجسم إلى صورته في العين.

Phase Transfer Function (PTF): نادراً ما تستعمل في طب العيون حيث يقيس الإزاحة

الجانبية لصورة ذات تردد مكاني معين تُلاحظ من خلال نظام منحرف.

Optical Transfer Function (OTF): نادراً ما يستعمل في طب العيون حيث إنه مزيج من

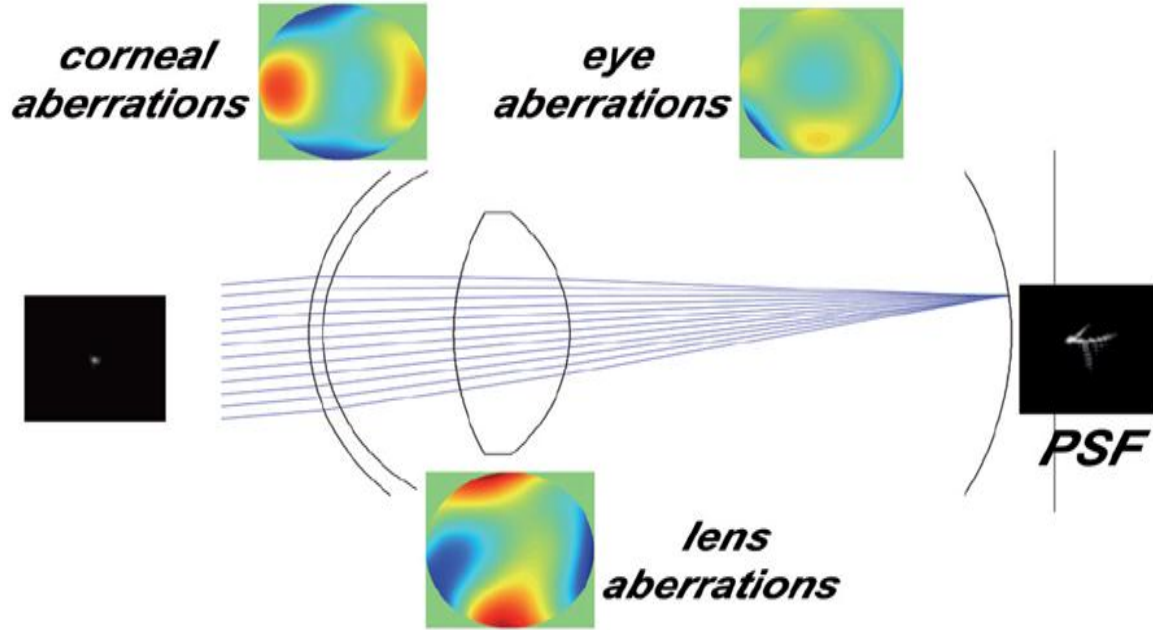
MTF و PTF.

ثامناً-أجهزة قياس الزوغانات Aberrometer:

1-المساهمات الفردية لبنى العين في الزوغانات [67][98]:

كان الطبيب النمساوي كريستوفر شنايدر **Christoph Schneider** أول من وصف جهازاً لقياس الزوغانات في كتابه عام 1619، حيث صنع قرصاً يحوي ثقباً مركزياً وآخر محيطياً لمعرفة سوء الانكسار الكروي، وهو ما يعرف حالياً باختبار قرص شنايدر **Schneider's Disc**؛ بينما جذبت المساهمة النسبية للقرنية والعدسة في صورة الشبكية انتباه العلماء منذ **توماس يونغ Thomas Young** في القرن التاسع عشر.

حالياً أصبحت دراسة المساهمات الفردية في الزوغانات العينية ذات أهمية كبيرة لكل من العلوم الأساسية والسريرية، وطُوِّرت أجهزة خاصة لقياس الزوغانات الكُليّة للعين، تقيس الموجة المنعكسة من الخيال الشبكي، ورغم تطور عدد من تقنيات قياس واجهة الموجة إلا أن واحدة منها فقط سيطرت في الممارسة السريرية، وهي **Hartmann-Shack Wavefront Sensor**، بينما تُقاس الزوغانات المحدثة بوساطة سطح القرنية الأمامي والخلفي بالمعلومات التي تقدمها أجهزة طبوغرافيا القرنية، ويسمح الاستعمال المشترك للزوغانات القرنية والزوغانات العينية الكلية بتحديد زوغانات العدسة البلورية (الشكل 28).



الشكل (28): المساهمات الفردية في الزوغانات العينية.

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

(Artal et al., 2002) ذكروا أن الزوغانات عالية الرتبة في القرنية تُعوض جزئياً عن طريق

الزوغانات في بقية نظام العين لدى البالغين، حيث أظهر تحليل واجهة الموجة في 17 شخصاً أن الأشخاص الأصغر سناً لديهم زوغانات عالية الرتبة في القرنية أكبر من الزوغانات العينية الكلية؛ فيما كان العكس صحيحاً لدى المسنين.

2- أجهزة قياس الزوغانات العينية [99][100][101][102][103][104]:

• Tscherning:

كان الطبيب الدنماركي ماريوس هانز إريك تشيرنينغ **Marius Hans Erik Tscherning**

من أوائل من صنعوا أجهزة لقياس الزوغانات، حيث استعمل تشيرنينغ Tscherning عام 1884 عدسة موجبة عليها ثقوب عدة مع منبع ضوئي خلفها، وطلب من المريض أن يرسم الشكل الذي يراه عبر هذه الثقوب، وفي عام 1960 طوّر الأشقاء هولاند **Howland** فكرة تشيرنينغ Tscherning، وربطوا اختراعه مع جهاز تصوير، وتحليل رقمي للزوغانات حيث استعملوا جهازاً ليزرياً يعطي حزمة تمر عبر صفيحة تحوي ثقوباً، ومن ثم تعطي عدة أشعة متفرقة نحو شبكية المريض، ثم تتعكس عنها نحو كاشف يسجل الزوغان.

ومن الأمثلة عليه: جهاز Allegretto WaveLight Analyser الألماني.

• Hartmann-Shack:

بعد حوالي 300 عام من فكرة شنايدر Schneider، ابتكر عالم الفلك والفيزياء الألماني يوهانس فرانز هارتمان **Johannes Franz Hartmann** في عام 1904 فكرة استعمال ليزر يعطي صورة لها نمط معين؛ بدلاً من الإضاءة عبر الثقوب، ودَرس الأشعة المنعكسة عن العين، وطَبَّقَ العالم الأمريكي رولاند شاك **Roland Shack** عام 1971 مبدأ هارتمان Hartmann مع بعض التعديلات بنوع الكاميرا، ووضع عدسات أمام الأشعة المنعكسة، وأصبح هذا الجهاز يسمى Hartmann-Shack، وأصبح يعد المبدأ الأشيع استعمالاً لقياس الزوغانات حيث يستعمل ليزر يعطي حزمة تتجه نحو شبكية المريض ثم تتعكس عنها نحو سلسلة عدسات وكاشف يسجل الزوغانات.

ومن الأمثلة عليه: الأجهزة الأميركية Zywave، Wavescan، LADARWave.

• Tracey Ray-Tracing:

يستعمل ليزر يعطي حزمة تمر عبر جهاز يقسم الحزمة لجزأين، أحدهما يتجه نحو الكاشف، والآخر يتجه لعين المريض ثم ينعكس نحو الكاشف، وهو مقياس زوغان يعتمد مبدأ حركياً حيث يتطلب تحركاً مستمراً للكاشف لفحص زوغان كامل النقط عبر الحدقة.
ومن الأمثلة عليه: جهاز Tracey-VFA الأميركي.

• Automatic Retinoscopy:

يستعمل مبدأ تنظير الشبكية Retinoscopy، حيث يحوي منبعاً ضوئياً يمر عبر شق يتجه نحو الشبكية، وينعكس عنها نحو حساس للزوغانات، وهو أيضاً مقياس زوغان يعتمد مبدأ حركياً ويتطلب تحركاً مستمراً للشق لفحص كامل النقاط.
ومن الأمثلة عليه: جهاز OPD Scan III الياباني.

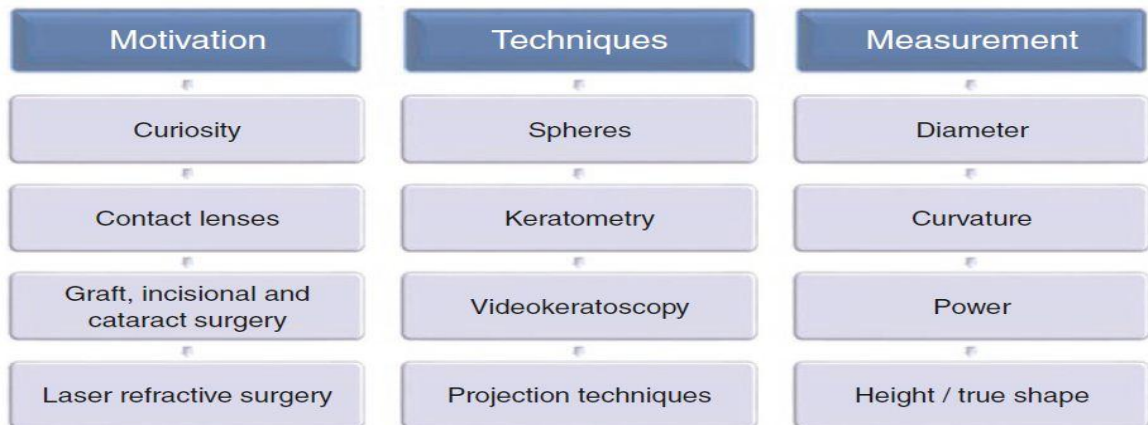
3- أجهزة قياس الزوغانات القرنية [105][106][107][108]:

أ- لمحة تاريخية (الشكل 29):

في عام 1619 قام الطبيب النمساوي كريستوفر شنايدر **Christoph Schneider** بأول قياس لشكل القرنية عن طريق وضع سلسلة من المرايا المحدبة مختلفة التحدب بشكل متلاحق أمام العين حتى وجد واحدة منهم تعطي صورة بحجم الصورة الناتجة عن القرنية نفسها.

يعدّ مقياس القرنية **Keratometry** أحد أقدم الطرائق لمعرفة شكل القرنية، وقد طوّره الطبيب والفيزيائي الألماني **هرمان فون هلمهولتز Hermann von Helmholtz** في القرن التاسع عشر عام 1854، وكان حجر الأساس في التقييم الكمي للقرنية، وخاصة انحناء السطح الأمامي لها ضمن نطاق 3 ملم من مركز القرنية. ثم طوّر أقراص بلاسيدو عام 1880 طبيبُ العيون البرتغالي **انتونيو بلاسيدو Antonio Placido**، ولزيادة مساحة القرنية التي تُقيم أضاف طبيب العيون الفرنسي **لويس إميل جافال Louis Émile Javal** في عام 1889 أقراص بلاسيدو إلى مقياس القرنية.

تطوّر تصوير القرنية الفيديوي المحوسب **Vediokeratography** في ثمانينيات القرن الماضي والذي قدّم تطوراً نوعياً في تقييم انحناءات القرنية.



الشكل (29): تطور طبوغرافيا القرنية.

ب- تُصنّف أنظمة طبوغرافيا القرنية بناءً على مبدأ عملها كما يأتي:

- أجهزة تعتمد على الانحناء (بلاسيديو):
 - تعتمد على الانعكاس (Reflection): مقياس القرنية.
 - تعتمد على الإسقاط (Projection): مثل تصوير القرنية الفيديوي المحوسب.
- أجهزة طبوغرافية تعتمد على الارتفاعات:
 - تعتمد على مبدأ التصوير بالمسح المقطعيّ، مثل (Orbscan).
 - تعتمد على مبدأ التصوير بوساطة كاميرا (Scheimpflug)، مثل جهاز (Pentacam).
- أجهزة دمجت مبدأ التصوير بوساطة (Scheimpflug) والتصوير بالمسح المقطعيّ:
 - جهاز (Sirius) (وهو الجهاز المستعمل في هذه الدراسة) (الشكل 30).
 - جهاز (Galilei).
- أجهزة تعتمد على (Point source color LED topography (CLT):
 - جهاز (Cassini).

ج-جهاز (Sirius): المستعمل في دراستنا

يُستعملُ هذا الجهاز مجموعةً مكوّنةً من آليّ تصوير من نمط Scheimpflug قابلتين للدوران؛ فضلاً عن قرص بلاسيديو للحصول على تحليلٍ دقيقٍ ثلاثيّ الأبعاد للقرنية والقطعة الأماميّة للعين. يؤمّن دمج البيانات القادمة من قرص بلاسيديو والصّور الملتقطة من آليّ التّصوير Scheimpflug قياسات دقيقة لارتفاعات وانحناءات وثخانة كامل القرنية. يحتوي الجهاز على نماذج لملاءمة العدسات اللاصقة، وخرائط لشخانات القرنية، وعمق الغرفة الأماميّة، وخرائط للارتفاعات القرنيّة الخلفيّة والأماميّة. يمكن خلاله تصوير حدقة العين وقياس قطرها، ودمج صورها مع طبوغرافيا الوجه الأماميّ والخلفيّ للقرنية، وتقدير قياساتها في مختلف حالات الإضاءة؛ فضلاً عن قياس زاوية الغرفة الأماميّة. يمتلك هذا الجهاز دقّةً عاليةً في القياس تصل إلى حدود ميكرون واحدٍ، ويحلّل أكثر من 100000 نقطة مختلفة، ليكشف المناطق غير المنتظمة من القرنية مهما كانت صغيرة. كما يمتاز بسرعةٍ عاليةٍ في معالجة المعلومات وعرضها وحفظها، حيث لا يستغرق ذلك أكثر من 10 ثوانٍ.

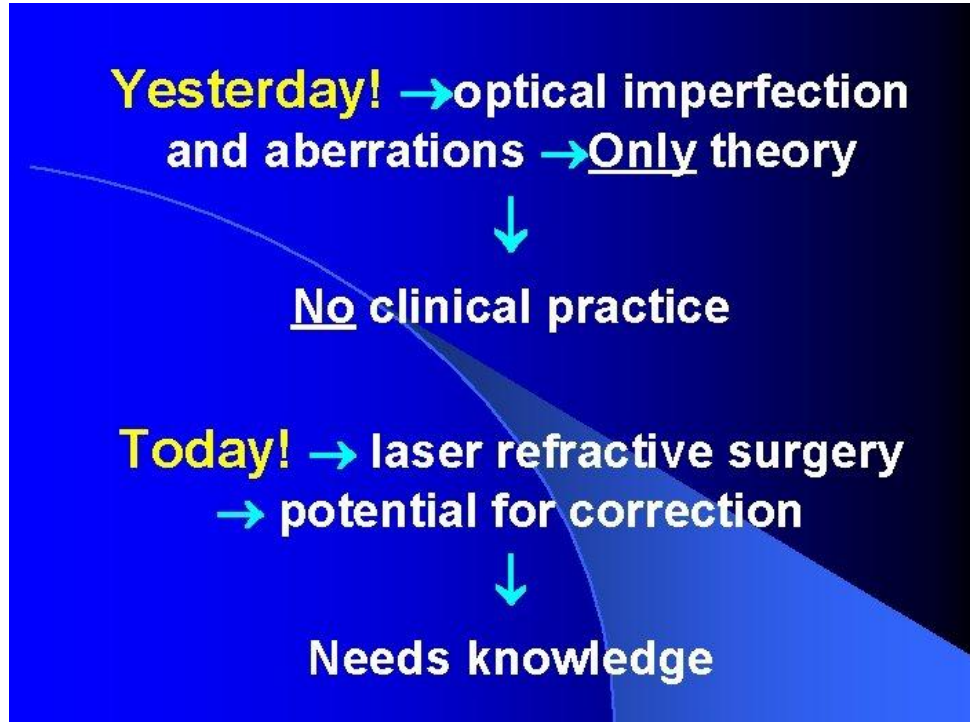


الشكل(30):جهاز تصوير القرنية الطبوغرافي SIRIUS CSO S.r.l. 50010 scandicci.

تاسعاً- التطبيقات السريرية للزوغانات Clinical Applications of :Aberrations

إن ظهور علم واجهة الموجة، ومفهوم الجودة البصرية كبديل عن القدرة البصرية التقليدية، أدى لتسليط الضوء أكثر على الزوغانات عالية الرتبة، وتأثيرها الهام في الجودة البصرية (الشكل 31)، وظهر عددٌ من التطبيقات السريرية للزوغانات عالية الرتبة، ولعل أهم مثال على ذلك هو الجراحة الانكسارية الموجهة؛ بالاعتماد على واجهة الموجة، ومن التطبيقات الأخرى: العدسات المزروعة داخل المقلة المصممة؛ بالاعتماد على واجهة الموجة، ومحاولة تشخيص القرنية المخروطية بشكل باكر؛ اعتماداً على الزوغانات، ومحاولة تحسين الجودة البصرية لمرضى القرنية المخروطية؛ عبر صنع عدسات لاصقة بالاعتماد على واجهة الموجة [109].

ولا يزال المجال واسعاً للتطبيقات السريرية للزوغانات عالية الرتبة في باقي الأمراض والجراحات العينية للوصول للجودة البصرية المثلى [109].



الشكل (31): التطبيقات السريرية للزوغانات بين الحاضر والماضي.

1- الجراحة الانكسارية الموجهة؛ بالاعتماد على واجهة الموجة [110][111]

[112]:

إن الزوغانات عالية الرتبة أصبحت أولوية في مجال الجراحة الانكسارية، فهي تؤثر بصورة مهمة في نتائج الجودة البصرية بعد الجراحة، حيث يشكو بعض المرضى عقب إجراء الجراحة الانكسارية التقليدية من ظهور الهالات، وتغيم الرؤية، وصعوبة الرؤية الواضحة ليلاً.

توصلت الدراسة الواسعة التي أجرتها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) Food and Drug Administration عام 2014 لمعرفة نتائج الجودة البصرية بعد عملية ال LASIK للنتائج الآتية:

ظهرت إحدى الشكايات البصرية (هالات أو توهج أو تغيم أو صعوبة الرؤية ليلاً) لدى حوالي 46% من الخاضعين للجراحة والذين لم يسبق لهم الشكوى من أعراض بصرية، خلال ثلاثة شهور بعد الجراحة الانكسارية؛ بينما كانت أشيع الشكايات البصرية التالية للجراحة الانكسارية هي رؤية الهالات، حيث كانت نسبة ظهورها عند المرضى الذين لم يسبق لهم الشكوى من أعراض بصرية حوالي 40%.

وبما أن الزوغانات عالية الرتبة هي المسؤولة عن عدم الوصول للجودة البصرية المثالية ونقصان حساسية التباين Contrast Sensitivity بعد الجراحة الانكسارية التقليدية فقد طوّرت الجراحة الانكسارية التقليدية؛ اعتماداً على علم تحليل واجهة الموجة، وظهر لدينا حديثاً تعديلاً على جراحتي LASIK و PRK التقليدية:

■ تقنية Wavefont-Optimised:

تحاول الحفاظ على الشكل اللاكروي Aspheric للقرنية عبر تطبيق كميات إضافية من الليزر على محيط القرنية لتخفيف الزوغان الكروي الناتج بعد التصحيح التقليدي لحسر البصر.

■ تقنية Wavefront-Guided:

تحاول التخلص من كامل الزوغانات منخفضة وعالية الرتبة الموجودة قبل الجراحة الانكسارية.

2- العدسات المزروعة داخل المقلة المصممة؛ بالاعتماد على واجهة

الموجة[113][114][115]:

في السنوات الأخيرة، أدى اعتماد قياس واجهة الموجة العينية في طب العيون السريري إلى نقل جراحة الساد نحو الجراحة الانكسارية حيث لم يعد الهدف من جراحة الساد هو استعادة حدة البصر فحسب، بل أيضاً تحقيق جودة رؤية أفضل؛ الأمر الذي يتطلب أكثر من حدة إبصار 20/20 في لوحة سنيلين.

مع توسع مفهوم أخطاء النظام البصري العيني ليشمل الزوغانات، ومع التطور المستمر في تصميم العدسات المخصصة للزرع داخل المقلة الذي أدى إلى تصميم أنواع مختلفة من العدسات التي تستطيع تعديل أشيع الزوغانات القرنية عالية الرتبة، وبما أن جراحة الساد تشمل تدخلاً مباشراً عبر القرنية لاستخراج الساد، كان لا بد من دراسة تأثير الجراحة الأشيع في بلدنا لاستخراج الساد المتمثلة باستحلاب العدسة بالترددات فوق الصوتية عبر جرح قرني 3.2 ملم على زوغانات السطح الأمامي والخلفي للقرنية؛ لأخذ تصور مسبق لما ستؤول إليه الزوغانات القرنية بعد جراحة الساد، واختيار عدسة صناعية مناسبة لذلك، كما تقدم هذه الدراسة معلومات ذات قيمة للبحث عن تحسينات في طرائق إجراء الجرح القرني في حالة حدوث تغييرات كبيرة في زوغانات القرنية.

3-التشخيص الباكر للقرنية المخروطية[116][117][118]:

كشفت الدراسات التي قام بها (Jafri et al., 2007) (Gobbe & Guillon., 2005)

(Colak et al., 2016)، والتي تم فيها التحقيق فيما إذا كانت الزوغانات العينية أو القرنية المختلفة

لها قيم مميزة أم لا لدى مرضى القرنية المخروطية عن ارتباط إحصائي مهم بين الزوغانات القرنية أو

العينية والقرنية المخروطية.

4- علاج القرنية المخروطية [119][120]:

إن زيادة الزوغانات عالية الرتبة عند مرضى القرنية المخروطية يجعل استعمال النظارات، والعدسات اللاصقة الطرية التقليدية للوصول لأفضل جودة بصرية غير مجدٍ؛ وحالياً حوالي 65% من مرضى القرنية المخروطية يستعملون عدسات لاصقة قاسية حيث تشكل هذه العدسات القاسية بينها وبين سطح القرنية غير المنتظم ما يسمى بعدسة فلم الدمع TearLens؛ مما يؤدي إلى لتقليل نسبة كبيرة من الزوغانات؛ ورغم ذلك قد تبقى بعض الزوغانات عالية الرتبة مع هذه العدسات؛ مما يعيق الوصول لأفضل جودة بصرية.

وعلى الرغم أن العدسات اللاصقة الطرية المصنوعة بالاعتماد على واجهة الموجة لا تزل ضمن نطاق التجارب والمختبرات؛ إلا أن تطوير هذه الفكرة وجعلها متاحة قد يسهم بتحسين الجودة البصرية عند نسبة كبيرة من المرضى.

البحث الرابع

الزوغانات عالية الرتبة (HOAs)

اتفقت جميع الدراسات السابقة على أن الزوغان الكروي وزوغان الفاصلة والزوغان ثلاثي الوريقات هي الزوغانات الأهم سواء من حيث قيم RMS المعبرة عن كل منها أو من حيث تأثيرها في الجودة البصرية، وأدى التطور المستمر في تصميم العدسات المخصصة للزرع داخل المقلة إلى تصميم أنواع مختلفة من العدسات يمكننا من تعديل الزوغان الكروي، ومازالت البحوث مستمرة للوصول إلى عدسات توفر تصحيحاً كاملاً للزوغانات القرنية عالية الرتبة [3]. وبناءً على ما سبق سنركز في هذا البحث على زوغانات الرتبة الثالثة والرابعة، وسنستعرض أهم الدراسات المتعلقة بها وأحدثها.

الجدول (1): زوغانات الرتبة الثالثة والرابعة:

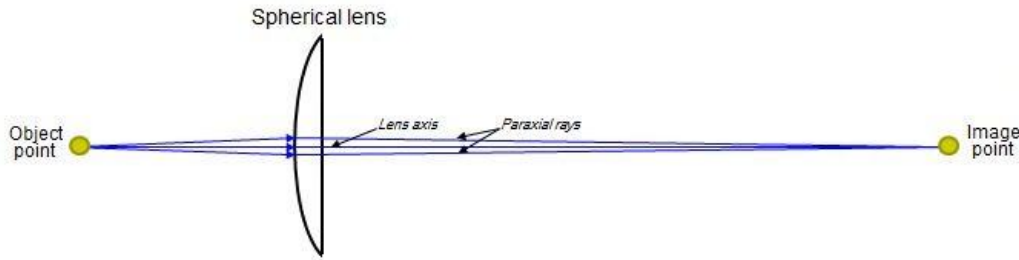
Higher-order aberrations					
6	3	-3	(Oblique) trefoil	Imaging anomalies with threefold symmetry	$\sqrt{8}r^3 \sin(3\alpha)$
7	3	-1	Primary (vertical) coma	Image asymmetry and vertical shift of image	$\sqrt{8}(3r^3 - 2r) \sin \alpha$
8	3	1	Primary (horizontal) coma	Image asymmetry and horizontal shift of image	$\sqrt{8}(3r^3 - 2r) \cos \alpha$
9	3	3	(Horizontal) trefoil	Imaging anomalies with threefold symmetry	$\sqrt{8}r^3 \cos(3\alpha)$
10	4	-4	(Oblique) quatrefoil	Imaging anomalies with fourfold symmetry	$\sqrt{10}r^4 \sin(4\alpha)$
11	4	-2	Secondary (oblique) astigmatism	Orientation-dependent shift and degradation of focus	$\sqrt{10}(4r^4 - 3r^2) \sin(2\alpha)$
12	4	0	Primary spherical aberration	Blurring depending on pupil zone	$\sqrt{5}(6r^4 - 6r^2 + 1)$
13	4	2	Secondary (with/against the rule) astigmatism	Orientation-dependent shift and degradation of focus	$\sqrt{10}(4r^4 - 3r^2) \cos(2\alpha)$
14	4	4	(Horizontal) quatrefoil	Imaging anomalies with fourfold symmetry	$\sqrt{10}r^4 \cos(4\alpha)$

أولاً-الزوغان الكروي Spherical Aberration :

1-مقدمة [121][122][123][124][125]:

عندما نتعامل مع الانكسار عند سطح منحني فإننا نتعامل فقط مع "Paraxial Ray" وهي الأشعة التي تحقق الصفتين الآتيتين: أنها أشعة موازية للمحور البصري، وكذلك قريبة منه تقريباً. ولكن حتى نفهم الزوغانات عالية الرتبة، فإننا يجب أن نركز على بصريات "Not-Paraxial Ray" التي يخلت فيها أحد الشرطين السابقين، ويعد الزوغان الكروي أحد أهم الزوغانات عالية الرتبة التي تنجم عن "Not-Paraxial Ray".

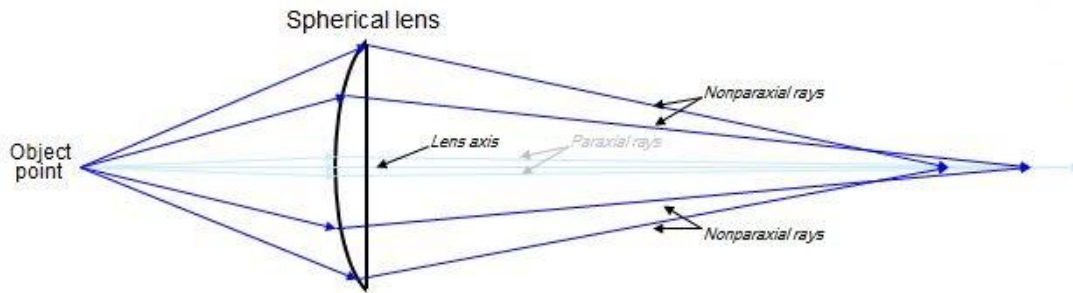
في العدسات الكروية نجد أننا عندما نتعامل فقط مع "Paraxial Ray" حيث الأشعة المنكسرة ستتركز بصورة متقاربة في نقطة مثالية (الشكل 32).



الشكل (32): انكسار "Paraxial Ray" بالنسبة للعدسة الكروية.

لكن عندما ننظر إلى سلوك "Not-Paraxial Ray" بالنسبة للعدسة الكروية نجد أنها لا تتركز

في موقع "Paraxial Ray" نفسه؛ وإنما إلى الأمام منها؛ وذلك لأنها تنكسر بصورة أشد (الشكل 33).



الشكل (33): انكسار "Not-Paraxial Ray" بالنسبة للعدسة الكروية.

2-تعريف الزوغان الكروي [126][127][128][129]:

يعد الزوغان الكروي أحد الزوغانات أحادية اللون التي تؤثر في الرؤية المحيطية، وتؤدي إلى رؤية هالات حول الضوء، وبأخذ الرتبة التالية وفق تصنيف زيرنيكه $Z(4,0)$ ينجم الزوغان الكروي عن الاختلاف في القوة الكاسرة للسطح الكاسر للضوء من المركز إلى المحيط؛ تبعاً لتغير تحدبه، ومن ثم اختلاف انكسار الأشعة المحيطية عن الأشعة المركزية؛ مما يؤثر في الرؤية المحيطية، حيث تكون قيمة Q value غير طبيعية.

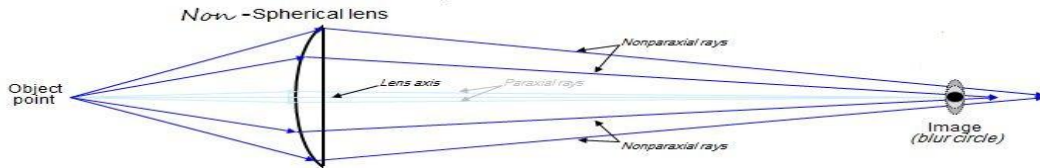
يمكن أن يكون الزوغان الكروي موجب أو سالب:

- الموجب (الشكل 34): يكون فيه انكسار الأشعة المحيطية يفوق انكسار الأشعة المركزية تزداد القوة الكاسرة من مركز العدسة إلى محيطها



الشكل (34): الزوغان الكروي الموجب.

- السالب (الشكل 35): يكون فيه انكسار الأشعة المركزية يفوق انكسار الأشعة المحيطية تزداد القوة الكاسرة من محيط العدسة إلى مركزها



الشكل (35): الزوغان الكروي السالب.

بعد تصحيح الحسر بالليزر يصبح الزوغان الكروي الناجم عن القرنية أكثر إيجابية Oblate، وبالعكس عند الشخص المديد حيث يصبح أقل إيجابية أو حتى سلبياً Prolate.

من المعروف منذ مدة أن الزوغان الكروي يمكنه تحسين جودة الصورة غير البؤرية Defocused

Image؛ مما يؤدي إلى زيادة عمق المجال Depth of Field.

3- علاقة الزوغان الكروي العيني مع التقدم بالعمر:

وَجَدَ عددٌ من الدراسات أن الشيخوخة الطبيعية تنقص من جودة الصورة البصرية للعين، وكانت كلمة "لماذا؟" سؤالاً مفتوحاً مثيراً للاهتمام استغرقت الإجابة عنه سنوات طويلة من البحوث حول هذا الموضوع.

(Amano et al.,2004) أكدوا حدوث زيادة في الزوغان الكروي الإيجابي في الجهاز البصري مع تقدم العمر؛ وذلك بمتابعتهم 75 عيناً، وأرجعوا هذه الزيادة بعد أن وجدوا أن الزوغان الكروي للقرنية لم يزدَ مع تقدم العمر إلى التغيرات غير القرنية الداخلية في العين. حيث اقترحوا أن الزوغان الكروي السلبى لأسطح العين الداخلية (أي القرنية الخلفية والعدسة البلورية) يتراجع مع تقدم العمر، وافترضوا أن أفضل جودة بصرية لمريض العدسية الكاذبة المسن ستأتي من العدسة المخصصة للزرع داخل المقلة التي تأخذ الخلل في التوازن بين الزوغانات القرنية عالية الرتبة والزوغانات الداخلية عالية الرتبة في الاعتبار [130].

وبصورة أكثر تحديداً وجدت دراسة أخرى قام بها (Oshika et al.,1999) أن زوغانات القرنية مستقرة على الرغم من تقدم العمر، ولكن تغيرت قيم الزوغان الكروي من القيم السلبية في العدسة الفتية إلى قيم أكثر إيجابية في العدسة مع تقدم العمر؛ مما فضل فرضية فقدان التوازن بين زوغانات القرنية والعدسة نتيجة للتغيرات في العدسة البلورية للإنسان التي تحدث مع الشيخوخة [131].

مما سبق نجد أن الدراسات الحديثة للقياسات المترامنة لزوغانات القرنية والعين أظهرت أنه في العيون الطبيعية عند صغار السن هناك تعويض طبيعي للزوغان الكروي بين القرنية والعدسة، بينما تميل الشيخوخة الطبيعية للعدسة إلى تعطيل آلية التعويض هذه لأن الزوغان الكروي للعدسة يتغير تدريجياً من السلبية إلى الإيجابية.

4-أسباب الزوغان الكروي [132]:

كما هو مؤكد فإن وجود درجة ما من الزوغان الكروي في جميع العيون تزداد بزيادة قطر الحدقة وتصبح ملاحظة على نحو أشد في ظروف الإضاءة الضعيفة يعد أمراً طبيعياً.

هناك عددٌ من الأمراض والتدخلات العينية التي تؤدي إلى قيم مهمة تفوق القيم المتعارفة للزوغان

الكروي في العيون الطبيعية، منها:

- الساد.
- حثول القرنية.
- ندبات القرنية.
- اضطرابات فيلم الدمع.
- تصحيح البصر بالليزر.
- جراحة زرع القرنية.

5-القيم الطبيعية للزوغان الكروي عند المصابين بالساد المرتبط بالعمر:

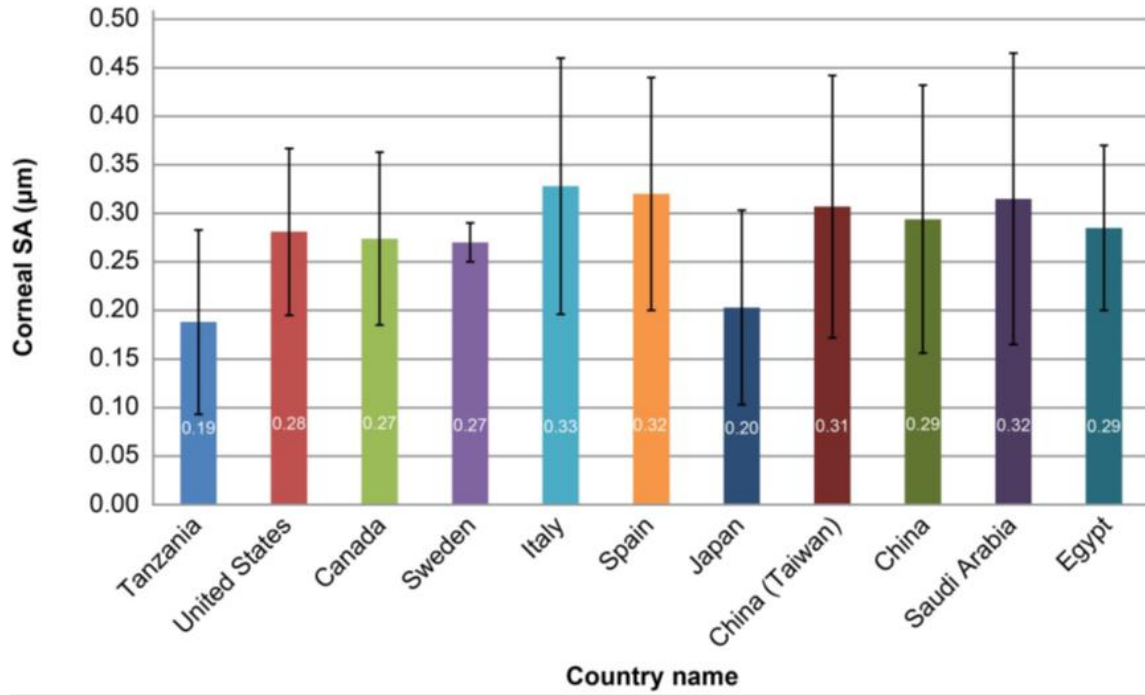
توصل الباحثون إلى قيم وسطية مختلفة للزوغان الكروي الناجم عن القرنية الطبيعية للأفراد متوسطي العمر، ومتقدميه تبعاً للمجتمعات والبلدان المختلفة التي أجريت فيها أبحاثهم.

نستعرض فيما يلي أهم البحوث التي أجريت حول العالم لتقييم القيم الطبيعية للزوغان الكروي للقرنية حيث اشتركت جميع هذه الدراسات بما يلي: كان حجم العينة بكل منها يفوق 50 عيناً ومتوسط عمر الأفراد المشاركين يفوق 40 عام وتم افتراض قطر حدقة 6 ملم في مستوى القرنية (الشكل 36):

• وجد (Holladay et al.,2002) أن القيمة الوسطية للزوغان الكروي في القرنية الطبيعية لدى القوقازيين هي 0.27 ± 0.20 ميكرون [133].

• وجد (Beiko et al.,2007) نتيجة قريبة من تلك التي توصل إليها Holladay وزملائه حيث كانت القيمة الوسطية للزوغان الكروي الناجم عن القرنية الطبيعية في مرضاهم من الكنديين هي 0.274 ± 0.089 ميكرون مع وجود فارق هام إحصائياً بين الذكور والإناث [134].

• توصل (De Sanctis et al.,2014) إلى قيمة وسطية أعلى للزوغان الكروي الناجم عن القرنية الطبيعية عند 75 رجل و 92 امرأة من الإيطاليين المصابين بالساد المرتبط بالعمر بلغت 0.328 ± 0.132 ميكرون، أعلى عند النساء بفارق هام إحصائياً منها عند الرجال [135]، بينما وجد (Shimozono et al.,2010) قيمة وسطية أقل بلغت 0.203 ± 0.100 ميكرون في دراستهم التي أجروها على 257 عيناً عند 168 مصاباً بالساد المرتبط بالعمر من اليابانيين، مع ترابط سلبي ضعيف القوة لكنه هام إحصائياً بين الطول الأمامي الخلفي للمقلة والزوغان الكروي للقرنية [136].



الشكل (36): وسطي القيم الطبيعية للزوغان الكروي عند مرضى الساد المرتبط بالعمر بين المجتمعات المختلفة.

[142][141][140][139][138][137][136][135][134][133][6]

وفق معلوماتنا لا يوجد أي بحث درس القيمة الوسطية الطبيعية للزوغان القرني الكروي في

المجتمع السوري رغم أهمية هذا الموضوع في اتخاذ القرار الأفضل بشأن نوع العدسة الصناعية المراد

زرعها داخل المقلة، وبصورة عامة يتراوح وسطي القيمة الطبيعية للزوغان القرني الكروي عند مرضى

الساد متوسطي العمر ومتقدميه في الشرق الأوسط بين 0.32؛ وفق دراسة (Al-Sayyari et

al., 2014) التي أجريت في المملكة العربية السعودية [137] و 0.29؛ وفق دراسة (Assaf &

Kotb., 2010) التي أجريت في جمهورية مصر العربية [138].

ونظراً لأنه من الصعب قياس الزوغانات لكل مريض قبل جراحة الساد حتى في البلدان المتقدمة،

فإن دراستنا بقياسها للزوغان الكروي القرني عند 76 مريضاً من مرضى الساد متوسطي العمر ومتقدميه

تعطي تصوراً من أجل تقييم ما إذا كانت العدسات اللاكروية المتوافرة حالياً في سورية مناسبة لمجتمعنا.

6-تصحيح الزوغان الكروي خلال جراحة الساد:

مَثَلُ التخلص من الزوغانات عالية الرتبة الهدف الرئيس لمختلف البحوث من أجل تطوير طرائق جراحية آمنة وسليمة، تمكننا من الحدّ من هذه الزوغانات المسببة لتدني جودة الإبصار.

فقد ركّزت التحديثات الأولى التي أدخلت على العدسات المخصصة للزرع داخل المقلة بصورة أساسية على المواد التي تصنع منها العدسات وتقنيات الزرع الجديدة؛ بدلاً من تصحيح الزوغانات القرنية عالية الرتبة، وكان الجيل الأول من العدسات المخصصة للزرع داخل المقلة يصنع من بولي ميثيل ميثاكريلات حيث كانت صلبة، وتتطلب شقوقاً كبيرة للزرع [33][34][35]، ثم لاحقاً في أوائل الثمانينيات من القرن الماضي سمحت مواد السليكون، ومواد الأكريليك بتصنيع عدسات طرية يمكن زرعها عبر شقوق أصغر، مما أدى إلى ضرر أقل في بنية القرنية، وسمح بشفاء أسرع [36][37][38].

في السنوات التالية حُدِّثت المحفظة الخلفية؛ لكونها الموضع الأمثل للعدسات المزروعة داخل المقلة، وزاد تطوير معادلات حساب قوة العدسة الجديدة المزروعة داخل المقلة بصورة كبيرة من إمكانية التنبؤ بنتيجة الانكسار، وجعل هدف جراحة الساد متوقعاً [36][37][38].

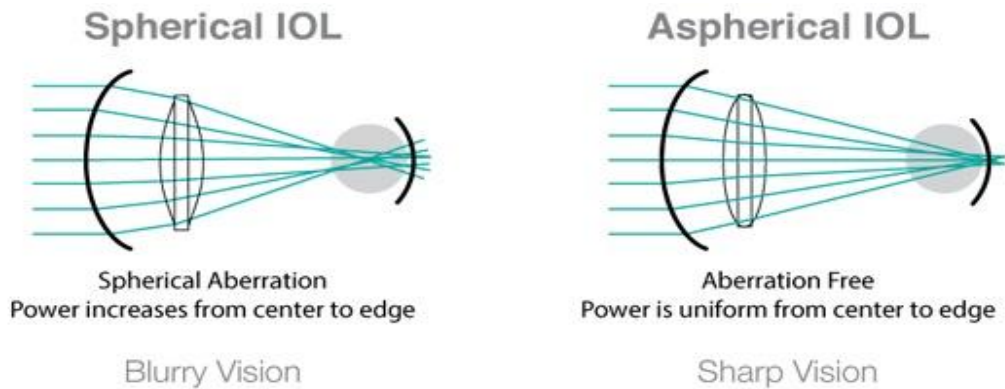
في السنوات الأخيرة، أدى اعتماد قياس واجهة الموجة العينية في طب العيون السريري إلى نقل جراحة الساد نحو الجراحة الانكسارية، حيث لم يعد الهدف من جراحة الساد هو استعادة حدة البصر فحسب؛ بل أيضاً تحقيق جودة رؤية أفضل؛ ما يتطلب أكثر من حدة بصر 20/20 في لوحة سنيلين [113][114][115].

بعد معرفة أن عدسات الزرع داخل المقلة الكُروية التقليدية تضيف زوغانات عالية الرتبة إلى النظام البصري؛ مما يحدّ من جودة الرؤية الممكنة مع العدسية الكاذبة Pseudophakia، كانت الكلمة الجوهرية لتلك الأيام "الزوغانات عالية الرتبة" التي يجب القضاء عليها لتحسين حساسية التباين وحدة البصر [143][144].

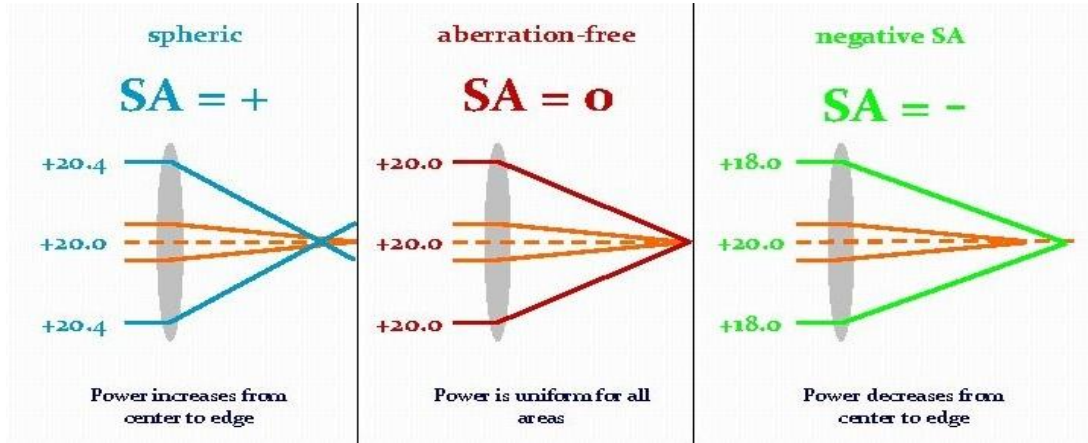
ورغم كثير من الدراسات التي أجريت، لم نتمكن إلا من تصحيح الزوغان الكروي فقط من بين جميع مكونات الزوغانات عالية الرتبة الناجمة عن القرنية، حيث أدت الأساليب القائمة على واجهة الموجة لقياس الأداء البصري إلى تصميم العدسات اللاكروية المخصصة للزرع داخل المقلة Aspherical IOLs وتسويقها (الشكل 38,37) [133][145][146].

ابتكر مصممو العدسات في البداية مفهوم "العدسات المخصصة للزرع داخل المقلة المصححة للزوغان الكروي Spherical Aberration-Correcting IOLs ذات الزوغان الكروي السالب الذي يحيد بعض من أو كل الزوغان الكروي الموجب للقرنية، وقد قُدِّمت واحدة من أولى العدسات المصححة للزوغان الكروي Tecnis Z9000 من قبل شركة Johnson & Johnson Vision من خلال زيادة ثخانة الحافة الأمامية للعدسة، وتعديل تطاول Prolate السطح الأمامي، وبين (Holladay et al., 2002) إن هذه العدسة توفر تصحيح 0.27 ميكرون من الزوغان القرني الكروي الموجب، فهي مصممة للحصول على زوغان كروي سلبي يلغي الزوغان الكروي الموجب للقرنية، ومن ثم تقلل الزوغان الكروي العيني؛ مما يؤدي إلى تحسن في الوظيفة البصرية، بما في ذلك حساسية التباين [133]. واختلفت لاحقاً الشركات المصممة للعدسات في طريقة تحقيق الخاصية اللاكروية المصححة للزوغان الكروي، فأدى ذلك إلى تصميم عدسات ذات قيم مختلفة من الزوغان الكروي السالب، وكان ذلك مناسباً للتنوع الطبيعي الموجود في الزوغان الكروي القرني الإيجابي بين الأعراق والمجتمعات، ورغم ذلك لم تتمكن هذه العدسات من تغطية جميع القيم الممكنة للزوغان الكروي الموجودة لدى الأفراد في الحالة الطبيعية، وبقي نطاق تصحيحها محدوداً بعدد من القيم حيث درجة تعويض الزوغان الكروي للقرنية باستعمال العدسات اللاكروية المخصصة للزرع داخل المقلة تختلف باختلاف النوع الذي تنتجه كل شركة [133] [145][146].

وبعدما أظهرت الدراسات السريرية أن وجود مقدار ما من الزوغان الكروي داخل العين يحسن من عمق المجال، وأن تقليل الزوغان الكروي العيني مع أنه يحسن حساسية التباين، فإنه يحد من عمق المجال، ابتكر مصممو العدسات مفهوم "العدسات المخصصة للزرع داخل المقلة الخالية من الزوغان الكروي **Spherical Aberration-Free IOLs**"، ومن أجل تحسين جودة الصورة الشبكية دون المساومة على عمق المجال أو إحداث زوغانات أخرى كانت شركة Bausch & Lomb أول من طور عدسات لاقروية خالية من الزوغان الكروي الموجب أو السالب مثل Akreos AO (model AO60) و Akreos AO Microincision (model MI60) (الشكل 39,40)، فبدلاً من محاولة تصحيح الزوغان الكروي للقرنية، تتجنب تقنية البصريّات المتقدمة المقدمة من Bausch & Lomb لتقليل الزوغانات عالية الرتبة في عيون العدسية الكاذبة إدخال أي زوغان كروي على الإطلاق، حيث يشير اختبار المحاكاة البصرية إلى أنه حتى عند عدم تمركز هذه العدسة بمقدار 1 ملم، فإن هذه العدسة اللاكروية الخالية من الزوغان الكروي تؤدي أداءً بصرياً أفضل من العدسة الكروية التقليدية المخصصة للزرع داخل المقلة والمتمركزة جيداً، وأكد Griffith Altmann ذلك في عام 2005، عندما وجد في دراسة أجراها لمصلحة شركة Bausch & Lomb أن جميع عدسات البصريّات المتقدمة من Bausch & Lomb تتميز بأنها لا تسبب زوغانات أخرى عند عدم التمرکز، ولا تقلل من عمق المجال، ولا تتطلب أي إجراءات زرع خاصة تتجاوز تلك المستعملة فعلاً مع العدسات التقليدية [147].



الشكل (37): الفرق بين العدسات الكروية، والعدسات اللاكروية الخالية من الزوغانات.



الشكل (38): الفرق بين العدسات الكروية، والعدسات اللاكروية ذات الزوغان الكروي السالب أو الخالية من الزوغانات.



الشكل (40): عدسة Akreos AO



الشكل (39): عدسة Akreos MICS

ومن أجل اختيار العدسة المناسبة، لا بد من إجراء تحليل شامل للزوغانات القرنية قبل جراحة الساد حتى يتمكن من استعمال قيمة الزوغان الكروي للقرنية لتحديد نموذج العدسة المزروعة داخل المقلة الذي يوفر أفضل تصحيح، وعدم الاكتفاء بقياس أسوء الانكسار، وتحذب القرنية.

حيث يختار الجراحون اليوم بين مجموعة متنوعة من العدسات اللاكروية المصححة للزوغان الكروي التي توفر تصحيحاً متفاوت القيمة للزوغان الكروي أو الخالية من الزوغان الكروي، ولكن غالباً ما يُتغاضى عن عمق المجال من منظور الجراح مع أنه ذو قيمة كبيرة لمريض العدسية الكاذبة؛ نظراً لأن العدسات المصححة للزوغان الكروي تقلل عمق المجال بحوالي 0.25 كسيرة؛ مقارنةً بعدسة الزرع الكُروية التقليدية، وعلى الرغم من أن 0.25 كسيرة تبدو غير مهمة سريرياً فقد يكون هذا هو الفرق المطلوب لرؤية شيء ما بوضوح أمام مريض العدسية الكاذبة [148][149][150][151][152].

ومع ذلك مازال الزوغان الكروي الهدف بعد جراحة الساد محط جدل لم يحسم حتى الآن:

فقد بين (Piers et al., 2007) أن ذروة حساسية التباين تحدث عندما يكون الزوغان الكروي في العين صفراً [145].

على النقيض من ذلك وجد (Nochez et al., 2011)، (Werner et al., 2009)، في دراستين منفصلتين أن بقاء حوالي 0.1 ميكرون من الزوغان الكروي في العين ربما يساعد على الأداء البصري، ودافعوا عن نتائجهم بالاستناد إلى دراسات سكانية كبيرة أثبتت أنه في العيون الشابة السليمة يوجد ما مقداره 0.2 ميكرون من الزوغان الكروي الإيجابي، وذلك عند قطر حدقة يبلغ 5.7 ملم، ومثل الزوغان الكروي في هذه الدراسات الزوغان الوحيد بين الزوغانات عالية الرتبة الذي لا تأخذ القيمة الوسطية له الصفر [146][153][154].

بينما ذهب كل من (Manzanera & Artal., 2019) أبعد من ذلك حين جادلوا بأن بقاء زوغان كروي بين -0.17 و +0.2 ميكرون أمر يصعب على المريض ملاحظته، وربما هذا يفسر الفرق الضئيل في الأداء البصري لدى زرع العدسات الخالية من الزوغان الكروي عنها لدى زرع العدسات المصححة للزوغان الكروي [155].

كما وجد (Tan et al., 2019) انه مع أنّ الاختيار المنهجي للعدسة المراد زرعها داخل المقلة أظهر انخفاضاً في مستوى الزوغانات العينية بعد الجراحة، كان الأداء البصري لهذه العيون مشابهاً للأداء البصري للعيون التي أُختيرت فيها العدسة المزروعة داخل المقلة عشوائياً [156].

ولم يقتصر الخلاف بين الباحثين على الزوغان الكروي الهدف؛ بل تعداه ليشمل أهمية زرع العدسات المعدلة للزوغان الكروي التي تعاكس الزوغان الكروي الطبيعي الإيجابي للقرنية:

فقد جادل (Altmann et al., 2005)، (Eppig et al., 2009) بأن ميلان أو عدم تمركز العدسة المزروعة داخل المقلة بشكل مثالي، يملك تأثيراً مدمراً على الجودة البصرية فيما لو كانت العدسة المزروعة لأكروية مصححة للزوغان الكروي؛ مقارنة مع العدسة الكروية؛ مع العلم أنه من النادر أن يكون هناك تمركز مثالي للعدسة المزروعة داخل المقلة فمن الممكن أن يتغير تمركز العدسة؛ مع مرور الوقت نتيجة تقلص المحفظة اللاحق حتى في المرضى الذين ليس لديهم ظروف مهيئة [147][157][158].

وجد (Gillner et al., 2012)، في دراسة لاحقة أن المجال الذي يمكن التساهل معه من عدم تمركز العدسة اللاكروية المصححة للزوغان الكروي لا يتعدى 0.3 ملم أو 0.8 ملم في أفضل الحالات، ويعود هذا التفاوت إلى اختلاف تصميم العدسة [159].

لكنهم اتفقوا على أن زرع هذه العدسات الخالية من الزوغان الكروي أو المعدلة له يمثل خياراً أفضل لتعزيز الجودة البصرية لدى المرضى الذين يعانون قيم أعلى من الطبيعي من الزوغان الكروي القرني بسبب جراحة انكسارية سابقة أجريت لعلاج حسر البصر أو عند المصابين بالقرنية المخروطية من العدسات الكروية التي تضيف زوغاناً كروياً إيجابياً إضافياً [147][157][158][159].

وفي ختام الحديث حول هذا الموضوع، لا بد أن نشير إلى أن معرفة قيم الزوغانات عالية الرتبة الناجمة عن القرنية قبل جراحة الساد يُعدّ خطوة أساسية لتحقيق أفضل جودة بصرية بعد الجراحة، ثم أن معرفة التغيرات التي ستضيفها طريقة جراحة الساد المتبعة لا تقل أهمية، ولذلك فإننا في دراستنا هذه نستهدف فهم التغيرات المحتملة في بصريات القرنية التي تحدثها جراحة الساد؛ ما يُعدّ شرطاً أساسياً مهماً لتحقيق الجودة البصرية المثلى من خلال زرع العدسة اللاكروية، حيث إن تدهور الجودة البصرية للقرنية بعد الجراحة من شأنه أن يحدّ من أداء العين مع كون قياس العدسة المزروعة دقيقاً.

الجدول(2): أشهر أنواع العدسات اللاكروية المتوفرة عالمياً والمخصصة للزرع داخل المقلة:

Manufacturer	Product	SA Correction
العدسات اللاكروية ذات الزوغان الكروي السالب:		
Johnson & Johnson Vision (Groningen, The Netherlands)	TECNIS DIB00	-0.27 μm
Alcon Laboratories (Forth Worth, Texas, USA)	AcrySof IQ SN60WF	-0.20 μm
HOYA (Nagoya, Japan)	Vivinex iSert XC1	-0.18 μm
Carl Zeiss Meditec (Berlin, Germany)	CT ASPHINA 509MP	-0.18 μm
Bausch + Lomb (Rochester, New York, USA)	EyeCee One	-0.14 μm
PhysIOL (Liege, Belgium)	MICROPURE 1.2.3	-0.11 μm
Bausch + Lomb (Rochester, New York, USA)	Quatrix Evolutive	-0.10 μm
Afidera GmbH (Berlin, Germany)	Claré	-0.10 μm
Biotech Healthcare Group (Ireland & Ahmedabad, India)	EYECRYL PLUS ASHFY600	-0.10 μm
Kowa Pharmaceuticals (Düsseldorf, Germany)	AvanSee	-0.04 μm
العدسات اللاكروية الخالية من الزوغان الكروي:		
Carl Zeiss Meditec (Berlin, Germany)	CT ASPHINA 409MP	0.00 μm
Bausch + Lomb (Rochester, New York, USA)	Akreos Adapt ADAPTTTP	0.00 μm
	Akreos MICS MI60P	
Afidera GmbH (Berlin, Germany)	Softec HD Bi-aspheric	0.00 μm
	Softec HDY Bi-aspheric	
Biotech Healthcare Group (Ireland & Ahmedabad, India)	EYECRYL PLUS CLEAR HSAS600	0.00 μm
Rayner (United Kingdom)	RayOne Aspheric	0.00 μm
Medicontur Ltd (Zsámbék, Hungary)	Bi-Flex 677AB - 677ABY	0.00 μm

العدسة غير متوفرة في سورية في فترة الدراسة.

العدسة متوفرة في سورية في فترة الدراسة.

انطلاقاً من السابق، وبالنظر إلى أنواع العدسات اللاكروية المتوفرة في سوريا نجد الآتي:

إن عدسة **MICROPURE 1.2.3** من شركة **Physiol** البلجيكية توفر أقرب تصحيح لوسطى الزوغان الكروي القرني الإيجابي الذي وجدناه في المجتمع السوري بين جميع العدسات اللاكروية المتوفرة في سورية، فهي تصحح مقدار 0.11 ميكرون من الزوغان الكروي القرني الإيجابي، كما تجدر الإشارة إلى أن الطريقة التي تعتمد عليها هذه الشركة في تحقيق خاصية اللاكروية جعلت جميع العدسات اللاكروية المخصصة للزرع داخل المقلة التي أنتجتها الشركة حتى الآن توفر مقدار 0.11 ميكرون من الزوغان الكروي السالب.

إن عدسة **RayOne ASPHERIC** من شركة **Rayner** البريطانية تعد عدسة خالية من الزوغان الكروي، كما تجدر الإشارة إلى أن الطريقة التي تعتمد عليها هذه الشركة في تحقيق خاصية اللاكروية جعلت جميع العدسات اللاكروية المخصصة للزرع داخل المقلة التي أنتجتها الشركة حتى مطلع 2021 محايدة، ولا تضيف أي زوغان كروي على بصريات العين.

إن شركة **Biotech** الهندية تتبع طريقتين مختلفتين لتحقيق خاصية اللاكروية، فهي حالياً عدسات خالية من الزوغان الكروي كعدسة **EYECRYL PLUS CLEAR HSAS600**، وعدسات ذات زوغان كروي سالب مقداره 0.10 كعدسة **EYECRYL PLUS ASHFY600**؛ ومع ملاحظة الفارق الكبير في تكلفة العدسات التي تنتجها هذه الشركة عن العدسات الأوروبية التي تحقق الخاصية نفسها؛ فإن عدسات **Biotech** تعد خياراً مناسباً للمرضى الذين يُفضل لديهم استعمال هذا النمط من العدسات، ولم يسمح وضعهم الاقتصادي بذلك بسبب التكلفة المبالغ بها للعدسات الأوروبية.

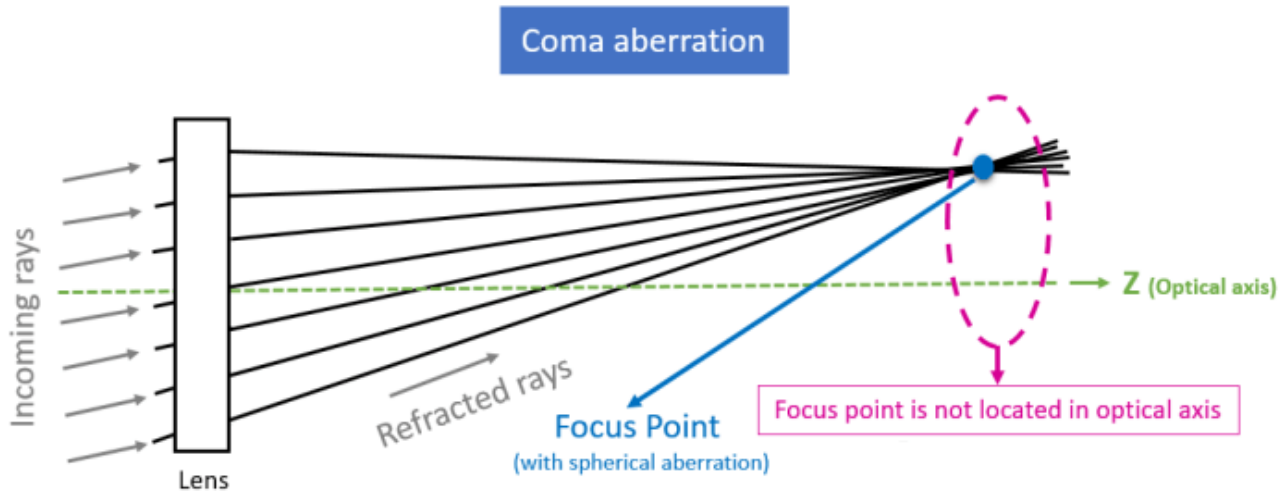
وأخيراً لا بد أن نشير إلى العدسة الجديدة **RayOne EMV** التي انضمت حديثاً إلى سلسلة العدسات من شركة **Rayner** بعد أن أجازت FDA استخدامها في آذار 2021، وكانت أول عدسة لأكروية تضيف زوغاناً كروياً موجباً مضبوطاً بدقة لتحقيق للمريض عمق مجال يصل إلى 1.25 كسيرة.

ثانياً-زوغان الفاصلة :Coma Aberration

1-تعريف زوغان الفاصلة:

يعد زوغان الفاصلة زوغان كروي حقيقي يؤثر في الرؤية المركزية، ويأخذ زوغان الفاصلة الأفقية الرتبة التالية وفق تصنيف زيرنيكه $Z(3,1)$ ؛ بينما يأخذ زوغان الفاصلة العمودية الرتبة التالية وفق تصنيف زيرنيكه $Z(3,-1)$ [160][125][124][55].

يحدث زوغان الفاصلة عندما يتوضع مصدر الأشعة الضوئية خارج المحور البصري، وبذلك يصل الضوء إلى جانب من الحدقة قبل الجانب المقابل؛ مما يؤدي إلى أن هذا الضوء الداخل للعين من الجانب القريب ومن الجانب البعيد للحدقة لا يتركز في نقطة واحدة، وتكون الصورة غير المتماثلة الناتجة لها ذيل أو مذنّب (الشكل 41) [160][125][124][55].



الشكل (41): آلية حدوث زوغان الفاصلة.

2-علاقة زوغان الفاصلة العيني مع التقدم بالعمر:

أظهرت الدراسات التي أجريت حول زوغان الفاصلة أنه يوجد توازن داخلي في هذا الزوغان في العين الطبيعية حيث يتم تعويض زوغان الفاصلة الأفقية الناجم عن القرنية في الغالب بوساطة العدسة البلورية عند الشباب، وهذا التعويض يتناقص مع التقدم بالعمر على نحو غير مفسر حتى الآن، ليزداد مقدار الزوغانات العينية الشبيهة بالفاصلة Coma-Like [130][131].

يمكن تفسير هذا التأثير التعويضي لزوغان الفاصلة بزوايا الورد النموذجية في بصريات العين؛ إذ لأن النقرة تقع عادةً على الجانب الصدغي للمحور البصري؛ ينتج اختلافات زاوية بمقدار يبلغ حوالي 5 درجات (يكون الأكثر شيوعاً في النطاق من 3 درجات إلى 7 درجات) بين المحور البصري (خط الرؤية) وأفضل محور بصري تقريبي للعين، فيزداد زوغان الفاصلة القرني مع زيادة هذه الزاوية [161] [162][163].

3-تصحيح زوغان الفاصلة خلال جراحة الساد:

أجرى كل من **Juan Tabernero** و **Pablo Artal** و **Patricia A Piers** < دراسة في جامعة مورسيا في إسبانيا نُشِرَت بتاريخ 15 شباط 2007 تحت عنوان "Intraocular Lens To Correct Corneal Coma" لتصميم خاص من "العدسات المخصصة للزرع داخل المقلة المصححة لزوغان الفاصلة **Coma Aberration-Optimizing and Correcting IOLs**"، ووفق ما نعمله خلال بحثنا في الأدب الطبي كانت تلك هي الدراسة الأولى التي قدمت تصميم لعدسة مزروعة داخل المقلة تعيد إنتاج السلوك الطبيعي للعدسة البشرية بصورة منهجية؛ لتتغلب على زوغان الفاصلة الناجم عن القرنية [164]. ورغم ذلك لم يدخل حسب علمنا أي تصميم للعدسات المزروعة داخل المقلة يستطيع تحييد زوغان الفاصلة الناجم عن القرنية في مجال الممارسة السريرية العملية حتى الآن.

ربما يكون تصحيح زوغان الفاصلة ب العدسات المزروعة داخل المقلة أقل أهمية من تصحيح الزوغان الكروي بسبب قيمه الوسطية الأقل من الزوغان الكروي، ولكنه يصبح أكثر أهمية عند مرضى القرنية المخروطية.

كشفت الدراسات السابقة التي تم فيها التحقيق فيما إذا كانت الزوغانات العينية أو القرنية المختلفة لها قيم مميزة أم لا لدى مرضى القرنية المخروطية عن ارتباط إحصائي مهم بين الزوغانات القرنية أو العينية والقرنية المخروطية. فقد بين (Jafri et al., 2007) أن زوغان الفاصلة العمودي ربما يقدم معلومات أكثر فائدة من عدم تناظر التحذب بين القسم العلوي والسفلي من القرنية في تميز المراحل الباكرا والمشتبه من القرنية المخروطية عن العيون الطبيعية [116].

فضلاً عن ذلك بين كل من (Gobbe & Guillon., 2005) أن الزوغانات القرنية عالية الرتبة في العيون المصابة بالقرنية المخروطية تملك قيمة أعلى ب 5.5 مرة منها في العيون الطبيعية، ويمثل زوغان الفاصلة العمودي 53% من مختلف أنواع الزوغانات القرنية عالية الرتبة لدى مرضى القرنية المخروطية [117].

درس (Colak et al., 2016) 80 حالة قرنية مخروطية متفاوتة الشدة مقسمة إلى ثلاث مجموعات؛ حسب تصنيف Amsler-Krumeich و 81 شاهداً غير مصاب بالقرنية المخروطية باستعمال جهاز Sirius، وتبين لديه وجود فرقاً مهماً إحصائياً في زوغان الفاصلة الخاص بالسطح الأمامي للقرنية بين المصابين، وغير المصابين بالقرنية المخروطية، وكان هذا الفارق جلياً بدءاً من المراحل الباكرا للإصابة بالقرنية المخروطية، وهذا يتفق مع ما خلصت إليه دراسة قمنا بها نشرت في مجلة جامعة دمشق بعنوان "الزوغانات القرنية عالية الترتيب عند مرضى القرنية المخروطية" التي خلصت إلى أن زوغان الفاصلة الناجم عن السطح الأمامي أو الخلفي للقرنية هو الوحيد بين الزوغانات عالية الرتبة الذي يمكن استخدامه للتنبؤ الباكر بتشخيص القرنية المخروطية [118].

ثالثاً-الزوغان ثلاثي الوريقات Trefoil Aberration :

يطلق على الزوغان ثلاثي الوريقات أيضاً "زوغان اللابؤرية الثالثة" حيث نجد فيه ثلاثة خطوط طول Three Meridians مع ثلاثة منحدرات Three Slopes على كل خط منهما، ونجد في الرتب الأعلى من الرتبة الثالثة أن هذا الزوغان حاوٍ على عدد أكبر من الوريقات؛ تبعاً لزيادة الرتبة [55][124] [125][160].

يؤثر الزوغان ثلاثي الوريقات يؤثر في الرؤية المحيطية أكثر من المركزية، لكنه عموماً أقل تأثير في الجودة البصرية؛ مقارنةً بمقدار مماثل من زوغان الفاصلة، ويأخذ الزوغان ثلاثي الوريقات الأفقي الرتبة التالية؛ وفق تصنيف زيرنيكه $Z(3,3)$ بينما يأخذ الزوغان ثلاثي الوريقات العمودي الرتبة التالية؛ وفق تصنيف زيرنيكه $Z(3,-3)$ [55][124][125][160].

يؤدي الزوغان ثلاثي الوريقات إلى رؤية المنبع الضوئي النقطي على شكل إشارة المرسيدس وينتج بسبب التغير المتناوب والمنظم للقوة الانكسارية بين المحاور في محيط القرنية [55][124][125][160].

رابعاً-زوغان اللابؤرية الثانوية Secondary Astigmatism :Aberration

نجد في زوغان اللابؤرية الثانوية Secondary Astigmatism Aberration خطي طول غير منتظمين بانتظام Two Regular Irregular Meridians مع أربعة منحدرات Four Slopes على كل خط منهما [55].

يؤثر زوغان اللابؤرية الثانوية في الرؤية المحيطية الوسطى وقياسات اللابؤرية، ويأخذ زوغان اللابؤرية الثانوية الأفقي الرتبة التالية؛ وفق تصنيف زيرنيكه $Z(4,2)$ بينما يأخذ زوغان اللابؤرية الثانوية العمودي الرتبة التالية؛ وفق تصنيف زيرنيكه $Z(4,-2)$ [55].

خامساً-الزوغان رباعي الوريقات :Quadrofoil Aberration

نجد في الزوغان رباعي الوريقات Quadrofoil Aberration أربعة خطوط طول غير منتظمين بانتظام Four Regular Irregular Meridians مع أربعة منحدرات Four Slopes على كل خط منهما [55].

يؤثر الزوغان رباعي الوريقات في الرؤية المحيطية الوسطى وقياسات أسواء الانكسار الكروية واللابؤرية، ويأخذ الزوغان رباعي الوريقات الأفقي الرتبة التالية؛ وفق تصنيف زيرنيكه $Z(4,4)$ بينما يأخذ الزوغان رباعي الوريقات العمودي الرتبة التالية؛ وفق تصنيف زيرنيكه $Z(4,-4)$ [55].

سادساً-الزوغانات عالية الرتبة الأخرى Other High Order :Aberrations

بدءاً من الرتبة الخامسة وصاعداً في تحليل الزوغانات؛ وفق هرم زيرنيكه، يقدم كل من الزوغانات المذكورة أعلاه مكونه الثانوي والثالثي....، الذي يختلف عن الزوغان الأولي بناءً على عدد خطوط الطول Meridians وعدد المنحدرات Slopes [55].

ومع ذلك، فإن قيم RMS للزوغانات الرتبة الخامسة وما فوق عادة ما تكون منخفضة، ودور هذه الزوغانات في تدهور الأداء البصري عادةً ما يكون صغيراً، ولكن يمكن أن يصبح مهماً في بعض الحالات الخاصة، مثل التندب غير المنتظم للقرنية، وزرع القرنية [55].

الفصل الثالث

منهجية البحث، وإجراءاته

أولاً-السؤال البحثي:

هل هناك فرق مهمّ إحصائياً في قيم RMS للزوغانات القرنية عالية الرتبة بعد جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي يبلغ 3.2 ملم عنها قبل التداخل الجراحي، وذلك في كل من مجموعة مرضى الحرج الموافق للقاعدة، ومجموعة مرضى الحرج المخالف للقاعدة على حدة؟

ثانياً-الفرضية البحثية:

فرضية العدم: لا يوجد فرق مهمّ في قيم RMS للزوغانات القرنية عالية الرتبة بعد استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي يبلغ 3.2 ملم عنها قبل التداخل الجراحي، وذلك في كل من مجموعة مرضى الحرج الموافق للقاعدة، ومجموعة مرضى الحرج المخالف للقاعدة على حدة.

الفرضية البديلة: يوجد فرق مهمّ في قيم RMS للزوغانات القرنية عالية الرتبة بعد استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي يبلغ 3.2 ملم عنها قبل التداخل الجراحي، وذلك في كل من مجموعة مرضى الحرج الموافق للقاعدة، ومجموعة مرضى الحرج المخالف للقاعدة على حدة.

ثالثاً-مكان الدراسة:

قسم أمراض العين وجراحاتها في مشفى المواساة الجامعيّ بجامعة دمشق.

رابعاً-حجم العينة:

تضمّنت مجموعة الدراسة 76 عيناً من 76 مريضاً مصاباً بالساد المرتبط بالعمر انقسموا من

حيث نوع الحرج القرني لديهم إلى مجموعتين:

- المجموعة الأولى (A): تضمّ (38) مريضاً مصاباً بالساد ممن لديهم حرج قرني موافق للقاعدة.
- المجموعة الثانية (B): تضمّ (38) مريضاً مصاباً بالساد ممن لديهم حرج قرني مخالف للقاعدة.

خامساً-مجموعة الدراسة:

المرضى المقبولون في الشعبة العينية في مشفى الموساة الجامعي بدمشق لإجراء جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية في المدّة الزمنيّة بين أيلول 2020 وكانون الثاني 2022.

سادساً-معايير الاستبعاد:

- الطّول المحوريّ الأماميّ الخلفيّ للمقلة أصغر من 20 ملمتراً أو أكبر من 28 ملمتراً.
- المرضى الذين ضغط العين لديهم يزيد على 22 ملم زئبقي قبل التداخل الجراحي.
- المرضى المصابون بالظفرة أو أي من أشكال حثولات أو تنكسات أو اعتلالات القرنية.
- المرضى الذين يعانون متلازمة العين الجافة.
- المرضى الذين لديهم التهاب فاعل في أي بنية من بنى العين.
- المرضى الذين لديهم قصّة التهاب عنبة سابق.
- المرضى الذين لديهم قصّة رضّ عينيّ سابق.
- المرضى الذين لديهم قصّة جراحة عينية سابقة.
- المرضى الذين خضعوا لعمليات تصحيح بصر بالليزك أو PRK.
- المرضى الذين يرتدون العدسات اللاصقة الطرية أو القاسية.
- الجراحة المترافقة باختلاطات، مثل: حروق القرنية أو تمزّق المحفظة الأماميّة أو الخلفيّة أو تقرّر النطبيقات وخروج الزجاجي في أثناء الجراحة.
- استعمال مبدعات القرنيّة في أثناء الجراحة.
- وضع قطبة لإغلاق الجرح القرني.

سابعاً-معايير التّضمين:

- أن يكون الساد من النمط المرتبط بالعمر.
- حدّة الإبصار المصحّحة عند القبول أقل أو تساوي خمسة من عشرة على لوحة سنيلين.
- أعمار المرضى لا تقلّ عن 47 عاماً.

ثامناً-تصميم الدّراسة:

دراسة تقدّميّة تداخليّة معشاة Randomized Interventional Prospective Study.

تاسعاً-خطة البحث:

- اختيار عشوائي للعينة بما يتناسب مع معايير الاشتمال والاستبعاد من المرضى المقبولين في الشعبة العينية في مشفى المواساة الجامعي بدمشق، والمشخص لديهم ساد، ومقرر أن يُجرى لهم تداخل جراحي لاستحلاب العدسة بالترددات فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم.
- إطلاع المشاركين على البحث، وأخذ موافقة مستنيرة منهم.
- تقييم المرضى قبل العمل الجراحيّ عبر النّقاط الآتية:
- قصّة مرضيّة مفصلة تتضمن (العمر، السّوابق العينيّة المرضيّة والدوائيّة والجراحية، والسوابق الجهازية).
- فحص عيني شامل بوساطة المصباح الشقيّ من نوع Topcon Slit Lamp IS - 600 أو Topcon Slit Lamp SL - 3C يتضمن (الأفجان، وجهاز الدمع، والملتحمة، والقرنية، والحدقة، والغرفة الأمامية، والعدسة).

- قياس خلل الانكسار والقوة الكاسرة للقرنية بواسطة مقياس خلل الانكسار الأوتوماتيكيّ TOPCON KR-8100P.
- حدة الإبصار غير المصححة UCVA والمصححة BCVA باستعمال لوحة سنيلين وتقديرها بالنظام العشري.
- قياس الضّغط داخل المقلة بطريقة التسطّيح Applanation باستعمال جهاز Goldman Tonometry.
- تقييم المعايير الأساسية للوظيفة البطانية القرنية (تعداد خلايا بطانة القرنية، والنسبة المئوية للخلايا البطانية القرنية سداسية الأضلاع، والنسبة المئوية لمعامل اختلاف حجم الخلايا البطانية) باستعمال مجهر Topcon Specular Microscope SP 2000P
- قياس زمن تكسر الطبقة الدمعية Tear Film Break-Up Time؛ باستعمال الضوء الأزرق لمرشحة الكوبالت على المصباح الشقي؛ وفق الخطوات الآتية: وضع شريط الفلوريسئين في الثلث الوحشي للترج الملتحامي السفلي لمدة عشر ثواني، الطلب من المريض الرفيف مرات عدة، الطلب من المريض أن ينظر للأمام، حساب الزمن الفاصل بين نهاية الرفيف، وظهور أول بقعة جافة على سطح القرنية.
- فحص قعر العين بالتنظير غير المباشر باستعمال المصباح الشقيّ مع عدسة Volk 78D.
- تقييم الأقسام الخلفيّة للمقلة بالأمواج فوق الصّوتيّة (B-scan) باستعمال Quantel Medical Cinescan V:2.04 عند عدم امكانية رؤية قعر العين بوضوح بسبب الساد.
- قياس الطّول المحوريّ الأماميّ الخلفيّ للمقلة بالأمواج فوق الصّوتيّة (A-scan) باستعمال Quantel Medical Cinescan V:2.04 لاختيار قوة العدسة المناسبة للزرع.

▪ جراحة استحلاب البلورة بالأمواف فوق الصوتية بجرح قرني علوي 3.2 ملم باستعمال جهاز

استحلاب العدسة من نوع (Opticon Pulsar2minimal Stress) المزود بمضخة تعتمد على

مبدئي Peristaltic و Venturi؛ وفق المراحل الآتية:

- توسيع الحدقة أعظمياً باستعمال القطرات التالية قبل الجراحة:

Tropicamide 1% Ketorolac 0.5% Phenylephrine 10%

- إجراء التخدير الناحي بحقن (Bupivacaine 0.5% + Lidocaine HCL2%) خلف المقلة.

- إجراء شق قرني نفقي على ثلاث مراحل موازٍ للـم عند الساعة 11 بعرض 3.2 ملم بواسطة

مشروط خاص ذي نهاية مثلثية 3.2 mm Slit Blade.

- إجراء شق قرني جانبي Paracentiese عند الساعة 9 والساعة 2 باستعمال مشروط خاص

ذو قياس 15 درجة 15 degree Lance Blade.

- ملء الغرفة الأمامية بالمادة اللزجة المرنة (Sodium Hyaluronate 3%) Viscoelastic

- خزع المحفظة الأمامية بطريقة الخزع الدائري المستمر (CCC) بقطر حوالي 5 ملم باستعمال

إبرة (25 Gauge) معكوفة من نهايتها؛ وبمساعدة الملقط الخاص Capsulorhexis Forceps

وذلك بعد استعمال ملون المحفظة Trypan Blue.

- إجراء التسليخ المائي Hydrodissection حتى التأكد من انفصال القشر كاملاً عن المحفظة

المحيطة به، وذلك بأن تصبح النواة حرة الحركة تماماً ضمن كيس المحفظة.

- إدخال إبرة الفاكو المحاطة بكم الإرواء والموصولة بخطي الإرواء والرشف عبر الجرح الأساسي

لاستحلاب النواة بطريقة Divide and Conquer.

- تنظيف بقايا القشر العالقة بالمحفظة بواسطة تقنية الإرواء والرشف

(Irrigation&Aspiration).

- ملء الغرفة الأمامية بالمادة للزجة وزرع العدسة القابلة للطي ذات القطعة الواحدة

EYECRYL PLUS (Model 600) من نوع Hydrophilic Acrylic Foldable IOL

باستعمال المحقن الخاصّ بها، وذلك في الكيس المحفظي.

- غسيل بقايا المادة للزجة المرنة، وإغلاق الجروح بالتؤزيم دون خياطة، والتأكد من عدم حدوث التسريب عبرها.

▪ وضع المريض بعد الجراحة على الأدوية الآتية:

- Prednisolone Acetonide 1% (PRED FORTE®): قطرة عينية كلّ ساعتين لمدة

أسبوع، ثمّ أربع مرّات يومياً لمدة أسبوع، ثمّ ثلاث مرّات يومياً لمدة أسبوع، ثمّ مرّتين يومياً لمدة أسبوع، ثمّ مرّة واحدة يومياً لأسبوع.

- Levofloxacin 0.5% (LEVOQUIX®): قطرة عينية كلّ ساعتين لمدة أسبوع.

- Ciprofloxacin Tab 750mg (CIPROZ®): مرّتين يومياً لأسبوع.

▪ متابعة المريض بعد شهر وستة أشهر من العمل الجراحي تشمل:

- فحص عيني شامل باستعمال المصباح الشقيّ من نوع Topcon Slit Lamp IS-600 أو

Topcon Slit Lamp SL-3C.

- قياس خلل الانكسار والقوّة الكاسرة للقرنية باستعمال مقياس خلل الانكسار الأوتوماتيكيّ

TOPCON KR-8100P.

- حدة الإبصار غير المصححة UCVA والمصححة BCVA باستعمال لوحة سنيلين وتقديرها

بالنظام العشري.

عاشراً-خطوات العمل:

قياس قيم RMS للزوغانات القرنية عالية الرتبة، وذلك عند قطر حدقة 6 ملم باستعمال جهاز تصوير القرنية الطبوغرافي من نوع SIRIUS CSO S.r.l. 50010 scandicci المتصل بحاسب مزوّد ببرنامج Phoenix V: 2.0.0.60 لمعالجة الصّور الملتقطة وعرض معطياتها رقمياً، وذلك في أسبوع قبل التداخل الجراحي، ثم بعده بشهر وستة أشهر، حيث تُجرى ثلاث صور طبوغرافية في كلّ مراجعة، وتُختار الصّورة الأكثر جودة وتُحلّل معطياتها.

حساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكلّ مرحلة زمنية ضمن كل مجموعة من مجموعتي الدراسة على حدة، ثم تطبيق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test لاستخلاص القيمة المعنوية (P) باستخدام برنامج IBM SPSS Statistics v24؛ وذلك للمقارنة وتبيان وجود فرق مهمّ إحصائياً من عدمه بين المراحل الزمنية المختلفة في كل مجموعة من مجموعتي الدراسة على حدة، حيث تُوضَع فرضيّة العدم Null Hypothesis كالآتي:

- عدم وجود فارق مهمّ إحصائياً بين المجموعتين ($P > 0.05$).
- وجود فارق مهمّ إحصائياً بين المجموعتين ($P < 0.05$).

الفصل الرابع

نتائج البحث، ومناقشته

البحث الأول

عرض نتائج البحث

أولاً-وصف عينة الدراسة:

✓ تم اختيار عينة الدراسة عشوائياً، بما يتناسب مع معايير الاشتمال والاستبعاد من مرضى الساد المقبولين في الشعبة العينية في مشفى المواساة الجامعي بدمشق، والمقرر أن يُجرى لهم تداخل جراحي لاستحلاب العدسة بالترددات فوق الصوتية في زمن إجراء هذا البحث الذي امتد من أيلول 2020 حتى كانون الثاني 2022.

✓ تم تقسيم عينة الدراسة إلى مجموعتين A و B:

- المجموعة A: تضم مرضى الساد ذوي الحرج القرني الموافق للقاعدة.
- المجموعة B: تضم مرضى الساد ذوي الحرج القرني المخالف للقاعدة.

1-حجم العينة:

تضمّنت عينة الدراسة 76 عيناً من 76 مريضاً مصاباً بالساد المرتبط بالعمر، انقسموا من حيث نوع الحرج القرني لديهم إلى مجموعتين:

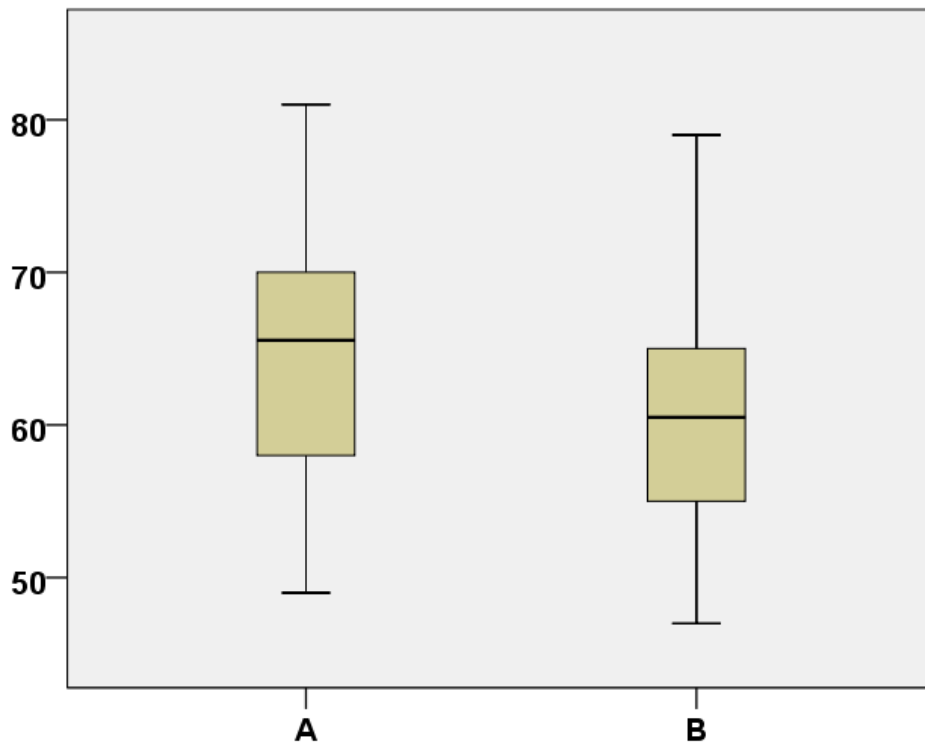
- المجموعة A: 38 عيناً في 38 مريضاً من مرضى الساد ذوي الحرج القرني الموافق للقاعدة.
- المجموعة B: 38 عيناً في 38 مريضاً من مرضى الساد ذوي الحرج القرني المخالف للقاعدة.

2- عينة الدراسة من حيث العمر:

• **المجموعة A:** تراوحت أعمار المرضى بين 49 و 81 عاماً، وبلغ المتوسط الحسابي 65.1 سنة، والانحراف المعياري $9.0 \pm$ سنوات.

• **المجموعة B:** تراوحت أعمار المرضى بين 47 و 79 عاماً، وبلغ المتوسط الحسابي 61.1 سنة، والانحراف المعياري $8.1 \pm$ سنوات.

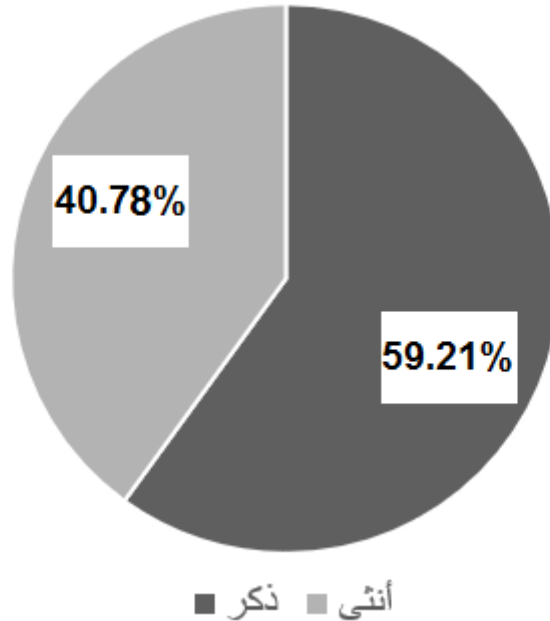
■ ولأن المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلتان، نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.52)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المجموعتين من حيث العمر.



الشكل (42): مقارنة بين مجموعتي الدراسة من حيث أعمار المرضى المشاركين فيها.

3- عينة الدراسة من حيث الجنس:

- بلغت عينة الدراسة 76 مريضاً، منهم 45 ذكراً؛ بنسبة 59.21%، و 31 أنثى؛ بنسبة 40.78%.



الشكل (43): توزع عينة الدراسة من حيث الجنس.

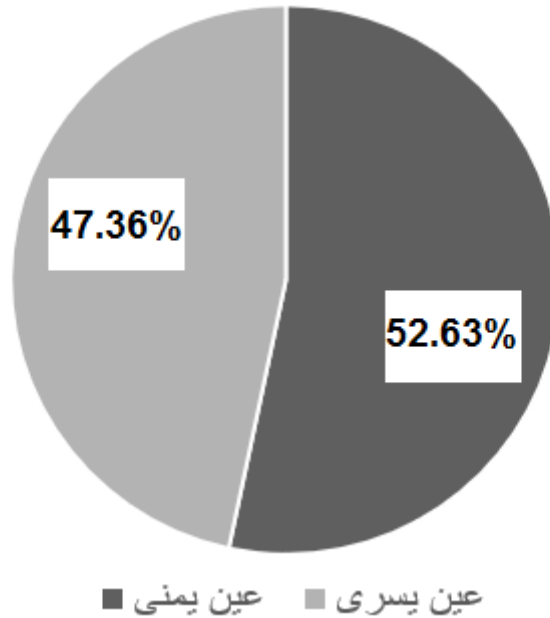
- المجموعة A: تضمنت 19 مريضاً ذكراً؛ بنسبة 50% و 19 مريضة أنثى؛ بنسبة 50%.
- المجموعة B: تضمنت 26 مريضاً ذكراً؛ بنسبة 68.42% و 12 مريضة أنثى؛ بنسبة 31.57%.

■ ولأن المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلتان، نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.115)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المجموعتين من حيث الجنس.

4- عينة الدراسة من حيث جهة العين:

• بلغت عينة الدراسة 76 عيناً، منها 40 عيناً يمينى؛ بنسبة 52.63%، و 36 عيناً يسرى؛ بنسبة

47.36%.

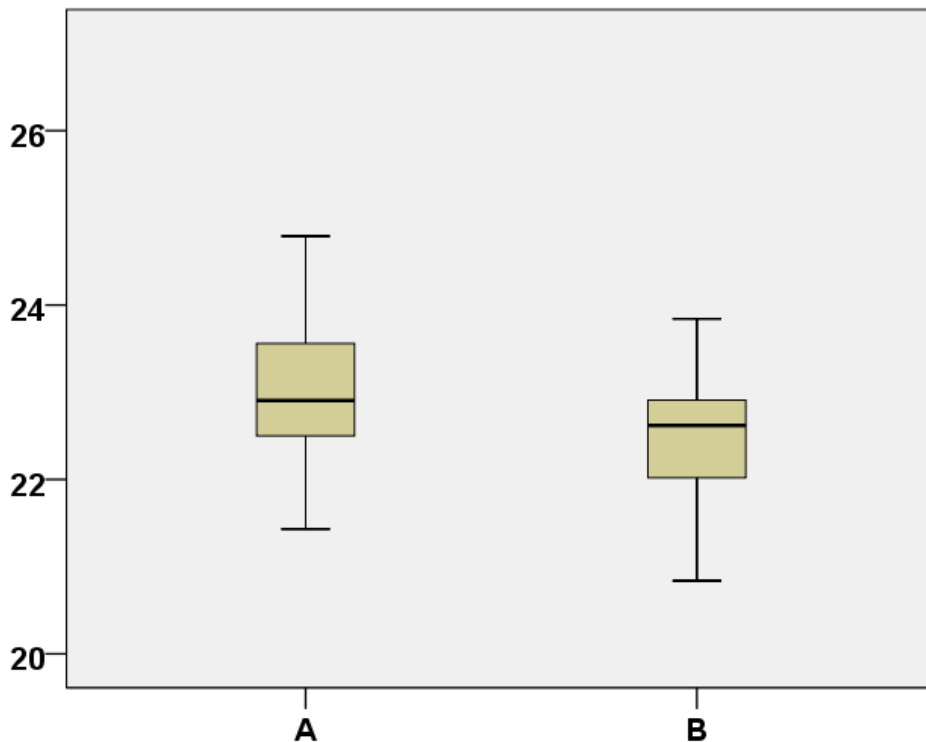


الشكل (44): توزع عينة الدراسة من حيث جهة العين.

- المجموعة A: تضمنت 22 عيناً يمينى؛ بنسبة 57.89% و 16 عيناً يسرى؛ بنسبة 42.1%.
- المجموعة B: تضمنت 18 عيناً يمينى؛ بنسبة 47.36% و 20 عيناً يسرى؛ بنسبة 52.63%.
- ولأن المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلتان، نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.311)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المجموعتين من حيث جهة العين.

5- عينة الدراسة من حيث الطول الأمامي الخلفي للعين:

- المجموعة A : تراوح الطول الأمامي الخلفي للعين بين 21.43 و 26.80 ملم. وبلغ المتوسط الحسابي 23.15 ملم، والانحراف المعياري $1.13 \pm$ ملم.
- المجموعة B: تراوح الطول الأمامي الخلفي للعين بين 20.84 و 23.84 ملم. وبلغ المتوسط الحسابي 22.47 ملم، والانحراف المعياري $0.64 \pm$ ملم.
- ولأن المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلتان، نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائي من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.002)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائي بين المجموعتين من حيث الطول الأمامي الخلفي للعين.



الشكل (45): مقارنة بين مجموعتي الدراسة من حيث الطول الأمامي الخلفي لأعين المرضى المشاركين فيها.

ثانياً-تبدّل قيم RMS لزوغانات الرتبة الثالثة في فترة المتابعة:

سيُدرس في هذا القسم زوغانات الرتبة الثالثة (الفاصلة، وثلاثي الوريقات)؛ حسب تصنيف زيرنيكه؛

وفق الآتي:

• مقارنة قيم RMS لكل زوجان على حدة بين مجموعتي الدراسة (A) و(B):

✓ ستُعرض الإحصائيات الوصفية للمجموعتين من حيث المتوسط الحسابي والانحراف المعياري

لكل مرحلة من مراحل متابعة المرضى قبل الجراحة، وبعدها بشهر وستة أشهر.

✓ ومع ملاحظة أنّ كلّ مجموعة من المجموعتين تحتوي على 38 عنصراً، وأنّ المجموعتين

مستقلتان وصغيرتان، سيُطبّق الاختبار الإحصائي المناسب، وهو اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة

Independent Samples Student's T-test؛ لاستخلاص القيمة المعنوية P؛ ومقارنتها مع الدالة

الاحتمالية ألفا التي تساوي (0.05)؛ لتحديد فيما إذا كان هناك فارق مهم إحصائياً بين المجموعتين قبل

الجراحة من حيث كل زوجان على حدة.

• مقارنة قيم RMS لكل زوجان على حدة في المجموعة نفسها بين مرحلة قبل الجراحة،

وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

✓ سيُطبّق الاختبار الإحصائي المناسب، للمقارنة بين مرضى المجموعة نفسها قبل مدّة زمنية

معينة من العمل الجراحي وبعدها، وهو اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples

Student's T-test؛ لاستخلاص القيمة المعنوية P، ومقارنتها مع الدالة الاحتمالية ألفا التي تساوي

(0.05)، لتحديد فيما إذا كان هناك فارق مهم إحصائياً بين مرضى المجموعة نفسها قبل مدّة زمنية

معينة من العمل الجراحي وبعدها من حيث كل زوجان على حدة.

1-زوغان الفاصلة:

بلغ المتوسط الحسابي لقيم RMS الخاصة بزوغان الفاصلة الناجمة عن القرنية في عينة الدراسة كاملةً 0.39 ميكرون، مع انحراف معياري ± 0.24 ميكرون.

أ- مقارنة قيم RMS لزوغان الفاصلة بين مجموعتي الدراسة (A) و(B):

قبل الجراحة:

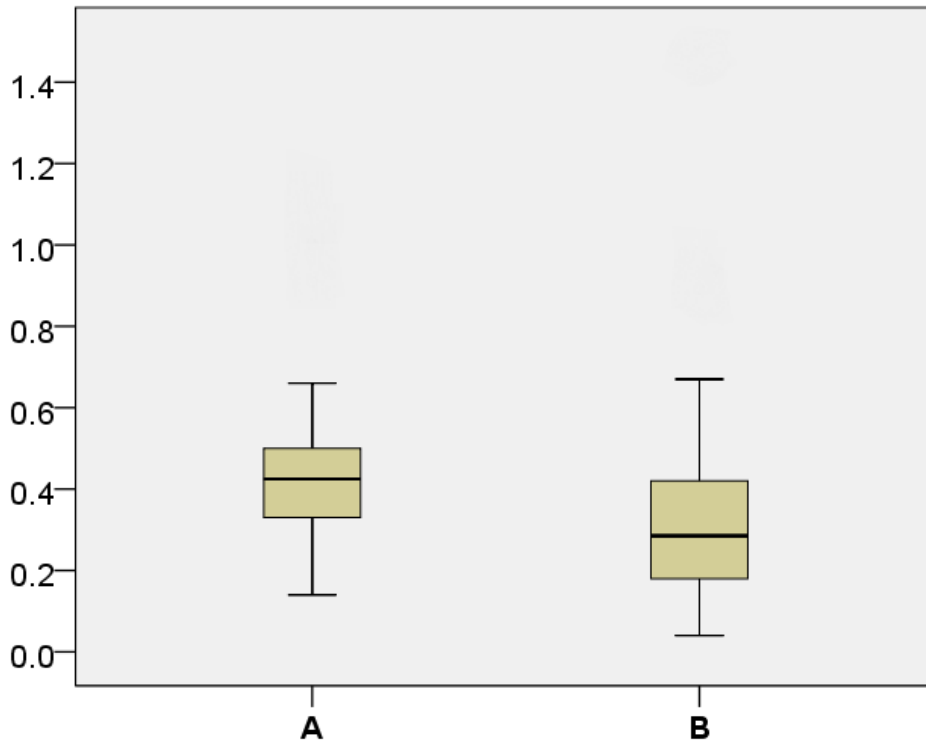
• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS لزوغان الفاصلة بين 0.14 و 1.09 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.44 ميكرون، والانحراف المعياري ± 0.22 ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS لزوغان الفاصلة بين 0.04 و 1.48 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.35 ميكرون، والانحراف المعياري ± 0.26 ميكرون.

■ ولأن المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلتان، نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فرق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.103)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فرق مهم إحصائياً بين المجموعتين قبل العمل الجراحي من حيث زوغان الفاصلة.



الشكل (46): مقارنة قيم RMS لزوغان الفاصلة قبل الجراحة بين مجموعتي الدراسة.

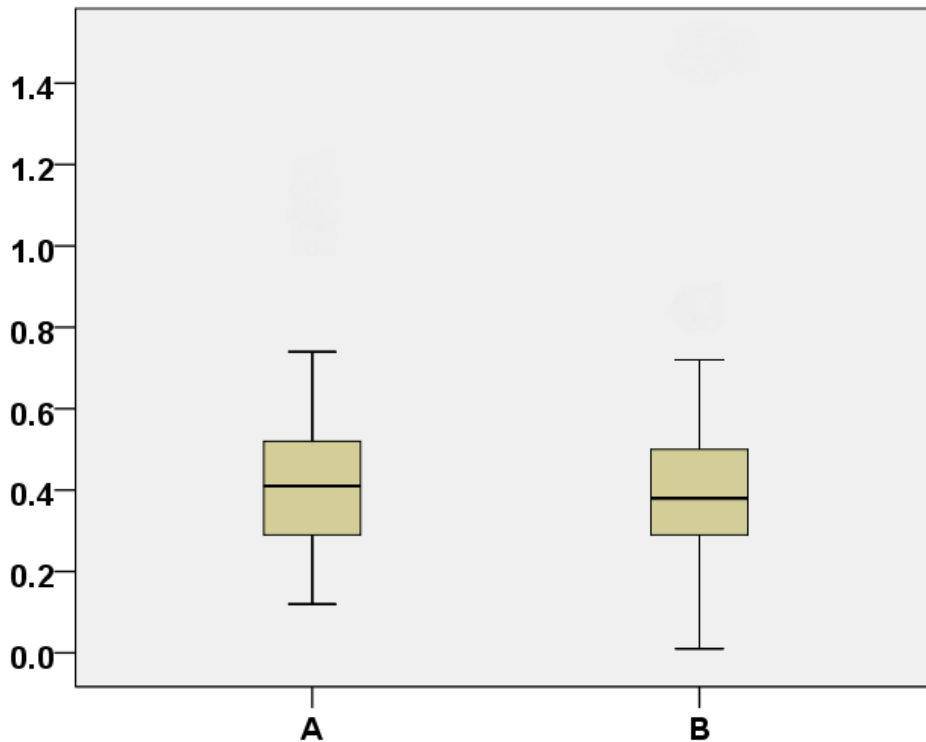
بعد الجراحة بشهر:

• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS لزوغان الفاصلة بين 0.12 و 1.15 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.46 ميكرون، والانحراف المعياري $0.24 \pm$ ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS لزوغان الفاصلة بين 0.01 و 1.50 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.41 ميكرون، والانحراف المعياري $0.26 \pm$ ميكرون.



الشكل (47): مقارنة قيم RMS لزوغان الفاصلة بعد الجراحة بشهر بين مجموعتي الدراسة.

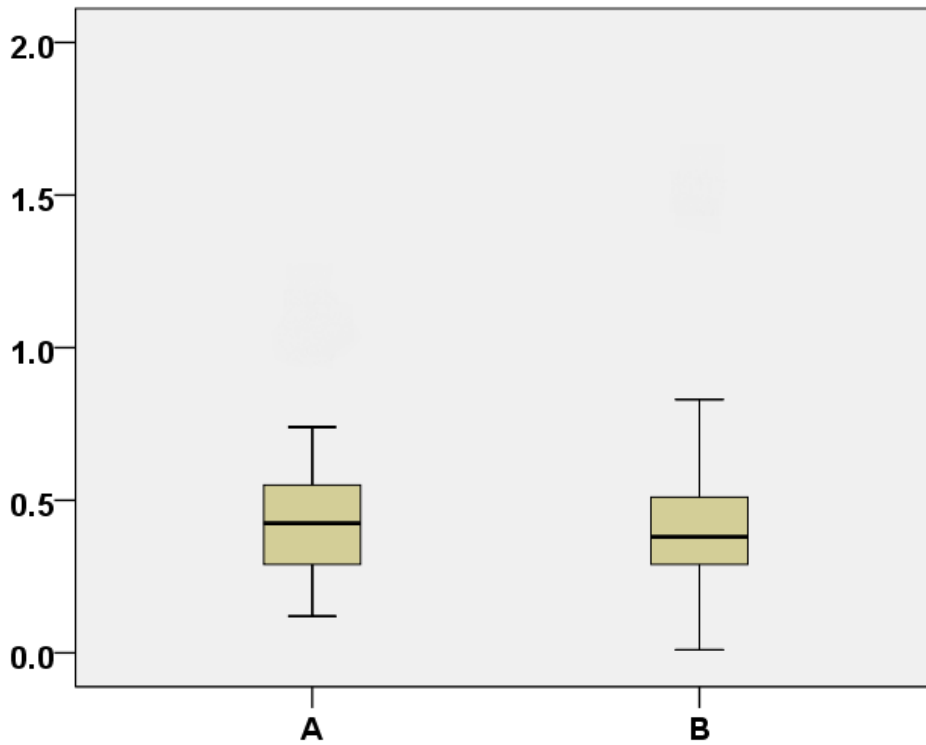
بعد الجراحة بستة أشهر:

• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS لزوغان الفاصلة بين 0.12 و 1.16 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.46 ميكرون، والانحراف المعياري $0.24 \pm$ ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS لزوغان الفاصلة بين 0.01 و 1.55 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.43 ميكرون، والانحراف المعياري $0.26 \pm$ ميكرون.



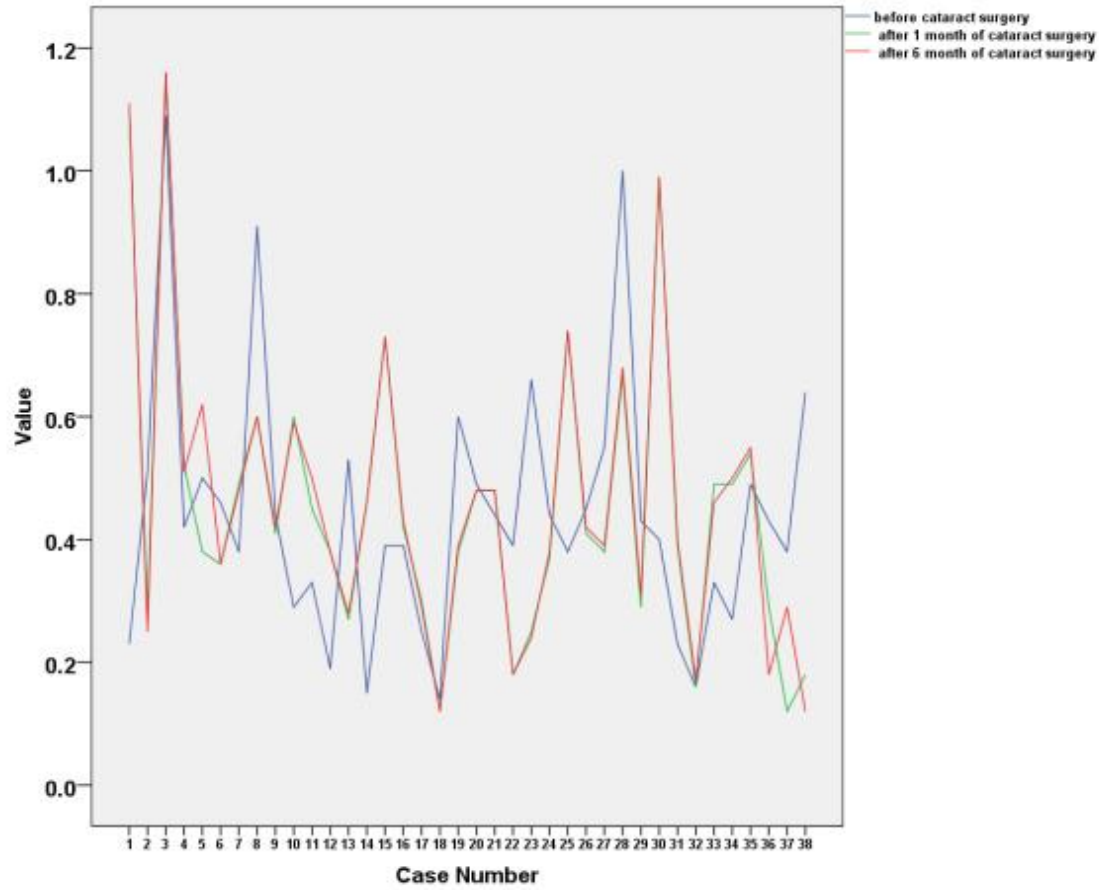
الشكل (48): مقارنة قيم RMS لزوغان الفاصلة بعد الجراحة بستة أشهر بين مجموعتي الدراسة.

ب-مقارنة قيم RMS لزوغان الفاصلة في المجموعة نفسها بين مرحلة قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

في المجموعة A:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بزوغان الفاصلة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.747)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث زوغان الفاصلة في المجموعة A.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بزوغان الفاصلة بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.603)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث زوغان الفاصلة في المجموعة A.

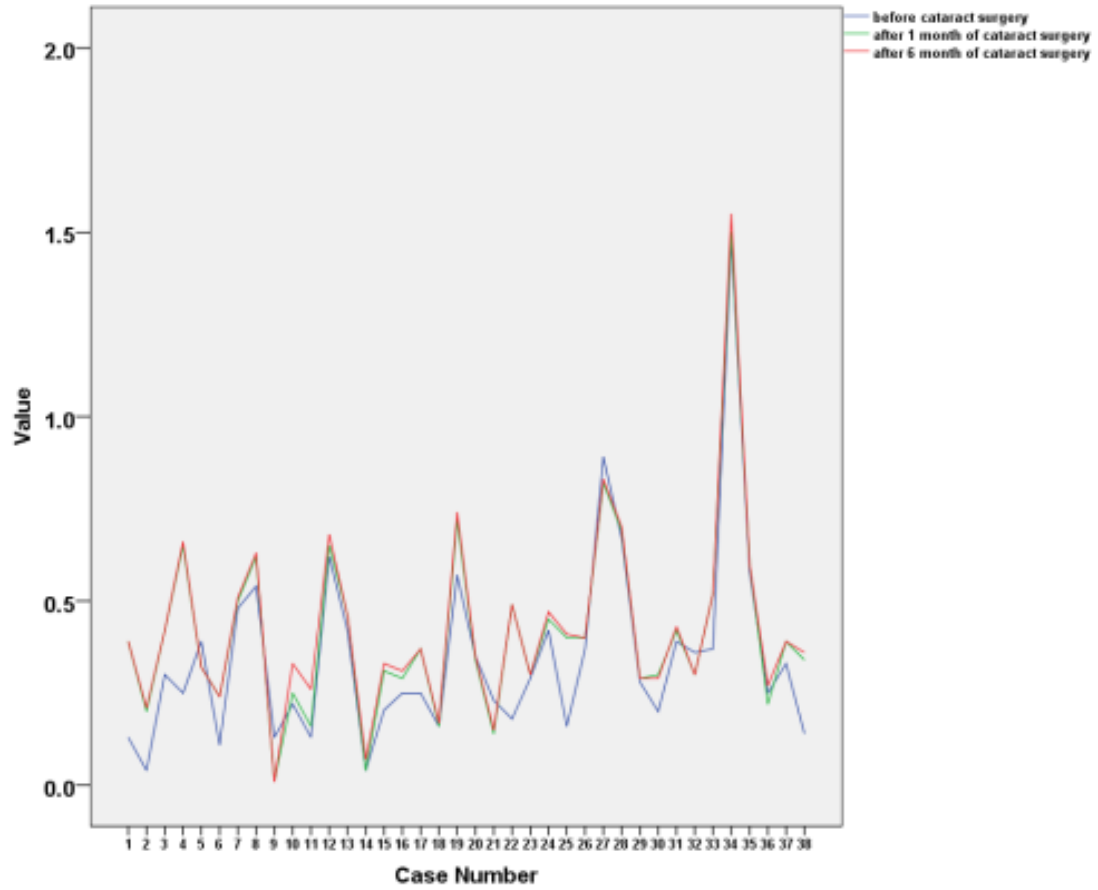


الشكل(49):مقارنة قيم RMS لزوجان الفاصلة عند مرضى المجموعة A بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.

في المجموعة B:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بزوغان الفاصلة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.001)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث زوغان الفاصلة في المجموعة B.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بزوغان الفاصلة بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.000)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث زوغان الفاصلة في المجموعة B.



الشكل (50): مقارنة قيم RMS لزوغان الفاصلة عند مرضى المجموعة B بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.

2-الزوغان ثلاثي الوريقات:

بلغ المتوسط الحسابي لقيم RMS الخاصة بالزوغان ثلاثي الوريقات الناجمة عن القرنية في عينة الدراسة كاملةً 0.42 ميكرون، مع انحراف معياري ± 0.23 ميكرون.

أ- مقارنة قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات بين مجموعتي الدراسة (A) و (B):

قبل الجراحة:

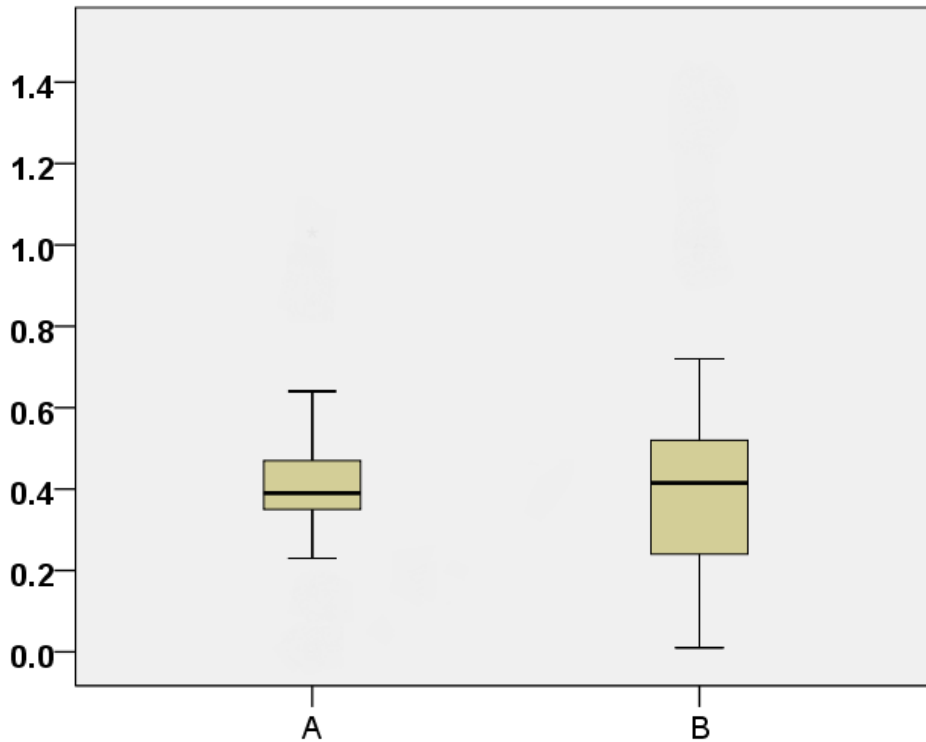
• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات بين 0.01 و 1.03 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.41 ميكرون والانحراف المعياري ± 0.18 ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات بين 0.01 و 1.41 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.42 ميكرون، والانحراف المعياري ± 0.27 ميكرون.

■ ولأن المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلتان، نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فرق هام إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.861)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فرق هام إحصائياً بين المجموعتين من حيث الزوغان ثلاثي الوريقات.



الشكل (51): مقارنة قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات قبل الجراحة بين مجموعتي الدراسة.

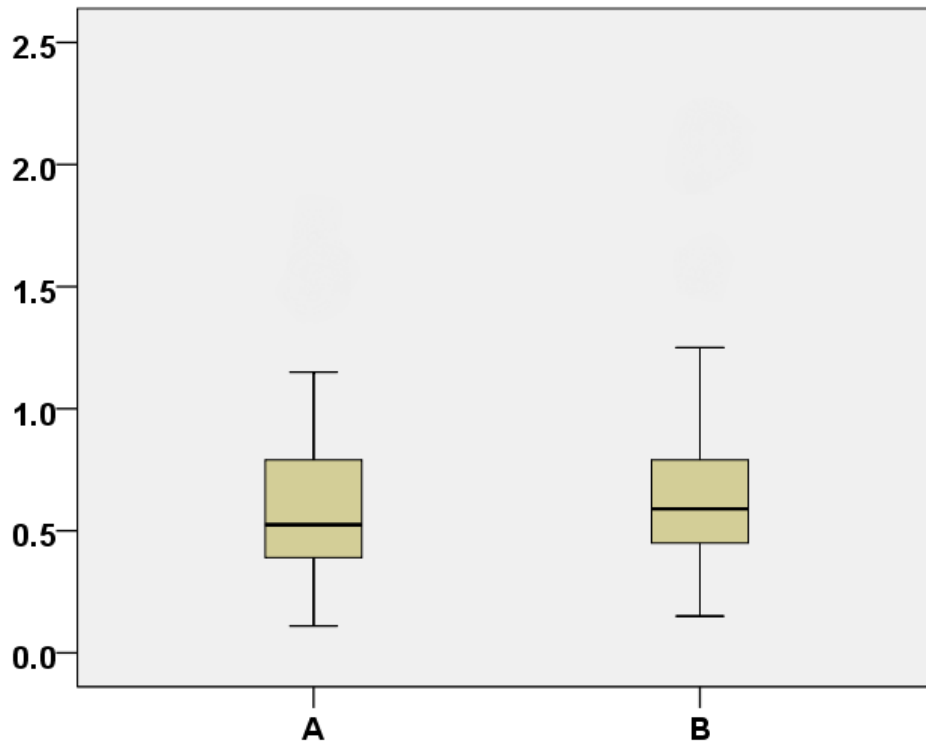
بعد الجراحة بشهر:

• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات بين 0.11 و 1.70 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.61 ميكرون، والانحراف المعياري ± 0.35 ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات بين 0.15 و 2.16 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.66 ميكرون، والانحراف المعياري ± 0.39 ميكرون.



الشكل (52): مقارنة قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات بعد الجراحة بشهر بين مجموعتي الدراسة.

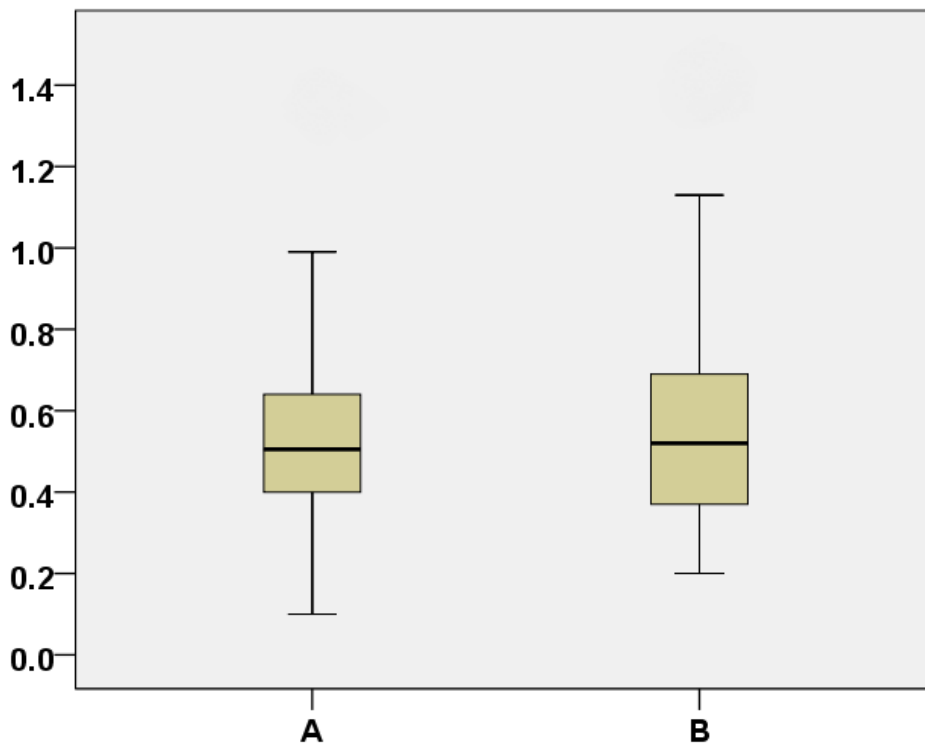
بعد الجراحة بستة أشهر:

• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات بين 0.10 و 1.38 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.54 ميكرون، والانحراف المعياري ± 0.26 ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات بين 0.20 و 1.46 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.57 ميكرون، والانحراف المعياري ± 0.31 ميكرون.



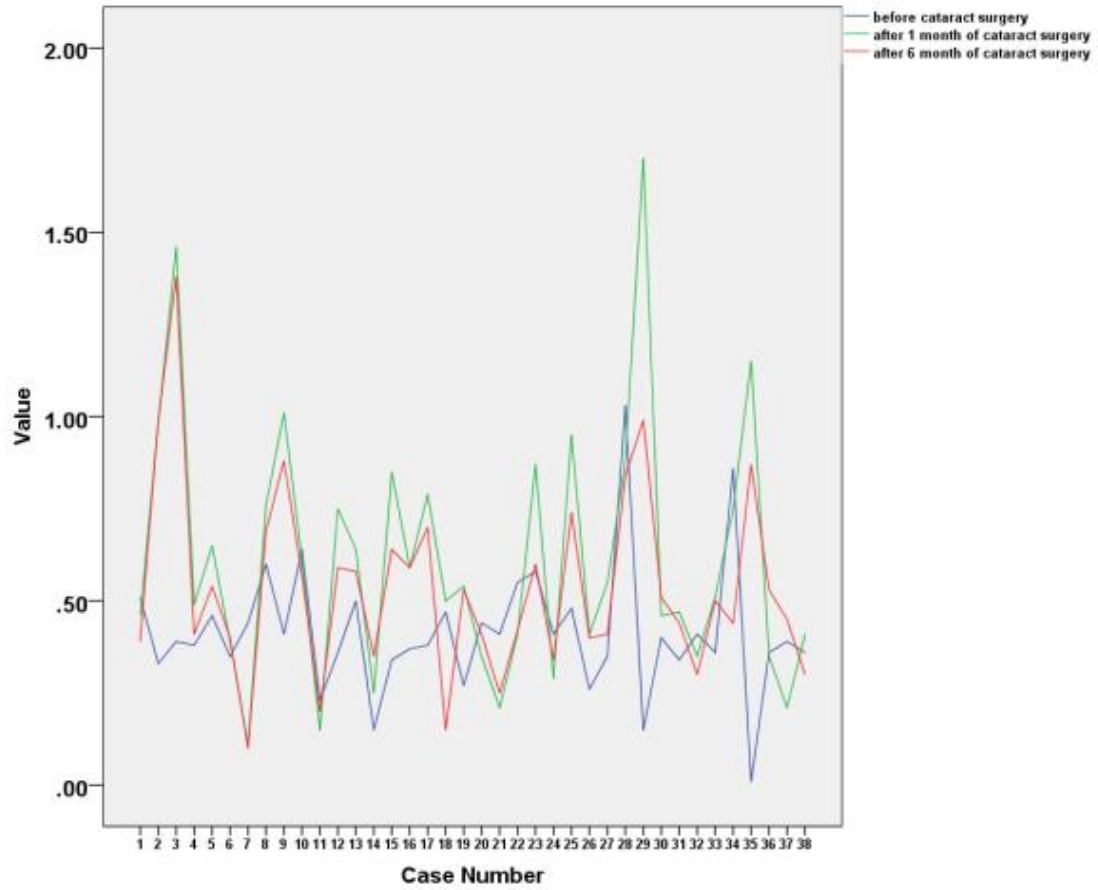
الشكل (53): مقارنة قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات بعد الجراحة بستة أشهر بين مجموعتي الدراسة.

ب- مقارنة قيم RMS للزوجان ثلاثي الوريقات في المجموعة نفسها بين مرحلة قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

في المجموعة A:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بالزوجان ثلاثي الوريقات بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.003)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث الزوجان ثلاثي الوريقات في المجموعة A.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بالزوجان ثلاثي الوريقات بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.020)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث الزوجان ثلاثي الوريقات في المجموعة A.

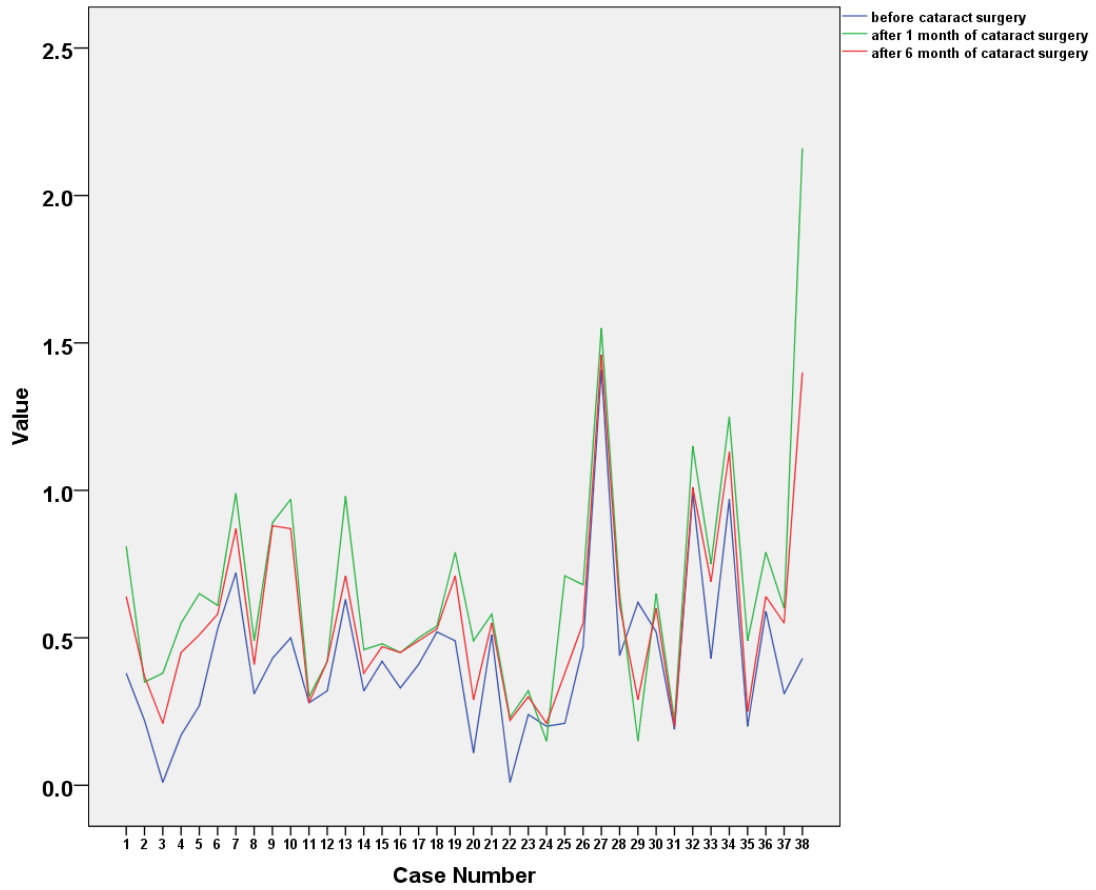


الشكل (54): مقارنة قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات عند مرضى المجموعة A بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.

في المجموعة B:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بالزوغان ثلاثي الوريقات بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.000)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث الزوغان ثلاثي الوريقات في المجموعة B.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بالزوغان ثلاثي الوريقات بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.000)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث الزوغان ثلاثي الوريقات في المجموعة B.



الشكل (55): مقارنة قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات عند مرضى المجموعة B بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.

ثالثاً-تبدّل قيم RMS لزوغانات الرتبة الرابعة في فترة المتابعة:

سيُدرس في هذا القسم زوغانات الرتبة الرابعة (الكروي، ورباعي الوريقات، والحرّج الثانوي)؛ حسب تصنيف زيرنيكه؛ وفق الآتي:

• مقارنة قيم RMS لكل زوجان على حدة بين مجموعتي الدراسة (A) و(B):

✓ ستُعرض الإحصائيات الوصفية للمجموعتين من حيث المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل مرحلة من مراحل متابعة المرضى قبل الجراحة، وبعدها بشهر وستة أشهر.

✓ ومع ملاحظة أنّ كلّ مجموعة من المجموعتين تحتوي على 38 عنصراً، وأنّ المجموعتين مستقلتان وصغيرتان، سيُطبّق الاختبار الإحصائي المناسب، وهو اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test؛ لاستخلاص القيمة المعنوية P؛ ومقارنتها مع الدالة الاحتمالية ألفا التي تساوي (0.05)؛ لتحديد فيما إذا كان هناك فارق مهم إحصائياً بين المجموعتين قبل الجراحة من حيث كل زوجان على حدة.

• مقارنة قيم RMS لكل زوجان على حدة في المجموعة نفسها بين مرحلة قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

✓ سيُطبّق الاختبار الإحصائي المناسب، للمقارنة بين مرضى المجموعة نفسها قبل مدّة زمنية معينة من العمل الجراحي وبعدها، وهو اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ لاستخلاص القيمة المعنوية P، ومقارنتها مع الدالة الاحتمالية ألفا التي تساوي (0.05)، لتحديد فيما إذا كان هناك فارق مهم إحصائياً بين مرضى المجموعة نفسها قبل مدّة زمنية معينة من العمل الجراحي وبعدها من حيث كل زوجان على حدة.

1- الزوغان الكروي:

بلغ المتوسط الحسابي لقيم RMS الخاصة بالزوغان الكروي الناجمة عن القرنية في عينة الدراسة كاملةً 0.29 ميكرون، مع انحراف معياري ± 0.10 ميكرون.

أ- مقارنة قيم RMS للزوغان الكروي بين مجموعتي الدراسة (A) و (B):

قبل الجراحة:

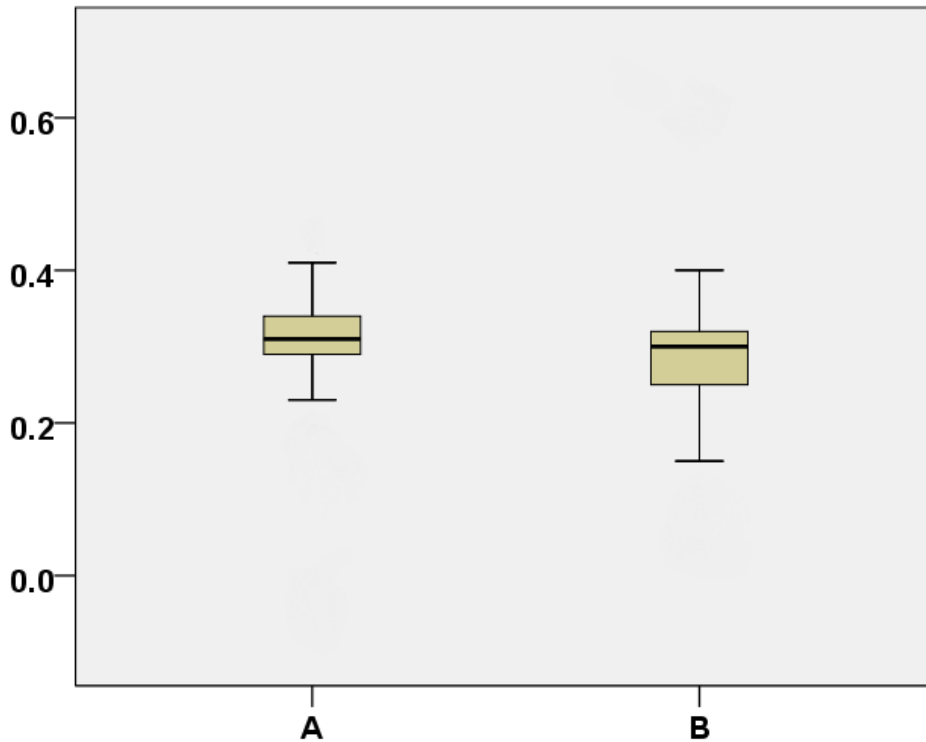
• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS للزوغان الكروي بين -0.06 و 0.42 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.30 ميكرون، والانحراف المعياري ± 0.09 ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS للزوغان الكروي بين -0.04 و 0.61 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.28 ميكرون، والانحراف المعياري ± 0.11 ميكرون.

■ ولأن المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلتان، نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فرق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.345)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فرق مهم إحصائياً بين المجموعتين من حيث الزوغان الكروي.



الشكل (56): مقارنة قيم RMS للزوغان الكروي قبل الجراحة بين مجموعتي الدراسة.

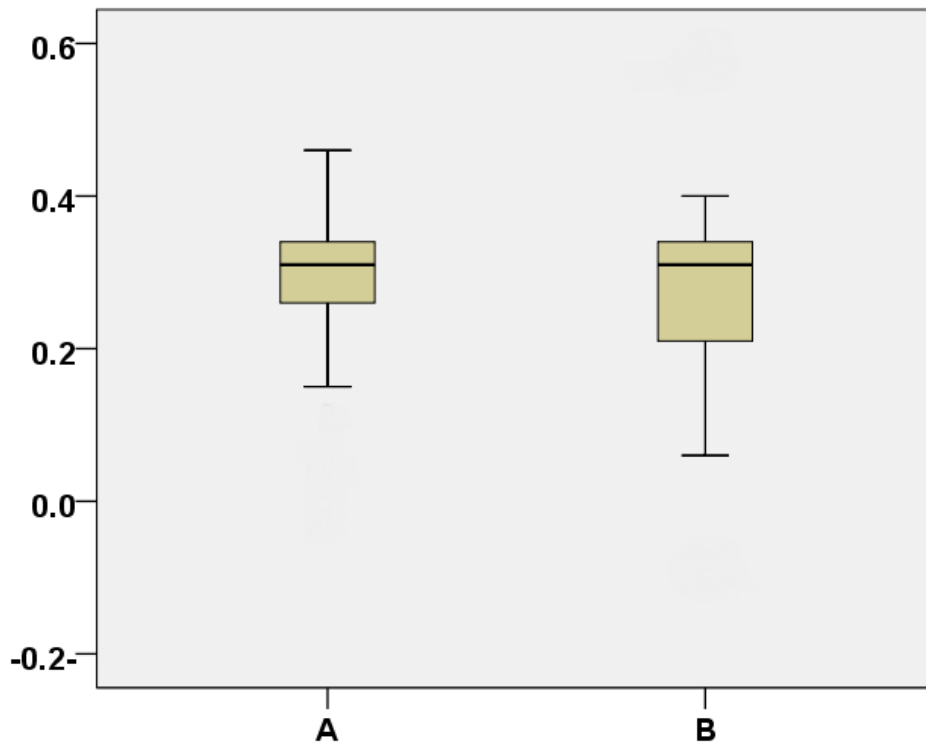
بعد الجراحة بشهر:

• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS للزوغان الكروي بين 0.00 و 0.46 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.30 ميكرون والانحراف المعياري $0.09 \pm$ ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS للزوغان الكروي بين -0.11 و 0.59 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.27 ميكرون والانحراف المعياري $0.13 \pm$ ميكرون.



الشكل (57): مقارنة قيم RMS للزوغان الكروي بعد الجراحة بشهر بين مجموعتي الدراسة.

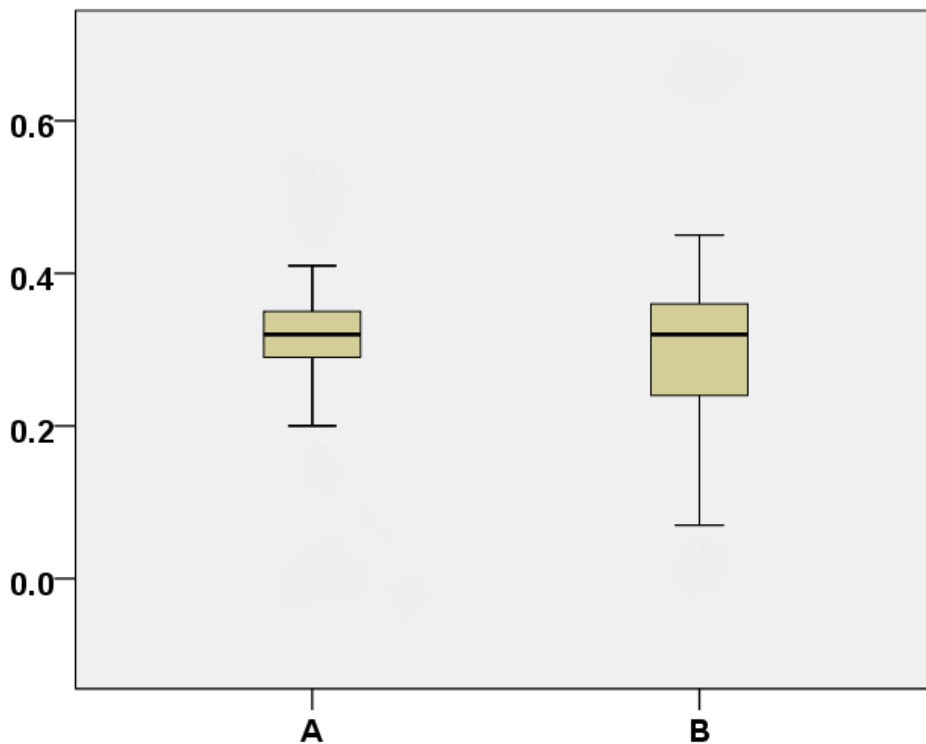
بعد الجراحة بستة أشهر:

• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS للزوغان الكروي بين -0.01 و 0.53 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.31 ميكرون والانحراف المعياري $0.09 \pm$ ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS للزوغان الكروي بين 0.04 و 0.67 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.30 ميكرون، والانحراف المعياري $0.11 \pm$ ميكرون.



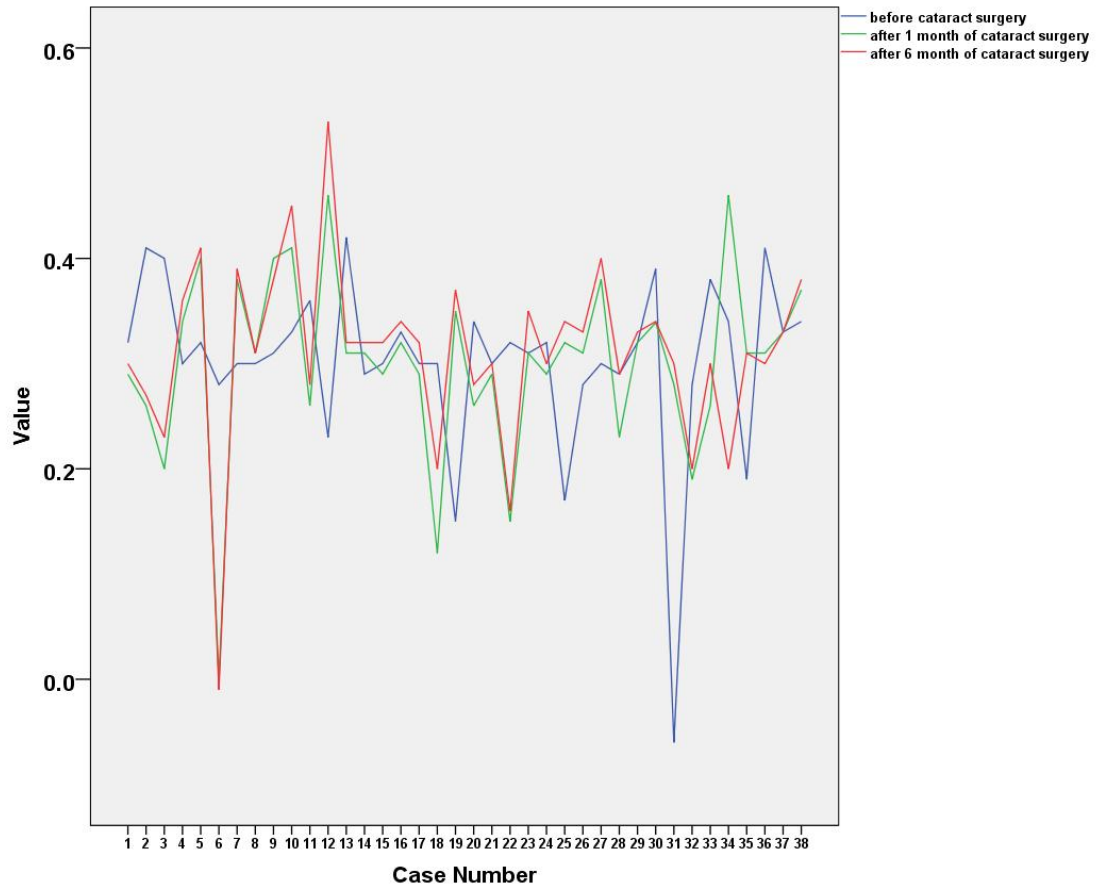
الشكل (58): مقارنة قيم RMS للزوغان الكروي بعد الجراحة بستة أشهر بين مجموعتي الدراسة.

ب-مقارنة قيم RMS للزوجان الكروي في المجموعة نفسها بين مرحلة قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

في المجموعة A:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بالزوجان الكروي بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.906)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث الزوجان الكروي في المجموعة A.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بالزوجان الكروي بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.677)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث الزوجان الكروي في المجموعة A.

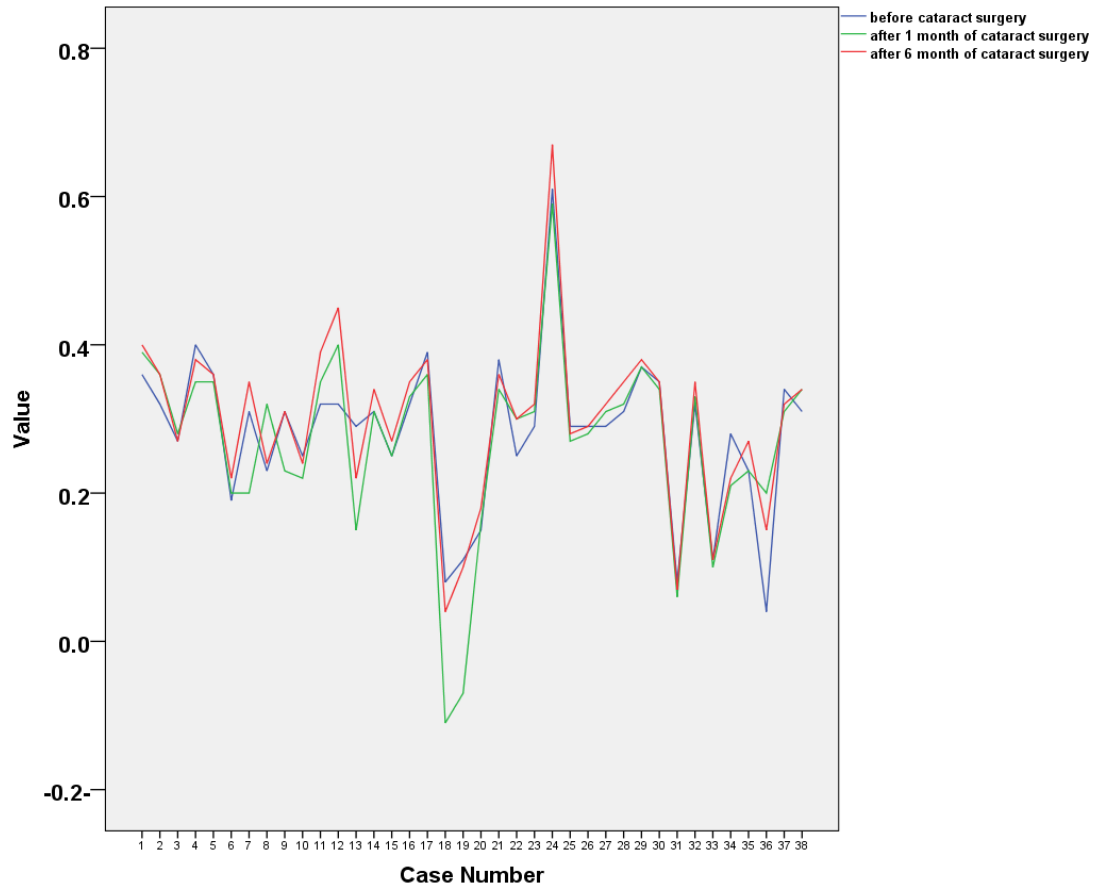


الشكل (59): مقارنة قيم RMS للزوغان الكروي عند مرضى المجموعة A بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.

في المجموعة B:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بالزوغان الكروي بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.289)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث الزوغان الكروي في المجموعة B.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بالزوغان الكروي بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.015)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث الزوغان الكروي في المجموعة B.



الشكل(60):مقارنة قيم RMS للزوغان الكروي عند مرضى المجموعة B بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.

2- الزوغان رباعي الوريقات:

بلغ المتوسط الحسابي لقيم RMS الخاصة بالزوغان رباعي الوريقات الناجمة عن القرنية في عينة الدراسة كاملةً 0.12 ميكرون، مع انحراف معياري ± 0.10 ميكرون.

أ-مقارنة قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات بين مجموعتي الدراسة (A) و (B):

قبل الجراحة:

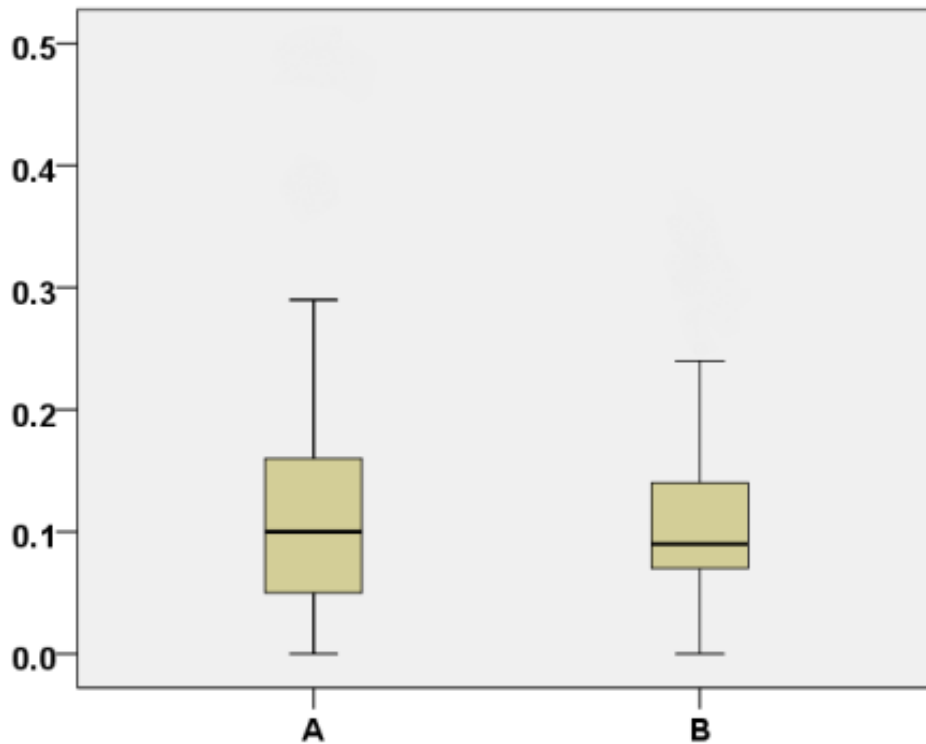
• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات بين 0.00 و 0.49 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.13 ميكرون والانحراف المعياري ± 0.11 ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات بين 0.00 و 0.34 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.12 ميكرون والانحراف المعياري ± 0.09 ميكرون.

■ ولأن المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلتان، نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.731)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المجموعتين من حيث الزوجان رباعي الوريقات.



الشكل(61):مقارنة قيم RMS للزوجان رباعي الوريقات قبل الجراحة بين مجموعتي الدراسة.

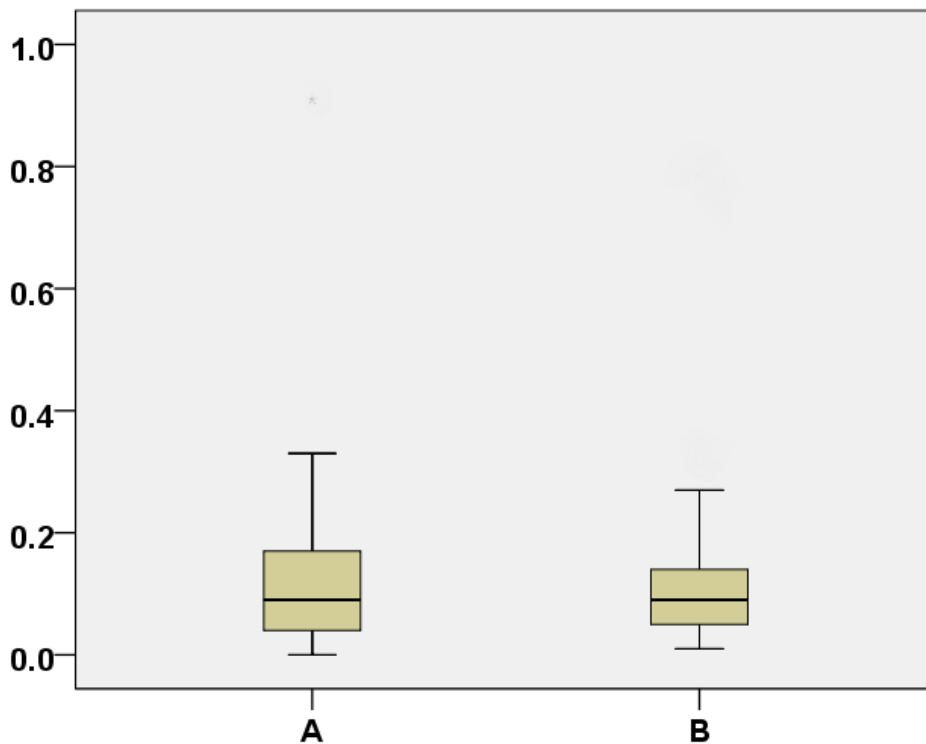
بعد الجراحة بشهر:

• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات بين 0.00 و 0.91 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.13 ميكرون والانحراف المعياري $0.16 \pm$ ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات بين 0.01 و 0.79 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.13 ميكرون، والانحراف المعياري $0.14 \pm$ ميكرون.



الشكل (62): مقارنة قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات بعد الجراحة بشهر بين مجموعتي الدراسة.

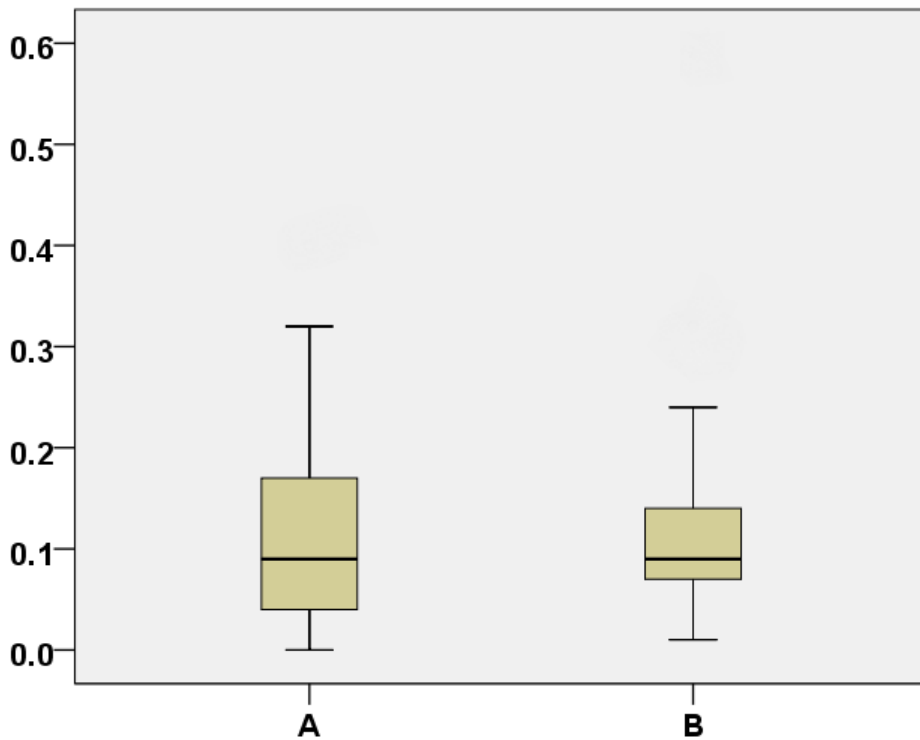
بعد الجراحة بستة أشهر:

• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS للزوجان رباعي الوريقات بين 0.00 و 0.40 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.12 ميكرون والانحراف المعياري ± 0.10 ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS للزوجان رباعي الوريقات بين 0.01 و 0.59 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.13 ميكرون والانحراف المعياري ± 0.11 ميكرون.



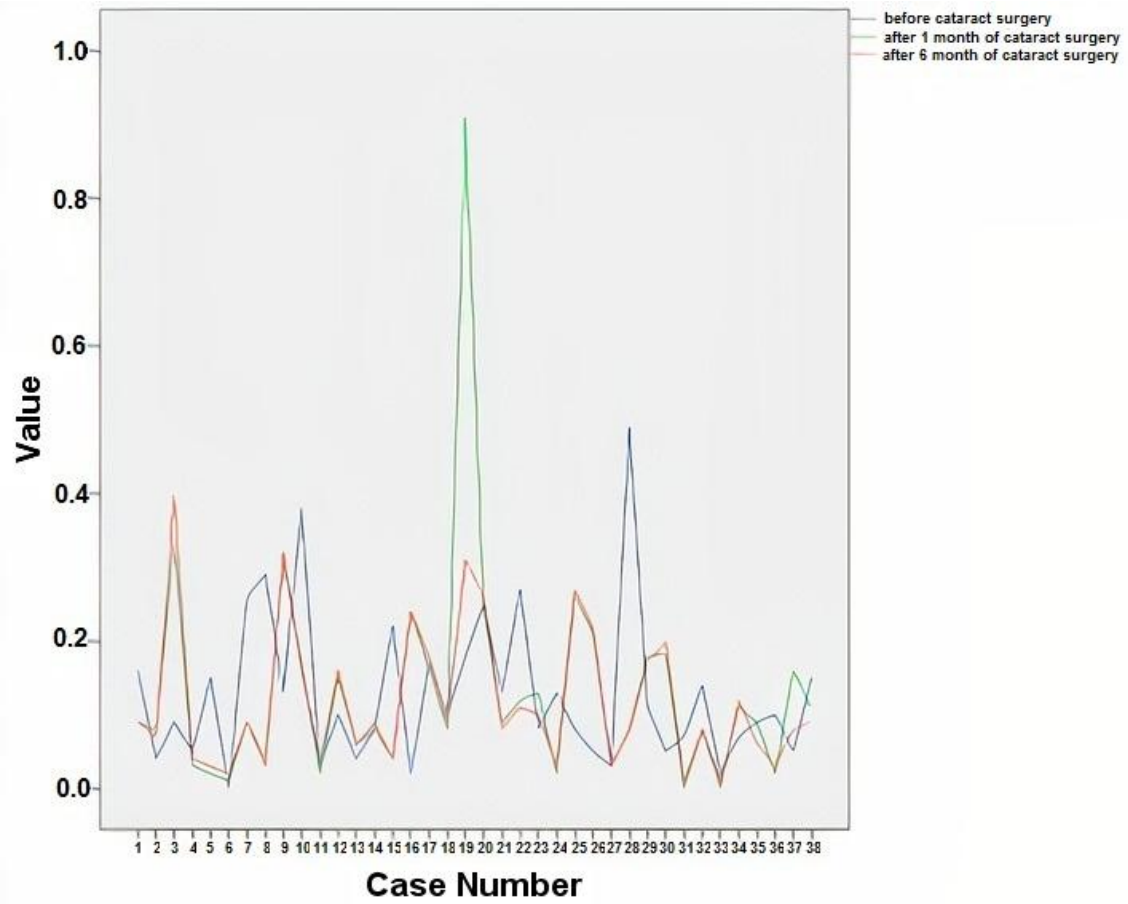
الشكل (63): مقارنة قيم RMS للزوجان رباعي الوريقات بعد الجراحة بستة أشهر بين مجموعتي الدراسة.

ب-مقارنة قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات في المجموعة نفسها بين مرحلة قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

في المجموعة A:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بالزوغان رباعي الوريقات بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.871)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث الزوغان رباعي الوريقات في المجموعة A.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بالزوغان رباعي الوريقات بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.668)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث الزوغان رباعي الوريقات في المجموعة A.

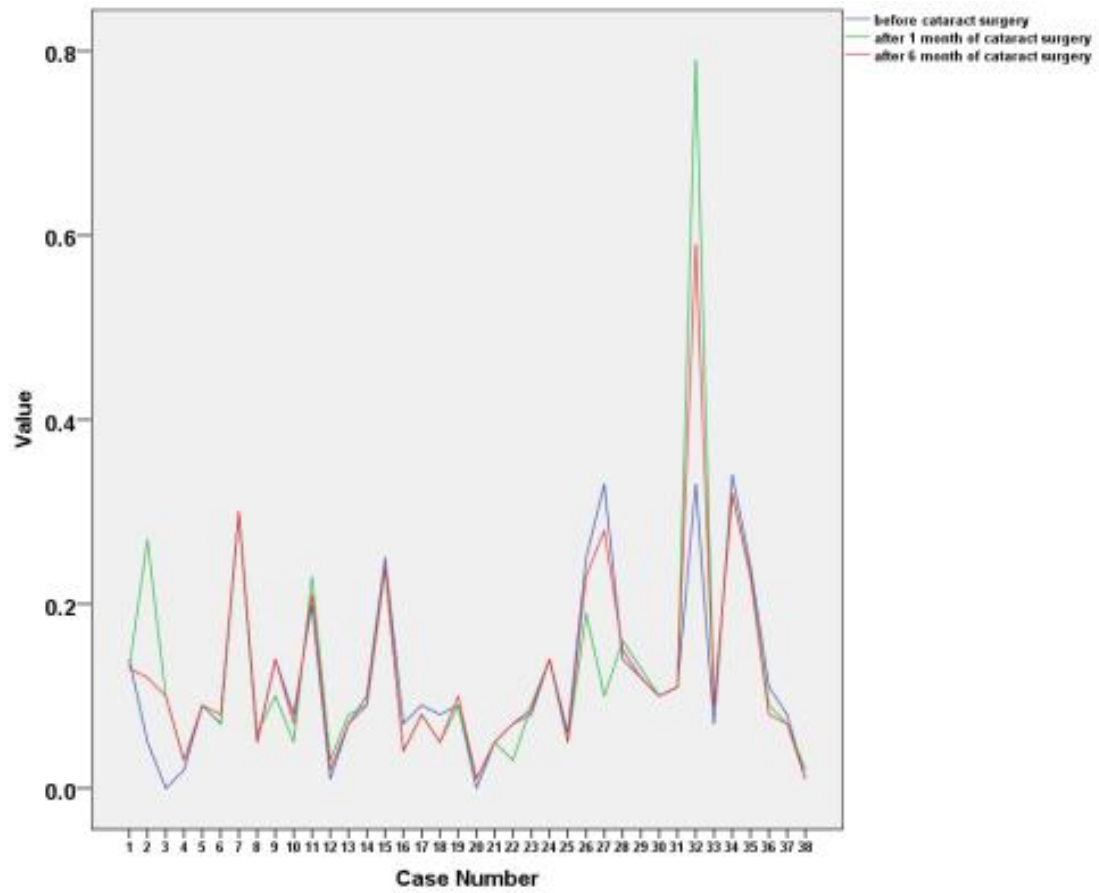


الشكل (64): مقارنة قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات عند مرضى المجموعة A بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.

في المجموعة B:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بالزوغان رباعي الوريقات بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.531)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث الزوغان رباعي الوريقات في المجموعة B.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بالزوغان رباعي الوريقات بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.957)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث الزوغان رباعي الوريقات في المجموعة B.



الشكل(65):مقارنة قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات عند مرضى المجموعة B بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.

3-زوغان الحرج الثانوي:

بلغ المتوسط الحسابي لقيم RMS الخاصة بزوغان الحرج الثانوي الناجمة عن القرنية في عينة الدراسة كاملةً 0.12 ميكرون، مع انحراف معياري ± 0.10 ميكرون.

أ- مقارنة قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي بين مجموعتي الدراسة (A) و (B):

قبل الجراحة:

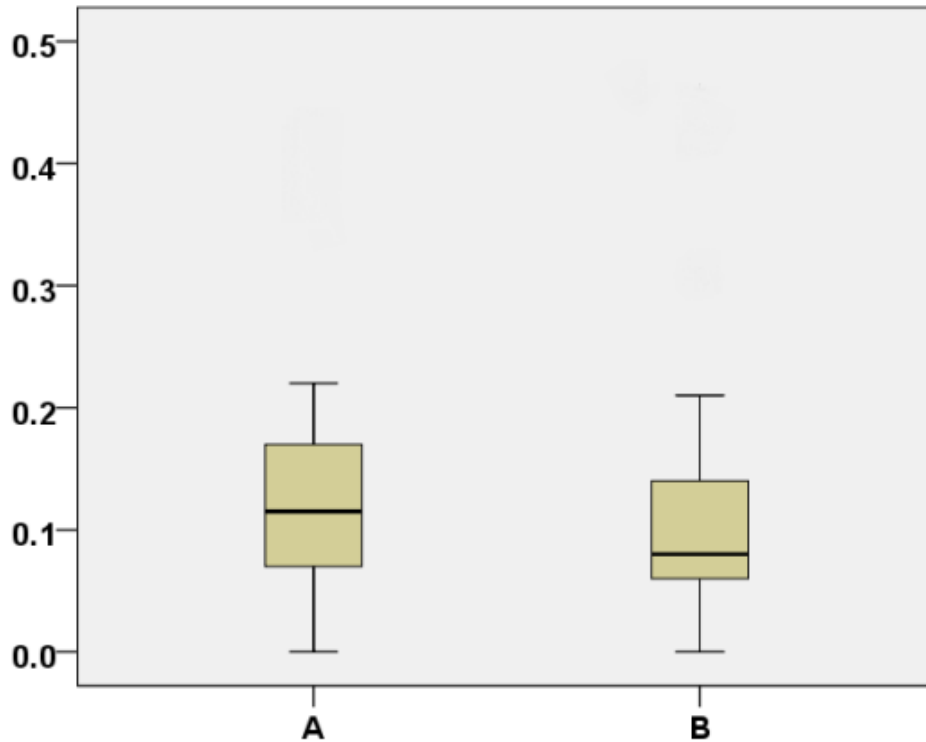
• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي بين 0.00 و 0.43 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.13 ميكرون، والانحراف المعياري ± 0.09 ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي بين 0.00 و 0.46 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.12 ميكرون، والانحراف المعياري ± 0.10 ميكرون.

■ ولأن المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلتان، نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فرق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.716)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فرق مهم إحصائياً بين المجموعتين من حيث زوغان الحرج الثانوي.



الشكل (66): مقارنة قيم RMS للزوغان الحرج الثانوي قبل الجراحة بين مجموعتي الدراسة.

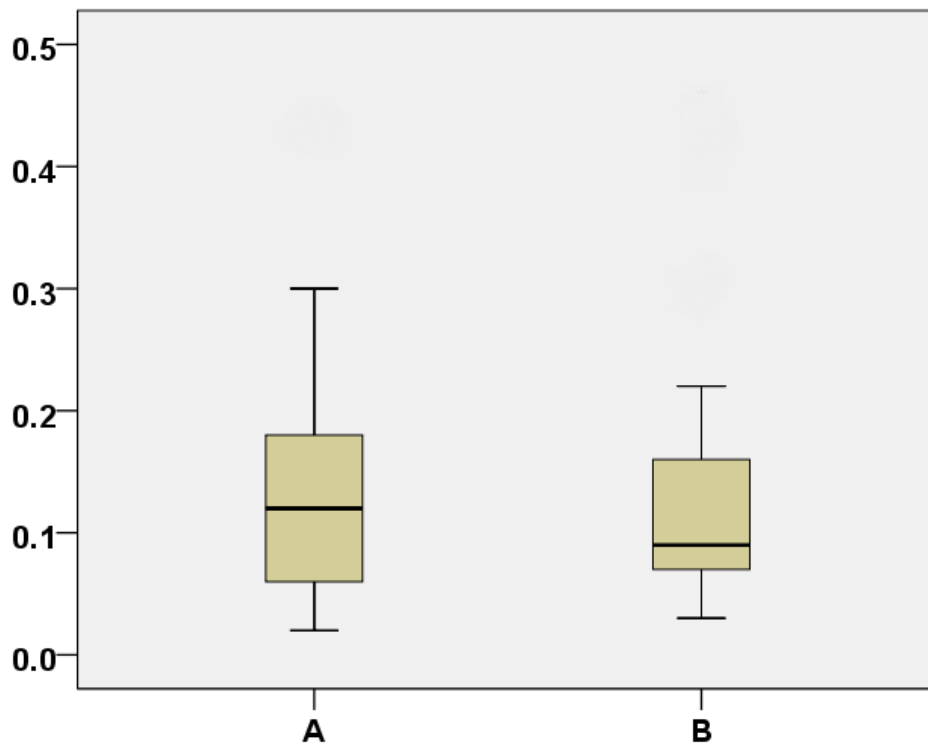
بعد الجراحة بشهر:

• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي بين 0.02 و 0.43 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.13 ميكرون، والانحراف المعياري $0.08 \pm$ ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي بين 0.03 و 0.46 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.13 ميكرون، والانحراف المعياري $0.10 \pm$ ميكرون.



الشكل (67): مقارنة قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي بعد الجراحة بشهر بين مجموعتي الدراسة.

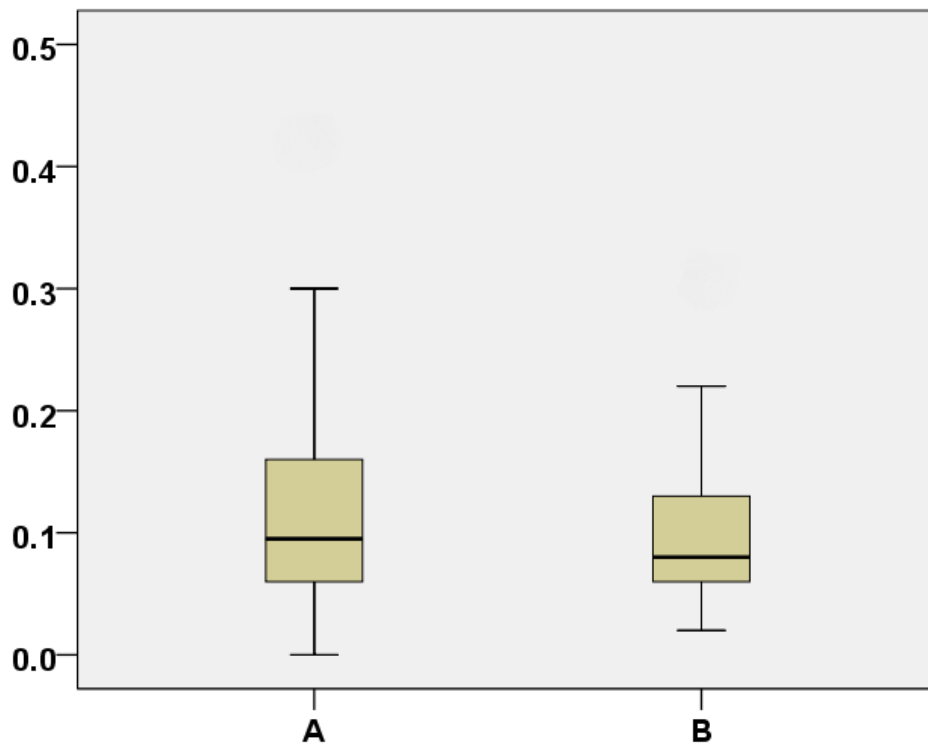
بعد الجراحة بستة أشهر:

• المجموعة (A):

تراوحت قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي بين 0.00 و 0.42 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.12 ميكرون، والانحراف المعياري $0.08 \pm$ ميكرون.

• المجموعة (B):

تراوحت قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي بين 0.02 و 0.31 ميكرون، وبلغ المتوسط الحسابي 0.10 ميكرون، والانحراف المعياري $0.06 \pm$ ميكرون.



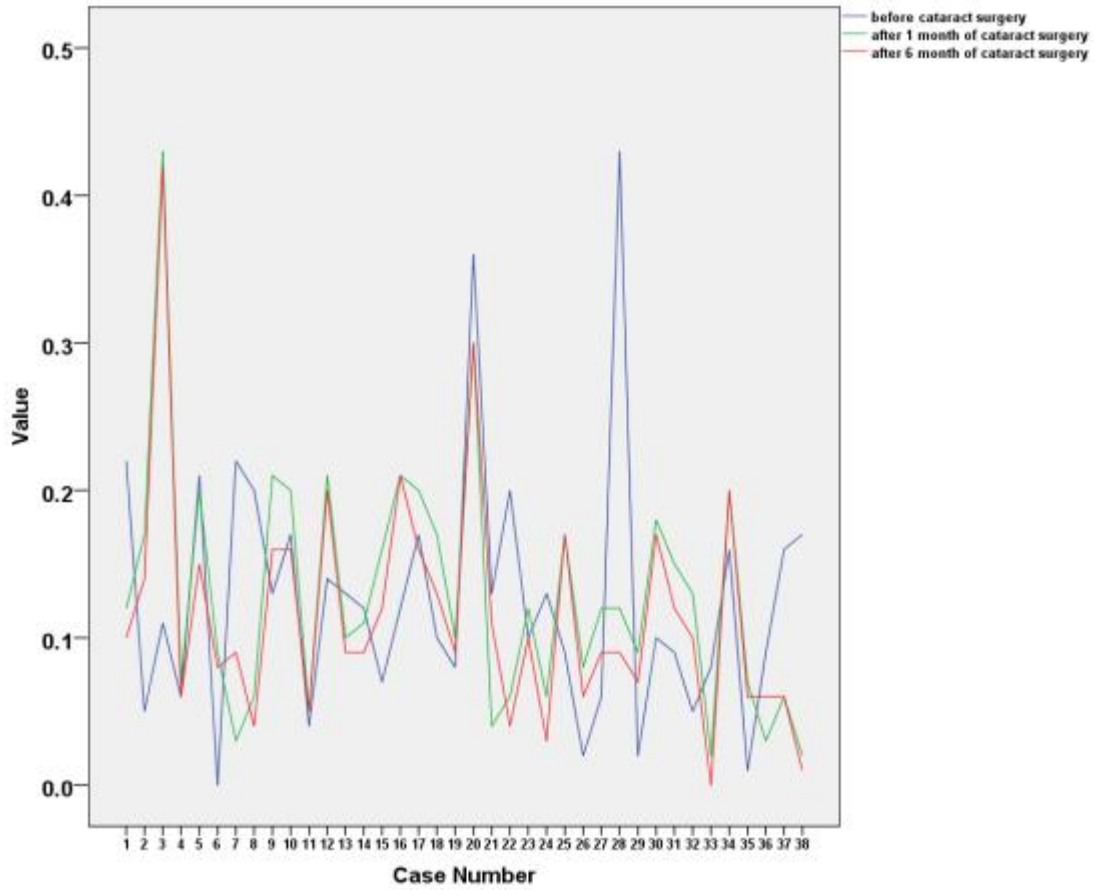
الشكل (68): مقارنة قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي بعد الجراحة بستة أشهر بين مجموعتي الدراسة.

ب-مقارنة قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي في المجموعة نفسها بين مرحلة قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

في المجموعة A:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بزوغان الحرج الثانوي بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.859)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث زوغان الحرج الثانوي في المجموعة A.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بزوغان الحرج الثانوي بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.530)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث زوغان الحرج الثانوي في المجموعة A.

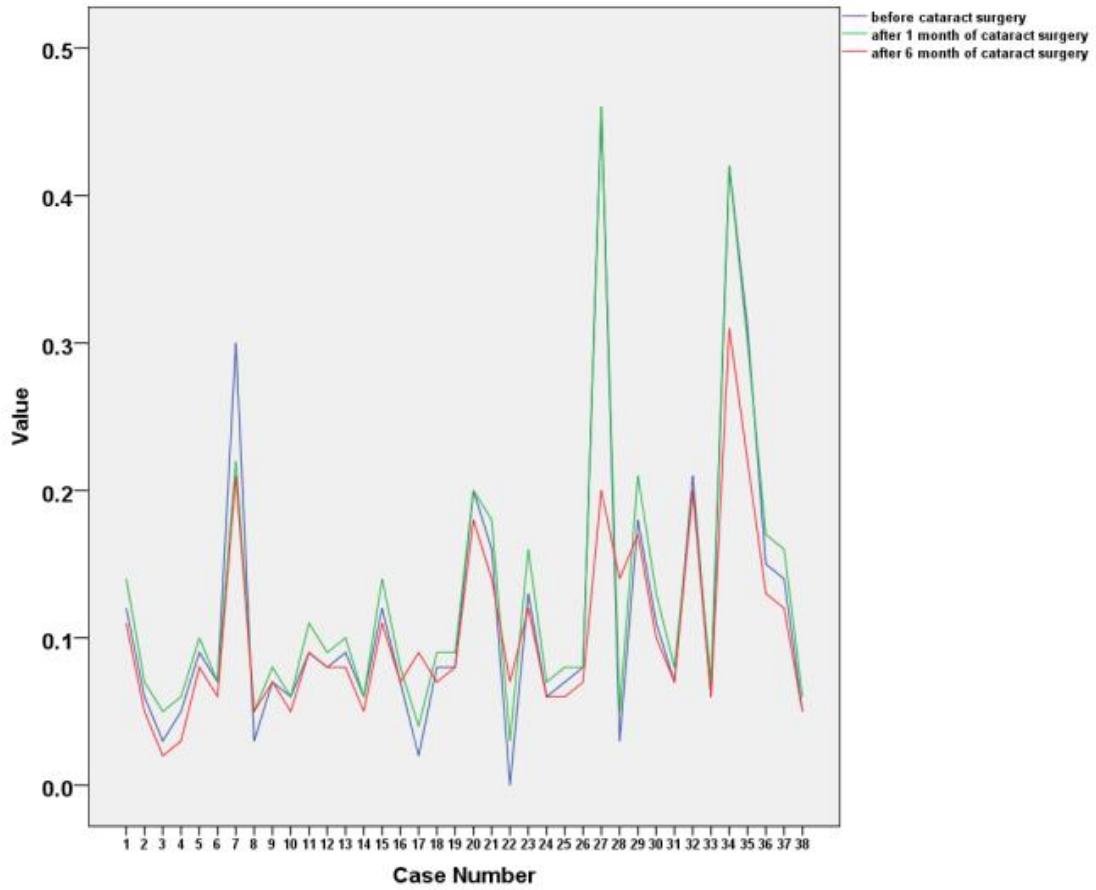


الشكل (69): مقارنة قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي عند مرضى المجموعة A بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.

في المجموعة B:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بزوغان الحرج الثانوي بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.003)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث زوغان الحرج الثانوي في المجموعة B.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الخاصة بزوغان الحرج الثانوي بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.123)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث زوغان الحرج الثانوي في المجموعة B.



الشكل (70): مقارنة قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي عند مرضى المجموعة B بين الفترات الزمنية الثلاث المدروسة.

رابعاً-تبدّل قيم RMS لزوغانات الرتبة الخامسة والسادسة والسابعة في فترة المتابعة:

سيُدرس في هذا القسم من الدراسة ما يأتي:

• مقارنة قيم RMS لكل رتبة على حدة بين مجموعتي الدراسة (A) و(B):

✓ ستُعرض الإحصائيات الوصفية للمجموعتين من حيث المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل مرحلة من مراحل متابعة المرضى قبل الجراحة، وبعدها بشهر وستة أشهر.

✓ ومع ملاحظة أنّ كلّ مجموعة من المجموعتين تحتوي على 38 عنصراً، وأنّ المجموعتين مستقلتان وصغيرتان، سيُطبّق الاختبار الإحصائي المناسب وهو اختبار ت ستودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test؛ لاستخلاص القيمة المعنوية P؛ ومقارنتها مع الدالة الاحتمالية ألفا التي تساوي (0.05)؛ لتحديد فيما إذا كان هناك فارق مهم إحصائياً بين المجموعتين قبل الجراحة من حيث كل رتبة على حدة.

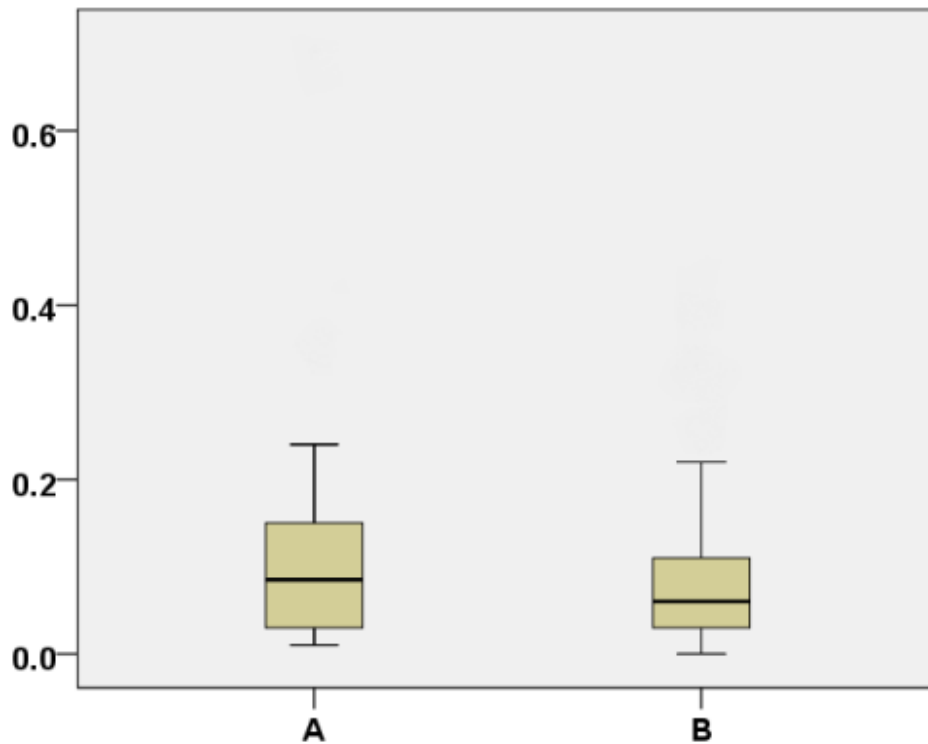
• مقارنة قيم RMS لكل زوجان على حدة في المجموعة نفسها بين مرحلة قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

✓ سيُطبّق الاختبار الإحصائي المناسب، للمقارنة بين مرضى المجموعة نفسها قبل مدّة زمنية معينة من العمل الجراحي وبعدها، وهو اختبار ت ستودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ لاستخلاص القيمة المعنوية P، ومقارنتها مع الدالة الاحتمالية ألفا التي تساوي (0.05)، لتحديد فيما إذا كان هناك فارق مهم إحصائياً بين مرضى المجموعة نفسها قبل مدّة زمنية معينة من العمل الجراحي وبعدها من حيث كل رتبة على حدة.

1-الرتبة الخامسة:

بلغ المتوسط الحسابي لقيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة الخامسة الناجمة عن القرنية في عينة الدراسة كاملةً 0.11 ميكرون، مع انحراف معياري ± 0.11 ميكرون.

أ- مقارنة قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة الخامسة بين مجموعتي الدراسة (A) و (B) قبل الجراحة:



الشكل (71): مقارنة قيم RMS لزوغانات الرتبة الخامسة قبل الجراحة بين المجموعتين.

■ ولأنّ المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلتان، نطبّق اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فارق مهمّ إحصائيّ من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أنّ قيمة P تبلغ (0.521)، وهي أكبر من قيمة الدّالة الاحتماليّة ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضيّة العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهمّ إحصائيّ بين المجموعتين من حيث زوغانات الرتبة الخامسة.

ب- مقارنة قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة الخامسة في المجموعة نفسها بين مرحلة قبل الجراحة وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

الجدول (3): مقارنة قيم RMS لزوغانات الرتبة الخامسة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر وستة أشهر:

المجموعة B	المجموعة A	5 - Order
0.10±0.10	0.12±0.12	قبل الجراحة
0.12±0.10	0.16±0.15	بعد شهر من الجراحة
0.10±0.09	0.14±0.15	بعد 6 أشهر من الجراحة

في المجموعة A:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة الخامسة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.362)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية لزوغانات الرتبة الخامسة في المجموعة A.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة الخامسة بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.524)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية لزوغانات الرتبة الخامسة في المجموعة A.

في المجموعة B:

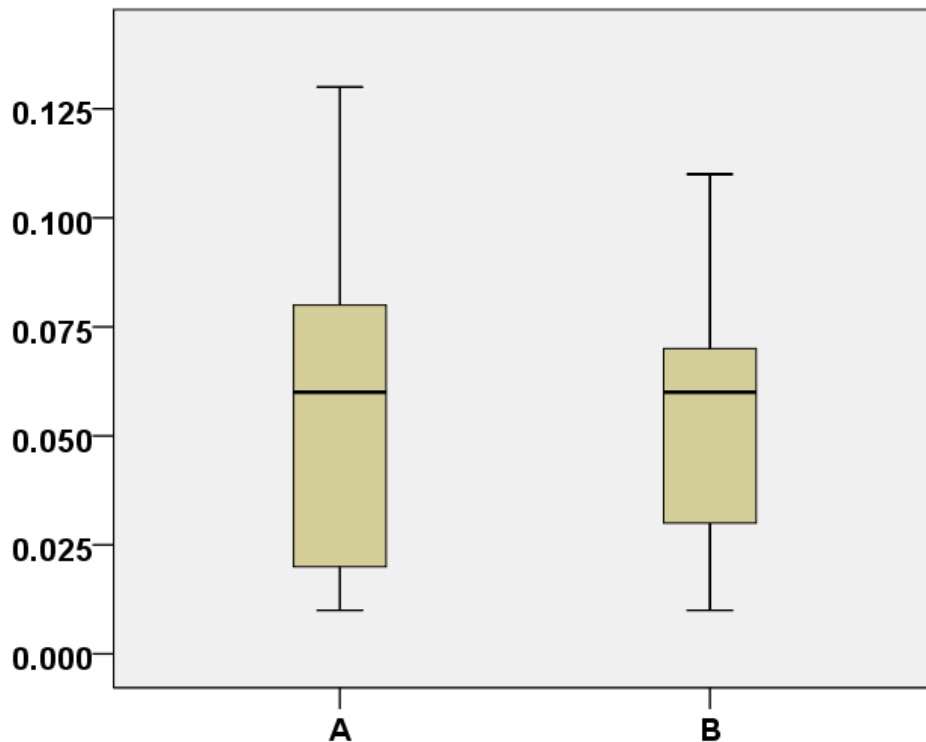
✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة الخامسة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.000)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية لزوغانات الرتبة الخامسة في المجموعة B.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة الخامسة بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.999)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية لزوغانات الرتبة الخامسة في المجموعة B.

2-الرتبة السادسة:

بلغ المتوسط الحسابي لقيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السادسة الناجمة عن القرنية في عينة الدراسة كاملةً 0.06 ميكرون، مع انحراف معياري ± 0.03 ميكرون.

أ-مقارنة قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السادسة بين مجموعتي الدراسة (A) و (B) قبل الجراحة:



الشكل (72):مقارنة قيم RMS لزوغانات الرتبة السادسة قبل الجراحة بين المجموعتين

■ ولأنّ المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلتان، نطبّق اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فارق مهمّ إحصائيّ من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أنّ قيمة P تبلغ (0.675)، وهي أكبر من قيمة الدّالة الاحتماليّة ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضيّة العدم، ونقول بعدم وجود فارق هامّ إحصائيّ بين المجموعتين من حيث زوغانات الرتبة السادسة.

ب- مقارنة قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السادسة في المجموعة نفسها بين مرحلة قبل الجراحة وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

(الجدول 4): مقارنة قيم RMS لزوغانات الرتبة السادسة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر وستة أشهر:

المجموعة B	المجموعة A	Order - 6
0.06±0.03	0.06±0.03	قبل الجراحة
0.06±0.03	0.07±0.04	بعد شهر من الجراحة
0.07±0.03	0.07±0.04	بعد 6 أشهر من الجراحة

في المجموعة A:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السادسة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.275)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية لزوغانات الرتبة السادسة في المجموعة A.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السادسة بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.148)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية لزوغانات الرتبة السادسة في المجموعة A.

في المجموعة B:

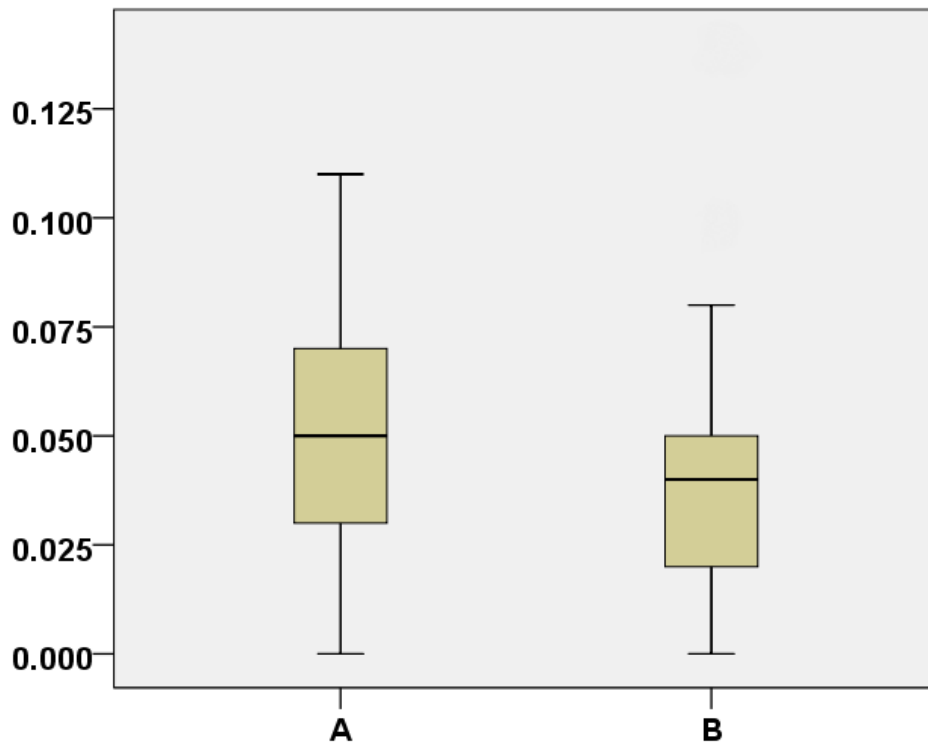
✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السادسة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.111)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية لزوغانات الرتبة السادسة في المجموعة B.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السادسة بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.137)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية لزوغانات الرتبة السادسة في المجموعة B.

3-الرتبة السابعة:

بلغ المتوسط الحسابي لقيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السابعة الناجمة عن القرنية في عينة الدراسة كاملةً 0.05 ميكرون، مع انحراف معياري ± 0.03 ميكرون.

أ-مقارنة قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السابعة بين مجموعتي الدراسة (A) و(B) قبل الجراحة:



الشكل (73):مقارنة قيم RMS لزوغانات الرتبة السابعة قبل الجراحة بين المجموعتين.

■ ولأنّ المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلّتان، نطبّق اختبار ت ستيودنت للعَيّنات المستقلّة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فارق مهمّ إحصائيّاً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أنّ قيمة P تبلغ (0.069)، وهي أكبر من قيمة الدّالة الاحتماليّة ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضيّة العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهمّ إحصائيّاً بين المجموعتين من حيث زوغانات الرتبة السابعة.

ب- مقارنة قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السابعة في المجموعة نفسها بين مرحلة قبل الجراحة وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

(الجدول 5): مقارنة قيم RMS لزوغانات الرتبة السابعة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر وستة أشهر:

7 - Order	المجموعة A	المجموعة B
قبل الجراحة	0.05±0.03	0.04±0.03
بعد شهر من الجراحة	0.06±0.03	0.04±0.03
بعد 6 أشهر من الجراحة	0.06±0.04	0.05±0.03

في المجموعة A:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السابعة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.327)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية لزوغانات الرتبة السابعة في المجموعة A.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السابعة بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.430)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية لزوغانات الرتبة السابعة في المجموعة A.

في المجموعة B:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السابعة بين قبل الجراحة وبعدها بشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.043)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية لزوغانات الرتبة السابعة في المجموعة B.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السابعة بين قبل الجراحة وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.307)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية لزوغانات الرتبة السابعة في المجموعة B.

خامساً-تبدّل قيم RMS الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة في فترة المتابعة

سيُدرس في هذا القسم من الدراسة ما يأتي:

- مقارنة قيم RMS الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة بين مجموعتي الدراسة (A) و(B):

✓ ستُعرض الإحصائيات الوصفية للمجموعتين من حيث المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل مرحلة من مراحل متابعة المرضى قبل الجراحة، وبعدها بشهر وستة أشهر.

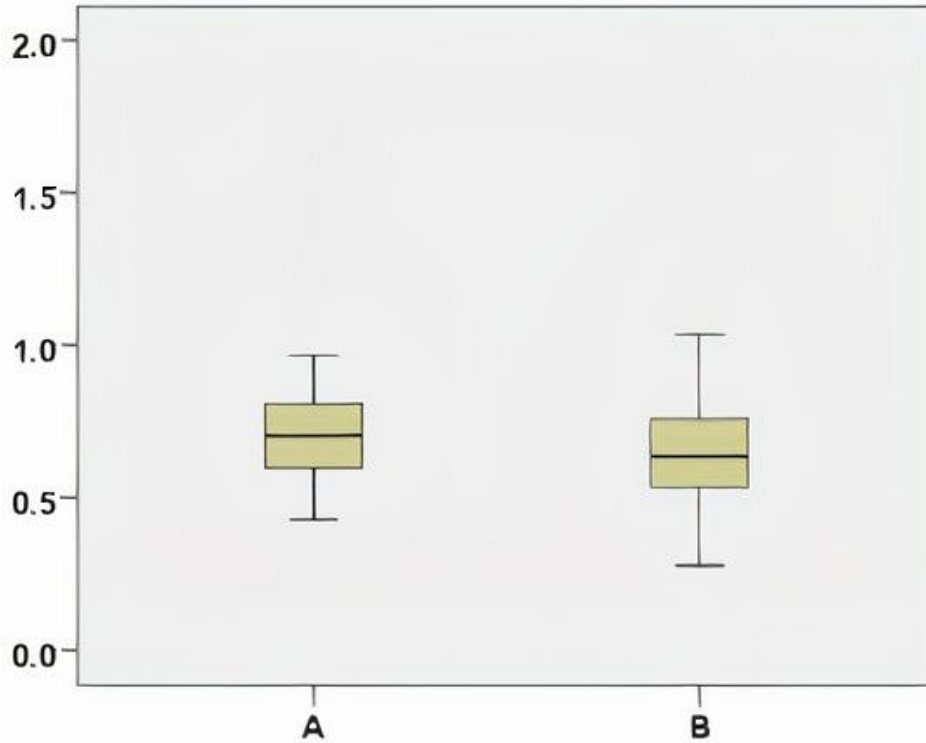
✓ ومع ملاحظة أنّ كلّ مجموعة من المجموعتين تحتوي على 38 عنصراً، وأنّ المجموعتين مستقلّتان وصغيرتان، سيُطبّق الاختبار الإحصائي المناسب وهو اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test؛ لاستخلاص القيمة المعنوية P؛ ومقارنتها مع الدالة الاحتمالية ألفا التي تساوي (0.05)؛ لتحديد فيما إذا كان هناك فرق مهمّ إحصائياً بين المجموعتين قبل الجراحة من حيث قيم RMS الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة.

- مقارنة قيمة RMS الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة في المجموعة نفسها بين مرحلة قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

✓ سيُطبّق الاختبار الإحصائي المناسب، للمقارنة بين مرضى المجموعة نفسها قبل مدّة زمنية معينة من العمل الجراحي وبعدها، وهو اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ لاستخلاص القيمة المعنوية P، ومقارنتها مع الدالة الاحتمالية ألفا التي تساوي (0.05)، لتحديد فيما إذا كان هناك فرق مهمّ إحصائياً بين مرضى المجموعة نفسها قبل مدّة زمنية معينة من العمل الجراحي وبعدها من حيث قيم RMS الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة.

بلغ المتوسط الحسابي لقيم RMS الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة الناجمة عن القرنية في عينة الدراسة كاملةً 0.73 ميكرون، مع انحراف معياري ± 0.29 ميكرون.

1- مقارنة قيم RMS الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة بين مجموعتي الدراسة (A) و (B) قبل الجراحة:



الشكل (74): مقارنة قيم RMS للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة قبل الجراحة بين المجموعتين.

■ ولأنّ المجموعتين متساويتان وصغيرتان ومستقلتان، نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المستقلة Independent Samples Student's T-test على قيم المجموعتين؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أنّ قيمة P تبلغ (0.388)، وهي أكبر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نقبل فرضية العدم، ونقول بعدم وجود فارق مهم إحصائياً بين المجموعتين من حيث الزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة.

2- مقارنة قيم RMS الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة في نفس المجموعة بين مرحلة قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو ستة أشهر:

الجدول (6): مقارنة قيم RMS للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة بين قبل الجراحة وبعدها:

المجموعة B	المجموعة A	Total RMS
0.70±0.34	0.76±0.23	قبل الجراحة
0.92±0.41	0.96±0.33	بعد شهر من الجراحة
0.85±0.33	0.89±0.28	بعد 6 أشهر من الجراحة

في المجموعة A:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.002)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة في المجموعة A.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة A؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.014)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة في المجموعة A.

في المجموعة B:

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة بين قبل الجراحة، وبعدها بشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.000) وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا، والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة في المجموعة B.

✓ نطبق اختبار ت ستيودنت للعينات المترابطة Paired Samples Student's T-test؛ للمقارنة بين قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة السابعة بين قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر في مرضى المجموعة B؛ لمعرفة وجود فارق مهم إحصائياً من عدمه، وبمستوى ثقة 95%، تبين أن قيمة P تبلغ (0.000)، وهي أصغر من قيمة الدالة الاحتمالية ألفا والتي تساوي (0.05)، وعليه نرفض فرضية العدم، ونقول بوجود فارق مهم إحصائياً بين المرحلتين الزمنيتين من حيث القيمة الإجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة في المجموعة B.

البحث الثاني

مناقشة نتائج البحث

وصف تشارلز كيلمان **Charlie Kelman** جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية الأمر؛ الذي شكل نقطة تحول بتقنية جراحة الساد، وكان ذلك في عام 1967؛ أي بعد خمس سنوات فقط من إجراء الطبيب الإسباني **خوسيه باراكيه Jose Barraquer** الملقب بالأب الروحي للجراحة الانكسارية الحديثة أول جراحة انكسارية ناجحة على المدى الطويل، وفي ذلك الوقت لم يكن أحد يتوقع أن تصبح جراحة الساد (التي كانت تهدف فقط إلى تحسين القدرة البصرية للحدّ الذي يسمح للمريض ممارسة أنشطته اليومية) واحدة من فروع وتصنيفات الجراحة الانكسارية التي تسعى لتحقيق الجودة البصرية، ولعل ما جعل ذلك واقعاً هو تطور علم تحليل واجهة الموجة الذي استعمل بدايةً في مجال توجيه الجراحة الانكسارية؛ للحصول على أفضل نتائج، ثم أصبح يعد أداة فاعلة في تصميم العدسة المراد زرعها داخل المقلة في أثناء جراحة الساد [165][166][167][168][169].

عالمياً أُجريَ عددٌ من الدراسات في عددٍ من الدول لدراسة القيم الطبيعية للزوغانات القرنية في كل مجتمع على حدة؛ لاختيار عدسة الزرع المناسبة التي تعدل هذه الزوغانات بعد الجراحة، ولكن تلك الدراسات تبقى منقوصة في حال لم نكن نعلم ما التأثير الذي ستمارسه الطريقة الجراحية المتبعة على الزوغانات الموجودة أصلاً في القرنية، وذلك لأخذها المسبق في الحسبان قبل اختيار العدسة المناسبة للزرع داخل المقلة، ولذلك ركّزت الدراسات اللاحقة على دراسة تأثير طول الجرح القرني وعرضه وموقعه في الزوغانات عالية الرتبة، وتقديم اقتراحات؛ لتحسين جراحة الساد وتطويرها لتخفف قدر الإمكان من تأثيراتها السلبية، ونعزز تأثيراتها الإيجابية.

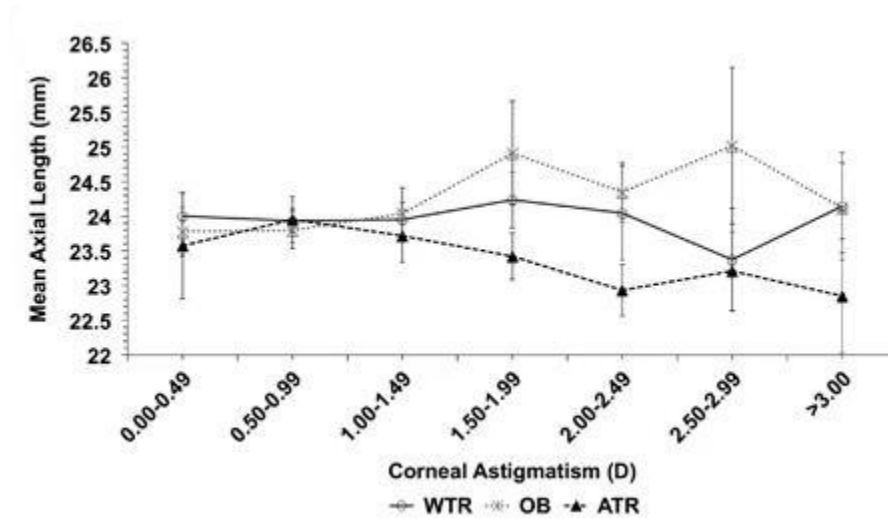
خلال مراجعتنا للأبحاث التي نشرت حول العالم المتعلقة بهذا الموضوع نجد عدداً من البحوث التي تناولت تأثير الجرح القرني بإبعاد تتراوح من 1.7 ملم الى 3.2 ملم في الزوغانات القرنية عالية الرتبة، لكن البحوث التي تناولت موقع الجرح القرني من المحور الأكثر تحدياً، وتأثير ذلك في الزوغانات القرنية عالية الرتبة كانت خجولة ونتائجها متضاربة، أما محلياً بقي موضوع الزوغانات القرنية وتأثيرها في الجودة البصرية بعد جراحة الساد خارج نطاق البحث. ومن خلال مراجعتنا للدراسات التي أجريت محلياً حتى مطلع هذا العام لم نجد أي دراسة اهتمت بوصف القيم الطبيعية للزوغانات عالية الرتبة لدى مرضى الساد المرتبط بالعمر في سورية وكان جل ما وجدنا في موضوع تأثير جراحة الساد في القرنية انكسارياً هو تأثيرها في اسوء الانكسار التقليدية فقط التي تصنف حالياً كزوغانات منخفضة الرتبة.

لذلك فإننا في دراستنا هذه قدمنا تصوراً وسطياً حول قيم RMS للزوغانات عالية الرتبة في المجتمع السوري، وكذلك درسنا تأثير أشيع طريقة جراحية متبعة لاستخراج الساد (استحلاب العدسة عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم) في سورية عموماً وفي مشفى المواساة خصوصاً في الزوغانات القرنية عالية الرتبة، ومن الجدير بالذكر أن دراستنا من الدراسات القليلة عالمياً التي قارنت هذا التأثير بين المرضى الذين أُجرى الجرح القرني لديهم على المحور الأكثر تحدياً، والمرضى الذين أُجرى الجرح القرني لديهم على المحور الأكثر تسطحاً.

أولاً-مناقشة عينة الدراسة:

لم نجد farkاً مهماً إحصائياً بين المجموعتين من حيث العمر والجنس وجهة العين، كما لم تشر أي بحوث سابقة إلى علاقة الحرج الموافق أو المخالف للقاعدة مع جنس محدد أو جهة عين محددة.

وجدنا farkاً مهماً إحصائياً بين المجموعتين من حيث الطول الأمامي الخلفي للعين، ويمكن تفسير هذا fark بدراسة (Collier Wakefield et al., 2016) التي بينت وجود ترابط سلبي بين الطول الأمامي الخلفي للعين، والحرج الموافق للقاعدة، فكانت العيون الأقصر تملك درجات أعلى من الحرج الموافق للقاعدة [170].



الشكل (75): العلاقة بين الطول الأمامي الخلفي للمقلة و الحرج القرني؛ حسب دراسة Collier Wakefield.

لم نجد farkاً مهماً إحصائياً بين المجموعتين من حيث الزوغانات عالية الرتبة التي ندرسها، كما لم تشر أي بحوث سابقة إلى علاقة الحرج الموافق أو المخالف للقاعدة مع زيادة قيم RMS أو نقصانها لأي زوجان من الزوغانات عالية الرتبة.

ثانياً-مناقشة القيم الوسطية للزوغانات عالية الرتبة لدى مرضى الساد متوسطي العمر، ومتقدميه:

لقد وضّحت دراستنا القيمَ الوسطيةَ لكل زوجان من زوغانات الرتبة الثالثة والرابعة بالتفصيل والقيم الوسطية الإجمالية لكل ترتيب من الزوغانات حتى الرتبة السابعة، وكذلك القيمة الإجمالية لكامل الزوغانات عالية الرتبة من الرتبة الثالثة حتى الرتبة السابعة لدى مرضى الساد متوسطي العمر ومتقدميه، ويلخص الجدول الآتي نتائج هذا القسم من دراستنا.

الجدول(7):القيم الوسطية للزوغانات عالية الرتبة لدى مرضى الساد متوسطي العمر، ومتقدميه في دراستنا:

نوع الزوغان	المتوسط $\pm$ الانحراف
زوجان الفاصلة (ميكرون)	0.24 ± 0.39
الزوجان ثلاثي الوريقات (ميكرون)	0.23 ± 0.42
الزوجان الكروي (ميكرون)	0.10 ± 0.29
الزوجان رباعي الوريقات (ميكرون)	0.10 ± 0.12
زوجان الحرج الثانوي (ميكرون)	0.10 ± 0.12
زوغانات الرتبة الخامسة (ميكرون)	0.11 ± 0.11
زوغانات الرتبة السادسة (ميكرون)	0.03 ± 0.06
زوغانات الرتبة السابعة (ميكرون)	0.03 ± 0.05
الزوغانات عالية الرتبة من الرتبة الثالث حتى الرتبة السابعة (ميكرون)	0.29 ± 0.73

من الجدول السابق، نجد أن القيمة الوسطية للزوجان الكروي في بلدنا هي 0.10 ± 0.29 ميكرون، وعليه يمكن القول إن المجتمع السوري من المجتمعات الذين يملك افراده مستوى عالياً من الزوجان الكروي القرني الإيجابي. وبناءً عليه فإن العدسات التي توفر زوجاناً كروياً سالباً حول هذه القيم الوسطية للزوجان الكروي الطبيعي كعدسات Tecnis Z9000 اللاكروية التي تنتجها شركة Johnson Vision & هي الأكثر تناسباً مع مجتمعنا بالرغم من عدم توفرها في بلدنا.

ثالثاً-مناقشة تأثير الجرح القرني العلوي 3.2 ملم ي الزوغانات عالية الرتبة

■ في المجموعة A (الجرح القرني يكون في المحور العمودي الأكثر تحدياً):

لم نجد فرقاً مهماً إحصائياً من حيث زوغان الفاصلة في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

وجدنا فرقاً مهماً إحصائياً من حيث الزوغان ثلاثي الوريقات في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

لم نجد فرقاً مهماً إحصائياً من حيث الزوغان الكروي في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

لم نجد فرقاً مهماً إحصائياً من حيث الزوغان رباعي الوريقات في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

لم نجد فرقاً مهماً إحصائياً من حيث الزوغان الحرج الثاني في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

لم نجد فرقاً مهماً إحصائياً من حيث قيمة RMS الممثلة لزوغانات الرتبة الخامسة في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

لم نجد فرقاً مهماً إحصائياً من حيث قيمة RMS الممثلة لزوغانات الرتبة السادسة في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

لم نجد فرقاً مهماً إحصائياً من حيث قيمة RMS الممثلة لزوغانات الرتبة السابعة في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

وجدنا فرقاً مهماً إحصائياً من حيث قيمة RMS الاجمالية للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر. وبما أننا لم نجد فرق هام إحصائياً بأي زوغان من الرتبة الثالثة حتى السابعة باستثناء الزوغان ثلاثي الوريقات، فإننا نعزو إليه هذا الفارق المهم إحصائياً الذي وجدناه في قيمة RMS الممثلة للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة.

مما سبق نجد أن الجرح القرني العلوي البالغ 3.2 ملم في العيون التي يكون فيها المحور العمودي لدى المرضى هو المحور الأكثر تحدياً لا يسبب تغيرات مهمة إحصائياً في جميع الزوغانات عالية الرتبة سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر باستثناء الزوغان ثلاثي الوريقات الذي يتفاقم بصورة كبيرة بعد شهر من الجراحة، لكنه يتحسن وتنخفض قيمته عند الشهر السادس بعد الجراحة مع بقاء الفارق مهم إحصائياً لدى المقارنة مع ما قبل العمل الجراحي.

■ في المجموعة B (الجرح القرني يكون في المحور العمودي الأكثر تسطحاً):

وجدنا فارقاً مهماً إحصائياً من حيث زوغان الفاصلة في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

وجدنا فارقاً مهماً إحصائياً من حيث الزوغان ثلاثي الوريقات في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

لم نجد فارقاً مهماً إحصائياً من حيث الزوغان الكروي في هذه المجموعة من المرضى بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر لكننا وجدنا فارقاً مهماً إحصائياً بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

لم نجد فارقاً مهماً إحصائياً من حيث الزوغان رباعي الوريقات في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

وجدنا فارقاً مهماً إحصائياً من حيث الزوغان الحرج الثانوي في هذه المجموعة من المرضى بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر، لكننا لم نجد فارقاً إحصائياً مهم بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر؛ مما يدل على تحسن طرأ على قيم RMS المعبرة عن هذا الزوغان بعد مرور ستة أشهر على الجراحة.

وجدنا فارقاً مهماً إحصائياً من حيث قيمة RMS الممثلة لزوغانات الرتبة الخامسة في هذه المجموعة من المرضى بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر، لكننا لم نجد فارقاً مهماً إحصائياً بين مرحلتي قبل الجراحة وبعدها بستة أشهر، لكننا لم نجد فارقاً إحصائياً مهم بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر؛ مما يدل على تحسن طرأ على قيم RMS المعبرة عن هذه الرتبة بعد مرور ستة أشهر على الجراحة.

لم نجد فرقاً مهماً إحصائياً من حيث قيمة RMS الممثلة لزوغانات الرتبة السادسة في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

وجدنا فرقاً مهماً إحصائياً من حيث قيمة RMS الممثلة لزوغانات الرتبة السابعة في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر، لكننا لم نجد فرقاً مهماً إحصائياً بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر؛ مما يدل على تحسن طرأ على قيم RMS المعبرة عن هذه الرتبة بعد مرور ستة أشهر على الجراحة.

وجدنا فرقاً مهماً إحصائياً من حيث قيمة RMS الممثلة للزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة في هذه المجموعة من المرضى سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر.

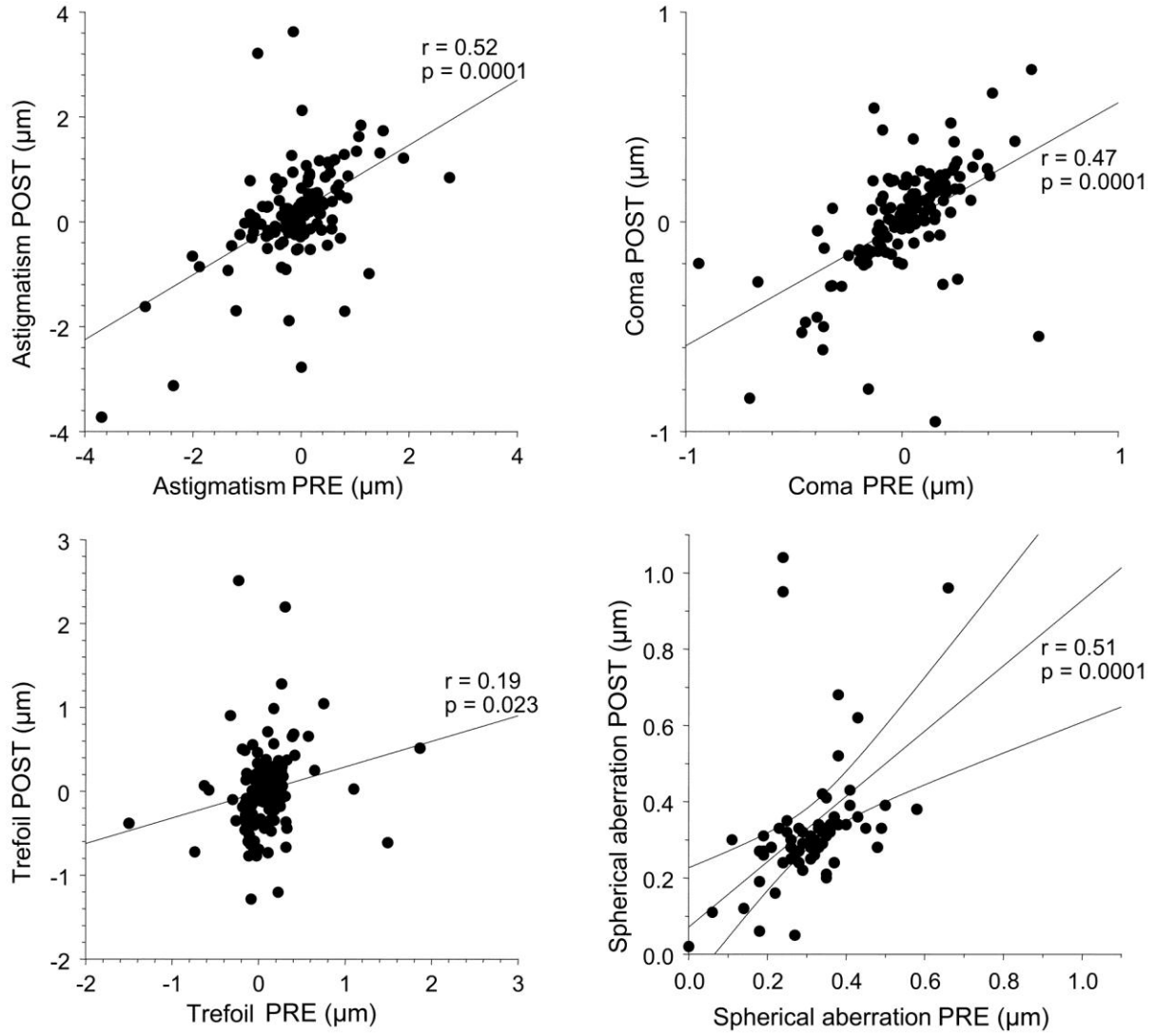
مما سبق نجد أن الجرح القرني العلوي البالغ 3.2 ملم في العيون التي يكون فيها المحور العمودي لدى المرضى هو المحور الأكثر تسطحاً يسبب تغيرات مهمة إحصائياً في زوغان الفاصلة والزوغان ثلاثي الوريقات سواء بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر أو بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بستة أشهر وكذلك في الزوغان الكروي بين مرحلتي قبل الجراحة وبعدها بستة أشهر وكذلك في قيم RMS الإجمالية لزوغانات الرتبة الخامسة وزوغانات الرتبة السابعة بين مرحلتي قبل الجراحة، وبعدها بشهر، ولكن هذه التبدلات تراجعت عند الشهر السادس بعد العمل الجراحي، وأصبح الفارق غير مهم إحصائياً لدى المقارنة مع ما قبل العمل الجراحي.

البحث الثالث

المقارنة بالدراسات العالمية

أولاً- دراسة (Guirao et al., 2004) [6]:

- ✓ أجريت في مشفى Ramo'n y Cajal في مدينة مدريد عاصمة إسبانيا.
- ✓ نُشرت عام 2004 بمجلة Investigative Ophthalmology & Visual Science تحت عنوان Corneal Aberrations before and after Small-Incision Cataract Surgery.
- ✓ قارنت قيم RMS لأهم الزوغانات القرنية عالية الرتبة (الزوغان الكروي، وزوغان الفاصلة، والزوغان ثلاثي الوريقات) التي تقاس عند قطر حدقة 6 ملم بواسطة جهاز طبوغرافيا القرنية من طراز ALCON Eyemap® model EH-290 قبل جراحة استحلاب العدسة عبر جرح قرني يبلغ 3.5 ملم في المحور الأكثر تحدياً لدى 70 مريضاً وبعدها، وبذلك تختلف عن دراستنا التي درست تأثير الجرح القرني العلوي الذي يبلغ 3.2 ملم سواء كان في المحور الأكثر تحدياً (المجموعة A) أو الأكثر تسطحاً (المجموعة B) في الزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة، وليس فقط في أهم ثلاثة زوغانات، وذلك عند قطر حدقة 6 ملم لدى 76 مريضاً.
- ✓ وجدت فرقاً مهماً إحصائياً في الزوغان ثلاثي الوريقات قبل العمل الجراحي وبعده؛ بينما لم تجد فرقاً مهماً إحصائياً في الزوغان الكروي وزوغان الفاصلة. وبذلك تتفق مع ما خلصت إليه دراستنا لدى مرضى المجموعة A.



الشكل (76): نتائج دراسة Antonio Guirao.

ثانياً - دراسة (Villegas et al., 2019) [7]:

✓ أجريت هذه الدراسة في مشفى Virgen de la Arrixaca الجامعي في مدينة مرسية جنوب شرق إسبانيا.

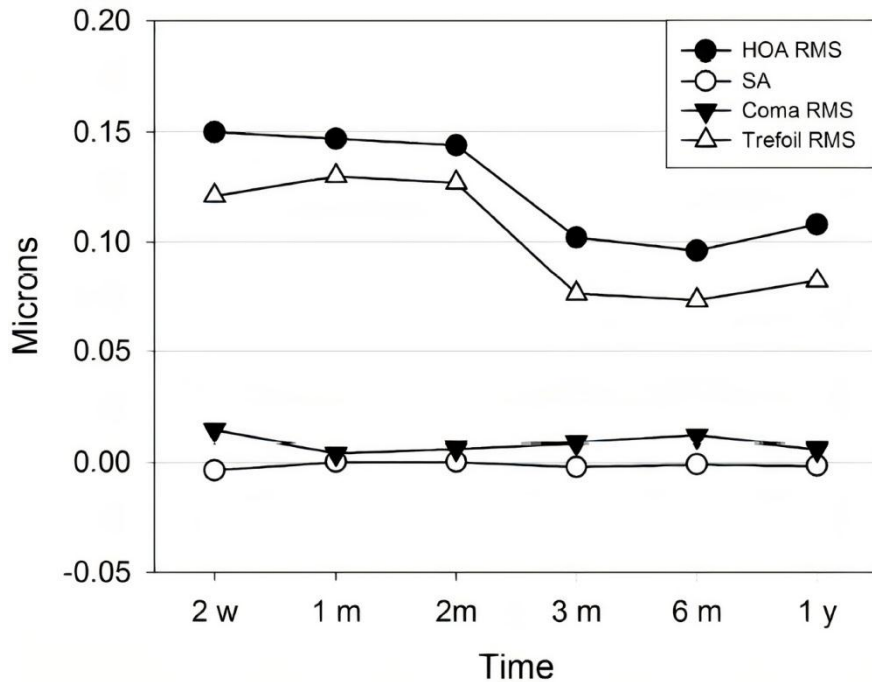
✓ نُشرت عام 2019 في مجلة PLOS ONE تحت عنوان One-year follow-up of .changes in refraction and aberrations induced by corneal incision

✓ قارنت قيم RMS لأهم الزوغانات القرنية عالية الرتبة (الزوغان الكروي، وزوغان الفاصلة، والزوغان ثلاثي الوريقات) التي تقاس عند قطر حدقة 4 ملم بواسطة جهاز طبوغرافيا القرنية من طراز Carl Zeiss's ATLAS قبل جراحة استحلاب العدسة عبر جرح قرني صدغي يبلغ 3.2 ملم لدى 27 مريضاً وبعدها، وبذلك تختلف عن دراستنا التي درست تأثير الجرح القرني الذي يبلغ 3.2 ملم سواء كان في المحور الأكثر تحدياً (المجموعة A) أو الأكثر تسطحاً (المجموعة B) في الزوغانات عالية الرتبة حتى الرتبة السابعة، وليس فقط في أهم ثلاثة زوغانات، وذلك عند قطر حدقة 6 ملم لدى 76 مريضاً.

✓ وجدت فرقاً مهماً إحصائياً في الزوغان ثلاثي الوريقات قبل العمل الجراحي وبعده؛ بينما لم تجد فرقاً مهماً إحصائياً في الزوغان الكروي، وزوغان الفاصلة. ورغم أن هذه الدراسة لم تميز بين تأثير الجرح الصدغي في الحرج الموافق أو المخالف للقاعدة بصورة منفصلة، إلا أن نتائجها تطابقت مع ما خلُصت إليه دراستنا لدى مرضى المجموعة A وربما يُعزى ذلك إلى قلة مرضى الحرج الموافق للقاعدة الذين لا يناسبهم الجرح الصدغي نسبة إلى حجم العينة بدراسة Eloy A. Villegas وزملاؤه.

✓ تفوقت على دراستنا من حيث مدّة متابعة المرضى والفواصل الزمنية الأقل بين المتابعات، فقد درست الزوغانات بفواصل شهرية حتى الشهر الثالث بعد الجراحة وعند الشهر السادس بعد الجراحة؛ وأخيراً بعد مرور عام على العمل الجراحي، ونتيجة لذلك أكدت دراسة Eloy A. Villegas وزملاؤه ما توصلت إليه دراستنا من أن الزوغان ثلاثي الوريقات يزداد بصورة معتبرة بعد الجراحة، ثم يعود وينخفض عند الشهر السادس مع بقاء الفارق مهم إحصائياً نسبةً إلى ما قبل العمل الجراحي، لكنها كانت أكثر دقة حين وجدت من خلال الفواصل الأقل للمتابعات أن قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات تنخفض بصورة ملحوظة عند الشهر الثالث بعد الجراحة، وتبقى ثابتة وصولاً إلى العام.

✓ يُؤخذ عليها أنها درست تأثير الجرح القرني الصدغي فحسب في 27 مريضاً لديهم أنواع مختلفة من الجرح القرني. ففي هذه النقطة تفوقت دراستنا بتقسيم المرضى إلى مجموعتين؛ حسب نوع الجرح، ودراسة تأثير الجرح القرني العلوي في كل مجموعة.



الشكل (77): نتائج دراسة Eloy A. Villegas.

الفصل الخامس

الخلاصة، والتوصيات، ومحددات الدراسة

أولاً-الخلاصة:

وجدنا أن القيمة الوسطية الطبيعية للزوغان الكروي عند مرضى الساد متوسطي العمر ومتقدميه الذين لم يخضعوا لأي جراحة انكسارية سابقة لتصحيح أسوء الانكسار في المجتمع السوري تبلغ 0.29 $\pm$ 0.10 ميكرون، وبذلك يعد المجتمع السوري واحداً من المجتمعات التي يتمتع أفرادها بقيم عالية من الزوغان الكروي القرني الإيجابي؛ ما يشجع على زرع العدسات اللاكروية ذات الزوغان الكروي السالب، وتحديدًا تلك التي توفر زوغاناً كروياً سالباً قريباً من الزوغان الكروي الموجب للقرنية، ورغم أن عدسات **MICROPURE 1.2.3** اللاكروية التي تنتجها شركة **Physiol** البلجيكية توفر زوغاناً كروياً سالباً يبلغ مقداره 0.11 ميكرون هو الأقرب للقيم الوسطية للزوغان الكروي الموجب الطبيعي للقرنية في المجتمع السوري بين العدسات اللاكروية الأخرى المتوفرة في سورية، فإن عدسة **EYECRYL PLUS ASHFY600** التي تنتجها شركة **Biotech** الهندية ذات الزوغان الكروي السالب الذي يبلغ 0.10 ميكرون تعد بديلاً أكثر واقعية؛ لتغلبها على عائق الثمن الباهظ لعدسة **MICROPURE 1.2.3** بالنظر إلى الوضع الاقتصادي الحالي مع الحفاظ على مقدار متقارب من الزوغان الكروي السالب في كلتا العدستين. ولكن يبقى السؤال الأبرز الذي نحتاج للإجابة عنه مزيداً من الدراسات المحلية هو "هل التحسن الهامشي في حساسية التباين (Contrast Sensitivity) عند زرع العدسات اللاكروية ذات الزوغان الكروي السالب في العين يستحق المقايضة بتناقص عمق المجال (Depth of focus)؟".

وجدنا في هذه الدراسة أنّ جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم تسبب زيادة مهمة إحصائياً في الزوغان ثلاثي الوريقات دون غيره من الزوغانات؛ وصولاً للرتبة السابعة من تصنيف زيرنيكه، وذلك فقط عندما يكون الحرج القرني موافقاً للقاعدة؛ بينما تؤدي هذه الجراحة عندما يكون الحرج القرني مخالفاً للقاعدة إلى زيادة مهمة إحصائياً في الزوغان ثلاثي الوريقات وزوغان الفاصلة والزوغان الكروي مع تغيرات مهمة إحصائياً في زوغانات الرتبة الخامسة والسابعة من تصنيف زيرنيكه. لكن هذه التغيرات تتراجع لاحقاً عند الشهر السادس من المتابعة لتصبح غير هامة إحصائياً.

ثانياً-التوصيات:

بناء على نتائج دراستنا، فإننا ننصح بالآتي:

- فتح الجرح القرني على المحور الأكثر تحدياً؛ لأنه يحمل تأثيرات إيجابية تتعدى مسألة تخفيف مقدار الحرج الموجود في العين؛ لتشمل تخفيف مقدار الزوغانات عالية الرتبة المحدثة بالجراحة، وأهمها زوغاني الفاصلة، والزوغان الكروي. ولكن يلزم إجراء دراسات أخرى لتأكيد ذلك بالنسبة للشقوق القرنية الصدغية.
- ضرورة دراسة الزوغان الكروي القرني الموجود قبل الجراحة، واعتماده دون تغيير عند اختيار العدسة اللاكروية المعدلة للزوغان الكروي القرني والمخصصة للزرع داخل المقلة دون أن نأخذ في الحسبان التغيرات التي تسببها جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية بجرح قرني علوي 3.2 ملم في قيم الزوغان الكروي القرني، وذلك فقط عندما يكون المحور العمودي للقرنية هو المحور الأكثر تحدياً.

ثالثاً-محددات الدراسة:

اقتصار حجم العينة على 76 عيناً من 76 مريضاً مصاباً بالساد المرتبط بالعمر؛ بسبب تزامن زمن إجراء البحث مع زمن انتشار وباء كوفيد-19 المستجد. وعليه ننصح بإجراء دراسات مستقبلية تشمل عينات أكبر من المرضى.

اقتصار زمن متابعة المرضى على شهر وستة أشهر فقط حيث كان من الصعب متابعة المرضى لمدة أطول؛ لأن معظم هؤلاء المرضى من أماكن بعيدة عن دمشق من جهة؛ فضلاً عن الصعوبات اللوجستية التي فرضها وباء كوفيد-19 المستجد من جهة أخرى. وعليه ننصح بإجراء دراسات مستقبلية يُتابع المرضى لفترة زمنية أطول؛ مع تقليص الفارق الزمني بين المتابعات.

إجراء العمليات الجراحية بيد عدة جراحين؛ وليس بيد جراح وحيد؛ بسبب قلة عدد العمليات الجراحية التي أُجريت في قسم أمراض العين وجراحاتها في زمن إجراء البحث. وبناء عليه ننصح بأن يتم تلافي ذلك في أي دراسات مستقبلية تتناول هذا الموضوع لاحقاً.

اقتصار البحث على دراسة الشقوق القرنية العلوية، وعدم دراسة تأثير الشقوق القرنية الصدغية في الزوغانات القرنية عالية الرتبة. وبناء عليه ننصح بإجراء دراسات لاحقة في تأثير الشقوق القرنية الصدغية في الزوغانات القرنية عالية الرتبة، ومقارنة نتائجها بالنتائج التي توصلنا إليها في دراستنا.

المراجع

1. Basic Clinical Science Course (BCSC) of the American Academy of Ophthalmology. Section 11. 2017 – 2018.
2. Grzybowski A, Kanclerz P. Recent Developments in Cataract Surgery. Current Concepts in Ophthalmology Springer 2019: 55–97.
3. Applegate RA, Marsack JD, Ramos R, Sarver EJ (2003) Interaction between aberrations to improve or reduce visual performance. J Cataract Refract Surg 29(8):1487–1495.
4. Savini G, Hoffer KJ, Barboni P. Influence of corneal asphericity on the refractive outcome of intraocular lens implantation in cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2015;41(4):785–789.
5. Amorim-de-Sousa A, Vieira AC, Gonzalez-Meijome JM, et al. Age-related variations in corneal asphericity and long-term changes. Eye Contact lens. 2019;45(2):99–104.
6. Guirao A, Tejedor J, Artal P. Corneal aberrations before and after small-incision cataract surgery. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2004; 45:4312–4319.
7. Villegas EA, Alco'n E, Rubio E, Mari'n JM, Artal P (2019) One-year follow-up of changes in refraction and aberrations induced by corneal incision. PLoS ONE 14(11): e0224823.
8. Schwiegerling J. (2011). Scaling pseudo- Zernike expansion coefficients to different pupil sizes. Optics letters, 36(16), 3076–3078.
9. Cerviño, A., Hosking, S. L., Montes- Mico, R., & Bates, K. (2007). Clinical ocular wavefront analyzers. Journal of refractive surgery (Thorofare, N.J.: 1995), 23(6), 603–616.
10. Piñero, D. P., Alió, J. L., Alesón, A., Escaf, M., & Miranda, M. (2009). Pentacam posterior and anterior corneal aberrations in normal and keratoconic eyes. Clinical & experimental optometry, 92(3), 297–303.

11. Artal, P. Guirao, A. (1998). Contributions of the cornea and lens to the aberrations of the human eye. *Optics Letters*, 23, 1713–1715.
12. Bowling, B. (2016). *Kanski's clinical ophthalmology* (pp. 168). Edinburgh: Elsevier.
13. Dubbelman, M., Sicarn, V., & Van der Heijde, G. L. (2006). The shape of the anterior and posterior surface of the aging human cornea. *Vision Research*, 46(6–1), 993–1001.
14. Dua, H. S.; Faraj, L. A.; Said, D. G.; Gray, T.; Lowe, J. (2013). "Human Corneal Anatomy Redefined: A Novel Pre–Descemet's Layer (Dua's Layer)". *Ophthalmology*. 120 (9): 1778–1785.
15. American Academy of Ophthalmology. (2018–2019). *Fundamentals and Principles of Ophthalmology*. Basic and Clinical Science Course. Section2. chapter 2.p:47–49.
16. Fattouh J et al. (2011–2012). *Eye disease*. Faculty of medicine.Damascus university. Chap:8. p:199–202.
17. Thylefors B. A global initiative for elimination of avoidable blindness. *American Journal of Ophthalmology*, 1998, 125: 90–93..
18. Rao GN, Khanna R, Payal A. The global burden of cataract. *Curr Opin Ophthalmol*. 2011; 22: 4–9.
19. Albert DM, Edwards DD. (1996). *Ophthalmology before Hippocrates*, In: *The History of Ophthalmology*, Albert DM, Edwards DD. Cambridge, Mass., Blackwell Science.
20. Andersen Ry S. (1997). The eye and its diseases in Ancient Egypt. *Acta Ophthalmol Scand* 1997;75:338–344.
21. Surgical And Nonsurgical trauma Foundation. (2005). *Duane 's clinical ophthalmology*. Volume 3,Chapter 6.

22. Rao, GN; Khanna, R; Payal, A (January 2011). "The global burden of cataract". Current Opinion in Ophthalmology. 22 (1): 4–9.
23. "Cataract Data and Statistics | National Eye Institute". www.nei.nih.gov. Retrieved 2019–11–18.
24. Neale RE, Purdie JL, Hirst LW, Green AC (November 2003). "Sun exposure as a risk factor for nuclear cataract". Epidemiology. 14 (6): 707–12.
25. avitt JC, Wang F, West SK (1996). "Blindness Due to Cataract: Epidemiology and Prevention". Annual Review of Public Health. 17: 159–77.
26. Bollinger KE, Langston RH (2008). "What can patients expect from cataract surgery?". Cleveland Clinic Journal of Medicine. 75 (3): 193–96, 199–200.
27. Spencer RW, Andelman SY (1965). "Steroid cataracts. Posterior subcapsular cataract formation in rheumatoid arthritis patients on long term steroid therapy". Arch. Ophthalmol. 74: 38–41.
28. Greiner JV, Chylack LT (1979). "Posterior subcapsular cataracts: histopathologic study of steroid-associated cataracts". Arch. Ophthalmol. 97 (1): 135–44.
29. Yanoff, Myron; Duker, Jay S. (2008). Ophthalmology (3rd ed.). Edinburgh: Mosby. p. 412.
30. WHO factsheets (Fact sheet N°214) The Global Initiative for the Elimination of Avoidable Blindness.

31. Van den Bruel, A., Gailly, J., Devriese, S., Welton, N. J., Shortt, A. J., & Vrijens, F. (2011). The protective effect of ophthalmic viscoelastic devices on endothelial cell loss during cataract surgery: a meta-analysis using mixed treatment comparisons. *British Journal of Ophthalmology*, 95(1), 5-10.
32. Gimbel, H. V., Sofinski, S. J., Kurteeva, K., & Rauser, M. (2003). AdvanTec Legacy System and the NeoSoniX handpiece. *Current opinion in ophthalmology*, 14(1), 31-34.
33. Amar agarwal , David F.Chang ; Phaco Nightmares: Conquering Cataract Catastrophes.2006;chapter13.
34. Apple DJ, Harold Ridley MA, MD. A golden anniversary celebration and a golden age. *Arch Ophthalmol* 117:827, 1999
35. Ridley H: Intraocular acrylic lenses-past, present and future. *Trans Ophthalmol Soc UK* 84:5, 1964.
36. Ostri, C., Lund-Andersen, H., Sander, B., & La Cour, M. (2011). Phacoemulsification cataract surgery in a large cohort of diabetes patients: visual acuity outcomes and prognostic factors. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 37(11), 2006-2012.
37. Dosso, A. A., Bonvin, E. R., & Leuenberger, P. M. (1997). Exfoliation syndrome and phacoemulsification. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 23(1), 122-125.
38. Menkhaus, S., Motschmann, M., Kuchenbecker, J., & Behrens-Baumann, W. (2000). Pseudoexfoliation (PEX) syndrome and intraoperative complications in cataract surgery. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, 216(6), 388-392.

39. Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, Sarayba M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. J Refract Surg. 2009;25:1053-1060.
40. Hammer, T., Schlötzer-Schrehardt, U., & Naumann, G. O. (2001). Unilateral or asymmetric pseudoexfoliation syndrome?: an ultrastructural study. Archives of ophthalmology, 119(7), 1023-1031.
41. Herrmann W, Helbig H, Heimann H (2011). "Pseudophakie-Ablatio". Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde. 228 (3): 195-200.
42. Behndig A, Montan P, Stenevi U, Kugelberg M, Lundström M (August 2011). "One million cataract surgeries: Swedish National Cataract Register 1992-2009". J. Cataract Refract. Surg. 37 (8): 1539-45.
43. Gault, Janice; Vander, James (2015), Ophthalmology Secrets in Color, Elsevier Health Sciences, p. 221,
44. Koch MJ, Kohnen T. Refractive cataract surgery. Curr Opin Ophthalmol. 1999;10:10-15.
45. Naumann; Holbach; Kruse, eds. (2008), "Complications After Cataract Surgery", Applied Pathology for Ophthalmic Microsurgeons, Springer Science & Business, p. 247,
46. Barequet IS, Yu E, Vitale S, Cassard S, Azar DT, Stark WJ. Astigmatism outcomes of horizontal temporal versus nasal clear corneal incision cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2004;30:418-423.
47. Kohnen S, Neuber R, Kohnen T. Effect of temporal and nasal unsutured limbal tunnel incisions on induced astigmatism after phacoemulsification. J Cataract Refract Surg. 2002;28:821-825.

48. Roman SJ, Auclin FX, Chong-Sit DA, Ullern MM. Surgically induced astigmatism with superior and temporal incisions in cases of with-the-rule preoperative astigmatism. J Cataract Refract Surg. 1998 Dec;24(12):1636-41.
49. Johansson, B. et al. J Cataract Refract Surg 2007;33(9):1565-1572.
50. Preeti Garg, Chetanya P. Gupta, Daya Chand Gupta. "Surgically Induced Astigmatism after 2.8mm Temporal and Nasal Clear Corneal Incisions in Phacoemulsification Cataract Surgery of Same Patient". Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences 2015; Vol. 4, Issue 31, April 16; Page: 5308-5313.
51. Atchinson DA, Smith G. Schematic eyes. In: Atchinson DA, Smith G, editors. Optics of the human eye. London: Butterworth-Heinemann; 2000. Appendix 3.6.
52. Hofer H, Artal P, Singer B, et al. Dynamics of the human eye wave aberration. J Opt Soc Am A. 2001;18(3):497-506.
53. Jennings JAM, Charman WN. Off-axis image quality in the human eye. Vis Res. 1981;21(4):445-55.
54. Lombardo M, Lombardo G. Wave aberration of human eyes and new descriptors of image optical quality and visual performance. J Cataract Refract Surg. 2010;36(2):313-31.
55. Sinjab MM. Wavefront science. In: Five steps to start your refractive surgery: a case-based systematic approach. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2014. p. 49-78.
56. Charman WN. The optics of the eye. In: Bass M, editor. Handbook of optics. 2nd ed. New York(NY): Mcgraw-Hill; 1995.

57. Charman, WN (Jun 2005). "Wavefront technology: past, present and future". *Contact Lens & Anterior Eye : The Journal of the British Contact Lens Association*. 28 (2): 75–92.
58. Montés-Micó R, Cáliz A, Alió JL. Wavefront analysis of higher order aberrations in dry eye patients. *J Refract Surg*. 2004;20:243–7.
59. Koh S. Irregular astigmatism and higher-order aberrations in eyes with dry eye disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018;59:DES36–40.
60. Montés-Micó R, Cerviño A, Ferrer-Blasco T, García-Lázaro S, Ortí-Navarro S. Optical quality after instillation of eyedrops in dry-eye syndrome. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36:935–40.
61. Howland, H. C & Buettner, J. (1989). Computing high order wave aberration coefficients from variations of best focus for small artificial pupils. *Vision Research*, 29, 979–983.
62. Charman W.N., Jennings J.A., Whitefoot H. The refraction of the eye in the relation to spherical aberration and pupil size. *Br J Physiol Opt*. 1978;32:78–93.
63. Comastri SA, Martin G, Pfortner T. Analysis of pupil and corneal wave aberration data supplied by the SN CT 1000 Topography System. *Optik*. 2006;117:537–545.
64. Iglesias, I., Berrio, E., & Artal, P. (1998). Estimates of the ocular wave aberration from pairs of double-pass retinal images. *Journal of Optical Society of America A, Optics, Images, Science, and Vision*, 15, 2466–2476.

65. Navarro, R., Moreno, E., & Dorronsoro, C. (1998). Monochromatic aberrations and point-spread functions of the human eye across the visual field. *Journal of Optical Society of America A, Optics, Images, Science, and Vision*, 15, 2522–2529.
66. Liang, J. Grimm, B. Goelz, S. Bille, J. F. (1994). Objective measurement of the wavefront aberration of the human eye with the use of a Hartmann–Shack sensor. *Journal of the Optical Society of America A*, 11, 1949–1957.
67. Liang, J. Williams, D. R. (1997). Aberrations and retinal image quality of the normal human eye. *Journal of the Optical Society of America A*, 14, 2873–2883.
68. Liang, J. Williams, D. R. Miller, D. T. (1997). Supernormal vision and high-resolution retinal imaging through adaptive optics. *Journal of the Optical Society of America A*, 14, 2884–2892.
69. Walsh, G., Charman, W. N., & Howland, H. C. (1984). Objective technique for the determination of monochromatic aberrations of the human eye. *Journal of Optical Society of America A, Optics, Images, Science, and Vision*, 1, 987–992.
70. J.C. He, S.A. Burns, S. Marcos. The change in the aberration of the human eye with accommodation. *Investigative Ophthalmology and Visual Science (Suppl.)*, 39 (1998), p. 396.
71. J.C. He, S. Marcos, R.H. Webb, S.B. Burns. Measurement of the wave-front aberration using a fast psychophysical procedure . *Journal of the Optical Society of America A*, 15 (1998), pp. 2449–2456.

72. Calver, R. I., Cox, M. J., & Elliott, D. B. (1999). Effect of aging on the monochromatic aberrations of the human eye. *Journal of Optical Society of America A, Optics, Images, Science, and Vision*, 16, 2069–2078.
73. Porter, J., Guirao, A., Cox, I. G., & Williams, D. R. (2001). Monochromatic aberrations of the human eye in a large population. *Journal of Optical Society of America A, Optics, Images, Science, and Vision*, 18, 1793–1803.
74. He JC, Sun P, Held R, Thorn F, Sun X, Gwiazda E. Wavefront aberrations in eyes of emmetropic and moderately myopic school children and young adults. *Vis Res.* 2002;42(8):1063–1070.
75. Paquin MP, Hamam H, Simonet P. Objective measurement of optical aberrations in myopic eyes. *Optom Vis Sci.* 2002;79(5):285–291.
76. Carkeet A, Luo H, Tong L, Saw S, Tan D. Refractive error and monochromatic aberrations in Singaporean children. *Vision Res.* 2002;42:1809–1824.
77. Cheng, H., Barnett, J. K., Vilupuru, A. S., Marsack, J. D., Kasthurirangan, S., & Applegate, R. A., et al. (2004a). A population study on changes in wave aberrations with accommodation. *Journal of Vision*, 4, 272–280.
78. Fujikado T, Kuroda T, Ninomiya S, Maeda N, Tano Y, Oshika T, Hirohara Y, Mihashi T. Age-related Changes in Ocular and Corneal Aberrations. *Am J Ophthalmol.* 2004;138(1):143–146.
79. T.–W. Leung, A. K.–C. Lam, and C.–S. Kee, “Ocular aberrations and corneal shape in adults with and without astigmatism,” *Optometry and Vision Science*, vol. 92, no. 5, pp. 604–614, 2015.

80. Anbar, M., Mohamed Mostafa, E., Elhawary, A. M., Awany, I., Farouk, M. M., & Mounir, A. (2019). Evaluation of Corneal Higher-Order Aberrations by Scheimpflug-Placido Topography in Patients with Different Refractive Errors: A Retrospective Observational Study. *Journal of ophthalmology*, 2019, 5640356.
81. Kirwan C, O'Keefe M, Soeldner H. Higher-order aberrations in children. *Am J Ophthalmol*. 2006;141:67-70.
82. He, J. C. Burns, S. A. Marcos, S. (2000). Monochromatic aberrations in the accommodated human eye. *Vision Research*, 40, 41-48.
83. Ninomiya, S. Fujikado, T. Kuroda, T. Maeda, N. Tano, Y. Oshika, T. (2002). Changes of ocular aberration with accommodation. *American Journal of Ophthalmology*, 134, 924-926.
84. Artal P, Berrio E, Guirao A, et al. Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*. 2002;19(1):137-43.
85. Brunette I, Bueno JM, Parent M, Hamam H, Simonet P. Monochromatic aberrations as a function of age, from childhood to advanced age. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44(12):5438-5446.
86. Mclellan J, Marcos S, Burns S. Age related changes in monochromatic wave aberrations in human eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 20;42(6):1390-5.
87. Mahajan VN. Zernike circle polynomials and optical aberrations of systems with circular pupil. *Appl Opt*. 1994;33(34):8121-4.
88. Lakshminarayanan, V.; Fleck, Andre (2011). "Zernike polynomials: a guide". *J. Mod. Opt.* 58 (7): 545-561.
89. Kintner, E. C. (1976). "On the mathematical properties of the Zernike Polynomials". *Opt. Acta*. 23 (8): 679-680.

90. Klyce SD, Karon MD, Smolek MK. Advantages and disadvantages of the Zernike expansion for representing wave aberration of the normal and aberrated eye. J Refract Surg. 2004;20(5):S537–41.
91. Smolek MK, Klyce SD.. Zernike polynomial fitting fails to represent all visually significant corneal aberrations. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2003; 44(11): 4676–4681.
92. GM. Comparison of wavefront reconstructions with Zernike polynomials and Fourier transforms. J Refract Surg. 2006; 22(9): 943–948. PMID: 17124894.
93. Gatinel D, Malet J, Dumas L. A new polynomial decomposition method for ocular wavefront analysis Opt Lett. 2018;2:6
94. Marsack JD, Thibos LN, Applegate RA (2004) Metrics of optical quality derived from wave aberrations predict visual performance. J Vis 4(4):322–328.
95. Applegate RA, Ballentine C, Gross H, Sarver EJ, Sarver CA. Visual acuity as a function of Zernike mode and level of root mean square error. Optom Vis Sci. 2003; 80(2):97–105.
96. Van Meeteren A. (1974). Calculations on the optical modulation transfer function of the human eye for white light. Journal of Modern Optics, 21 (5), 395–412.
97. Watson A. B. (2013). A formula for the mean human optical modulation transfer function as a function of pupil size. Journal of Vision, 13 (6): 18, 1–11.
98. Jenkins T. C. A. (1963). Aberrations of the eye and their effects on vision: Part 1. British Journal of Physiological Optics, 20, 59–91.

99. Hartmann, J. (1904). "Objektivuntersuchungen". Zeitschrift für Instrumentenkunde. Berlin: Verlag von Julius Springer. 24: 1–25, 33–47, 97–117.
100. Shack, R.V. (1971). Smith, F. Dow (ed.). "Production and use of a lenticular Hartmann screen". Journal of the Optical Society of America (Oral presentation). Ramada Inn, Tucson, Arizona. 61 (5): 656.
101. Thibos LN. Principles of Hartmann–Shack aberrometry. J Refract Surg. 2000;16(5):S563–5.
102. Mrochen M, Kaemmerer M, Mierdel P, et al. Principles of Tscherning aberrometry. J Refract Surg. 2000;16(5):S570–1.
103. Molebny VV, Panagopoulou SI, Molebny SV, et al. Principles of ray tracing aberrometry. J Refract Surg. 2000;16(5):S572–5.
104. Rozema JJ, Van Dyck DE, Tassignon MJ. Clinical comparison of 6 aberrometers. Part 2: statistical comparison in a test group. J Cataract Refract Surg. 2006;32(1):33–44.
105. Sharma V, Arora T, Verma S, Sinha R. (2017). Corneal Topography: Newer Horizons. New Investigations in Ophthalmology. India, Jaypee, second edition. p:25–38.
106. MHM. The Scheimpflug Principle—Part I 1996. Accessed July 2017. Available from: <http://www.trenholm.org/hmmerk/SHBG05.pdf>.
107. Gaith, A. A., Elkateb, M. W., & Elseheimy, S. F. (2017). Evaluation of two scheimpflug camera-based devices in the analysis of keratoconus. The Egyptian Journal of Cataract and Refractive Surgery, 23(1), 23.
108. Corbett, M., Maycock, N., Rosen, E., & O'Brart, D. (2019). Corneal topography: principles and applications. Springer.

109. Atchison DA. Wavefront aberrations and their clinical application. Clin Exp Optom. 2009;92(3):171–172.
110. Endl MJ, Martinez CE, Klyce SD, et al. Effect of larger ablation zone and transition zone on corneal optical aberrations after photorefractive keratectomy. Arch Ophthalmol. 2001;119(8):1159–64.
111. LASIK Quality of Life Collaboration Project. FDA website. www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/SurgeryandLifeSupport/LASIK/ucm190291.htm?source=govdelivery&utm_medium=email&utm_source=govdelivery. Updated Oct. 30, 2014.
112. Kim A, Chuck RS. Wavefront-guided customized corneal ablation. Curr Opin Ophthalmol. 2008 Jul;19(4):314–20. doi: 10.1097/ICU.0b013e328302ccae. PMID: 18545014.
113. Wallman, J. (1993). Retinal control of eye growth and refraction. Progress in Retinal Research, 12, 133– 153.
114. Bellucci R, Morselli S, Piers P. Comparison of wavefront aberrations and optical quality of eyes implanted with five different intraocular lenses. J Refract Surg. 2004;20(4):297–306.
115. Awwad ST, Warmerdam D, Bowman RW, et al. Contrast sensitivity and higher order aberrations in eyes implanted with AcrySof IQ SN60WF and AcrySof SN60AT intraocular lenses. J Refract Surg. 2008;24(6):619–25.
116. Jafri B, Li X, Yang H, Rabinowitz YS. Higher order wavefront aberrations and topography in early and suspected keratoconus. J Refract Surg. 2007;23:774–781.
117. Gobbe M, Guillon M. Corneal wavefront aberration measurements to detect keratoconus patients. Cont Lens Anterior Eye. 2005;28(2):57–66.

118. Colak HN, Kantarci FA, Yildirim A, et al. Comparison of corneal topographic measurements and high order aberrations in keratoconus and normal eyes. *Cont Lens Anterior Eye*. 2016;39:380–384.
119. Sabesan, R., & Yoon, G. (2009). Visual performance after correcting higher order aberrations in keratoconic eyes. *Journal of vision*, 9(5), 1–10.
120. Sabesan R, Jeong TM, Carvalho L, Cox IG, Williams DR, Yoon G. Vision improvement by correcting higher–order aberrations with customized soft contact lenses in keratoconic eyes. *Optics Letters*. 2007;32:1000–1002.
121. Manns F, Fernandez V, Zipper S, et al. Radius of curvature and asphericity of the anterior and posterior surface of human cadaver crystalline lenses. *Exp Eye Res*. 2004;78(1):39–51.
122. Kohnen T, Klaproth OK, Bu“hren J. Effect of intraocular lens asphericity on quality of vision after cataract removal. *Ophthalmology*. 2009; 116:1697–1706.
123. Bellucci, R., Morselli, S., & Pucci, V. (2007). Spherical aberration and coma with an aspherical and a spherical intraocular lens in normal age matched eyes. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 33(2), 203–209.
124. Charman WN. The Charles F. Prentice Award Lecture: Optics of the human eye: Progress and problems. *Optom Vis Sci*. 2006;83(6):335–345.
125. R K Luneberg, *Mathematical theory of optics* (University of California Press, Berkeley, 1964).
126. Thibos LN, Bradley A, Liu T, Lopez–Gil N. Spherical aberration and the sign of defocus. *Optometry Vis Sci*. 2013;90(11):1–8.
127. Calossi A. Corneal asphericity and spherical aberration. *J Refract Surg*. 2007;23:505–514.

128. Gooch J.W. (2011) Spherical Aberration. In: Gooch J.W. (eds) Encyclopedic Dictionary of Polymers. Springer, New York, NY.
129. Cheng X, Xu J, Chehab K, Exford J, Brennan N. Soft contact lenses with positive spherical aberration for myopia control. *Optom Vis Sci.* 2016;93(4):353–366.
130. Amano S, Amano Y, Yamagami S, Miyai T, Miyata K, Samejima T, Oshika T. Age-related changes in corneal and ocular higher-order wavefront aberrations. *Am J Ophthalmol.* 2004 Jun;137(6):988–92.
131. Oshika T, Klyce SD, Applegate RA, Howland HC. Changes in corneal wavefront aberrations with aging. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1999; 40:1351–1355.
132. W. T. Welford, *Aberrations of Optical Systems* (Hilger, 1986).
133. Holladay JT, Piers PA, Koranyi G, van der Mooren M, Norrby NES. A new intraocular lens design to reduce spherical aberration of pseudophakic eyes. *J Refract Surg.* 2002; 18:683–691.
134. Beiko GH, Haigis W, Steinmueller A. Distribution of corneal spherical aberration in a comprehensive ophthalmology practice and whether keratometry can predict aberration values. *J Cataract Refract Surg.* 2007; 33:848–858.
135. de Sanctis U, Vinai L, Bartoli E, Donna P, Grignolo F. Total spherical aberration of the cornea in patients with cataract. *Optom Vis Sci.* 2014; 91:1251–1258.
136. Shimozone M, Uemura A, Hiramami Y, Ishida K, Kurimoto Y. Corneal spherical aberration of eyes with cataract in a Japanese population. *J Refract Surg.* 2010; 26:457–459.

137. Al-Sayyari TM, Fawzy SM, Al-Saleh AA. Corneal spherical aberration in Saudi population. *Saudi J Ophthalmol.* 2014; 28:207–213.
138. Assaf A, Kotb A. Ocular aberrations and visual performance with an aspheric single-piece intraocular lens: Contralateral comparative study. *J Cataract Refract Surg.* 2010; 36:1536–1542.
139. Lai YJ, Yeh SI, Cheng HC. Distribution of corneal and ocular spherical aberrations in eyes with cataract in the Taiwanese population. *Taiwan J Ophthalmol.* 2015; 5:72–75.
140. Wang L, Dai E, Koch DD, Nathoo A. Optical aberrations of the human anterior cornea. *J Cataract Refract Surg.* 2003; 29:1514–1521.
141. Denoyer, A. et al. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(3):496–503.
142. Li ZH, Jia LX, Huang YF. Analysis of corneal spherical aberration in patients before and after phacoemulsification. *Eye Sci.* 2012; 27:165–168.
143. Taketani F, Yukawa E, Yoshii T, Sugie Y, Hara Y. Influence of intraocular lens optical design on high-order aberrations. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:969–972.
144. Barbero S, Marcos S, Jiménez-Alfaro I. Optical aberrations of intraocular lenses measured in vivo and in vitro. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis.* 2003;20:1841–1851.
145. Piers PA, Manzanera S, Prieto PM, Gorceix N, Artal P. Use of adaptive optics to determine the optimal ocular spherical aberration. *J Cataract Refract Surg.* 2007 Oct;33(10):1721–6.
146. Nochez Y, Majzoub S, Pisella PJ. Effect of residual ocular spherical aberration on objective and subjective quality of vision in pseudophakic eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37(6):1076–81.

147. Altmann GE, Nichamin LD, Lane SS, et al. Optical performance of 3 intraocular lens designs in the presence of decentration. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2005;31(3):574–585.
148. Jafarinasab MR, Feizi S, Baghi AR, Ziaie H, Yaseri M. Aspheric versus Spherical Posterior Chamber Intraocular Lenses. *J Ophthalmic Vis Res*. 2010;5:217–222.
149. Marcos S, Barbero S, Jime´nez–Alfaro I. Optical quality and depth–of–field of eyes implanted with spherical and aspheric intraocular lenses. *J Refract Surg* 2005; 21:223–235.
150. Padmanabhan P, Rao SK, Jayasree R, et al. Monochromatic aberrations in eyes with different intraocular lens optic designs. *J Refract Surg* 2006; 22:172–177.
151. Mester U, Dillinger P, Anterist N. Impact of a modified optic design on visual function: clinical comparative study. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:652–660.
152. Packer M, Fine IH, Hoffman RS, Piers PA. Improved functional vision with a modified prolate intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30:986–992.
153. Werner JS, Elliott SL, Choi SS, et al. Spherical aberration yielding optimum visual performance: Evaluation of intraocular lenses using adaptive optics simulation. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2009;35(7):1229–1233.
154. Ferrer–Blasco, T. Effect of partial and full correction of corneal spherical aberration on visual acuity and contrast sensitivity. *J Cataract Refract Surg* 35, 949–951.

155. Manzanera S, Artal P. Minimum change in spherical aberration that can be perceived. *Biomedical Optics Express*. 2016;7(9):3471–3477.
156. Tan Q-Q, Lin J, Tian J, et al. Objective optical quality in eyes with customized selection of aspheric intraocular lens implantation. *BMC Ophthalmology*. 2019;19(1):152.
157. Eppig T, Scholz K, Löffler A, et al. Effect of decentration and tilt on the image quality of aspheric intraocular lens designs in a model eye. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2009;35(6):1091–1100.
158. Eppig T, Schröder S, Schrecker J, et al. Do aberration neutral intraocular lens designs effectively induce no spherical aberration? In: 35th Congress of the European Society of Cataract and Refractive Surgery. Lisbon 2017.
159. Gillner M, Langenbucher A, Eppig T. Untersuchung der theoretischen Abbildungsqualität asphärischer Intraokularlinsen bei Dezentrierung. Hoya AF-1 iMics1 und Zeiss ASPHINA(TM) (Invent ZO). *Der Ophthalmologe*. 2012;109(3):263–270.
160. Y. Le Grand and S. G. El Hage, *Physiological Optics*, Springer Series in Optical Sciences (Springer, 1980).
161. Kelly, J. E., Mihashi, T., & Howland, H. C. (2004). Compensation of corneal horizontal/vertical astigmatism, lateral coma, and spherical aberration by internal optics of the eye. *Journal of Vision*, 4(4), 262–271.
162. Coletta, N., Han, H., & Moskowitz, A. (2006). Internal compensation of lateral coma aberration: Relationship to refractive error: ARVO EAbstract 1504. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 48.

163. Dubbelman, M., Sicam, V. A. D. P., & van der Heijde, R. G. L. (2007). The contribution of the posterior surface to the coma aberration of the human cornea. *Journal of Vision*, 7, 1–8. doi: 10.1167/7.7.10,
164. Tabernero, J., Piers, P., & Artal, P. (2007). Intraocular lens to correct corneal coma. *Optics Letters*, 32(4), 406–408.
165. Wang L, Koch DD. Ocular higher-order aberrations in individuals screened for refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:1896–1903.
166. Applegate RA. Limits to vision: can we do better than nature? *J Refract Surg*. 2000 Sep–Oct;16(5):S547–51.
167. Solomon JD. Outcomes of corneal spherical aberration–guided cataract surgery measured by the OPD–scan. *J Refract Surg* (Thorofare, NJ : 1995). 2010;26(11):863–9.
168. McCarty CA, Keeffe JE, Taylor HR. The need for cataract surgery: projections based on lens opacity, visual acuity, and personal concern. *British Journal of Ophthalmology*, 1999, 83: 62–65.
169. Klein BEK, Klein R, Moss SE. Incident cataract surgery. The Beaver Dam Eye Study. *Ophthalmology*, 1997, 104: 573–580.
170. Collier Wakefield O, Annoh R, Nanavaty MA. Relationship between age, corneal astigmatism, and ocular dimensions with reference to astigmatism in eyes undergoing routine cataract surgery. *Eye (Lond)*. 2016 Apr;30(4):562–9.

الملاحق

الملحق (1)

البيانات الإحصائية المفصلة للمرضى المشاركين بالدراسة

البيانات الإحصائية المفصلة لمرضى المجموعة A

زوجان الفاصلة	زوجان ثلاثي الوريدات	زوجان الكروي	زوجان رباعي الوريدات	زوجان الحرج الثاني	
0.30	0.46	0.32	0.09	0.12	1
0.33	0.98	0.28	0.08	0.17	2
0.39	1.46	0.30	0.33	0.43	3
0.31	0.49	0.19	0.03	0.07	4
0.33	0.65	0.33	0.02	0.20	5
0.35	0.39	0.34	0.01	0.09	6
0.27	0.11	0.41	0.09	0.03	7
0.23	0.76	0.40	0.04	0.06	8
0.36	1.01	0.30	0.31	0.21	9
0.41	0.61	0.32	0.17	0.20	10
0.39	0.15	0.30	0.02	0.05	11
0.31	0.75	0.30	0.15	0.21	12
0.38	0.64	0.31	0.06	0.10	13
0.45	0.25	0.33	0.08	0.11	14
0.28	0.85	0.36	0.04	0.16	15
0.53	0.59	0.23	0.24	0.21	16
0.32	0.79	0.42	0.16	0.20	17
0.32	0.50	0.29	0.08	0.17	18
0.53	0.54	0.30	0.91	0.10	19
0.41	0.35	0.33	0.24	0.30	20
0.32	0.21	0.30	0.09	0.11	21
0.41	0.55	0.15	0.12	0.06	22
0.58	0.87	0.34	0.13	0.10	23
0.30	0.29	0.30	0.02	0.06	24
0.16	0.95	0.32	0.26	0.17	25
0.41	0.41	0.31	0.21	0.08	26
0.35	0.55	0.32	0.03	0.12	27
0.34	0.88	0.17	0.08	0.43	28
0.33	1.70	0.28	0.18	0.09	29
0.40	0.46	0.30	0.18	0.17	30
0.29	0.44	0.29	0.00	0.12	31
0.33	0.35	0.32	0.08	0.10	32
0.34	0.51	0.39	0.01	0.02	33
0.30	0.75	-0.06	0.11	0.20	34
0.20	1.15	0.28	0.09	0.06	35
0.35	0.35	0.38	0.02	0.03	36
0.20	0.39	0.34	0.16	0.06	37
0.30	0.41	0.41	0.11	0.01	38

قبل التداخل الجراحي	
بعد العمل الجراحي بشهر	
بعد العمل الجراحي بستة أشهر	

البيانات الإحصائية المفصلة لمرضى المجموعة B

زوجان الفاصلة	زوجان ثلاثي الوريدات	زوجان الكروي	زوجان رباعي الوريدات	زوجان الحرج الثاني	
0.39	0.39	0.13	0.11	0.14	1
0.21	0.20	0.04	0.05	0.06	2
0.42	0.42	0.01	0.02	0.03	3
0.66	0.65	0.17	0.03	0.05	4
0.32	0.32	0.27	0.09	0.10	5
0.53	0.24	0.61	0.07	0.07	6
0.51	0.50	0.72	0.30	0.30	7
0.63	0.62	0.31	0.05	0.06	8
0.43	0.01	0.89	0.14	0.10	9
0.50	0.33	0.97	0.06	0.08	10
0.28	0.16	0.30	0.09	0.11	11
0.42	0.65	0.42	0.02	0.03	12
0.71	0.46	0.98	0.07	0.08	13
0.46	0.04	0.32	0.09	0.09	14
0.42	0.31	0.48	0.24	0.24	15
0.33	0.29	0.45	0.04	0.04	16
0.41	0.37	0.50	0.08	0.08	17
0.52	0.17	0.54	0.05	0.05	18
0.79	0.74	0.79	0.09	0.09	19
0.49	0.35	0.49	0.01	0.01	20
0.51	0.15	0.58	0.05	0.05	21
0.23	0.01	0.22	0.07	0.03	22
0.32	0.30	0.32	0.09	0.09	23
0.15	0.20	0.21	0.14	0.14	24
0.71	0.41	0.38	0.05	0.05	25
0.68	0.40	0.55	0.23	0.19	26
1.46	1.41	1.55	0.28	0.10	27
0.61	0.65	0.61	0.15	0.16	28
0.29	0.15	0.29	0.12	0.13	29
0.60	0.52	0.65	0.10	0.10	30
0.20	0.43	0.22	0.11	0.11	31
1.01	1.15	1.01	0.59	0.79	32
0.69	0.75	0.35	0.09	0.09	33
1.13	1.25	1.13	0.32	0.32	34
0.25	0.49	0.32	0.23	0.23	35
0.64	0.79	0.64	0.08	0.09	36
0.55	0.60	0.28	0.07	0.07	37
2.16	0.43	0.04	0.01	0.02	38

قبل التداخل الجراحي	
بعد العمل الجراحي بشهر	
بعد العمل الجراحي بستة أشهر	

الملحق (2)

الموافقة المستتيرة على المشاركة بالبحث

Syrian Arab Republic

Damascus University

Faculty of Medicine



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الطب البشري

الموافقة المستنيرة على المشاركة بالبحث الذي عنوانه

الزوغانات القرنية قبل وبعد جراحة الساد بجرح قرني 3.2 ملم

أنا الطبيب نزار محمد فؤاد كريزان، طالب الدراسات العليا (ماجستير) في اختصاص أمراض العين وجراحاتها في كلية الطب البشري في جامعة دمشق، أنفذ هذا البحث الذي يهدف إلى دراسة تأثير جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم على الزوغانات القرنية عالية الرتبة، وذلك لدى مرضى الجرح الموافق للقاعدة والجرح المخالف للقاعدة كلاً على حدة.

ويتضمن هذا البحث إجراء ما يأتي:

1- فحص عيني قبل العمل الجراحي. يتضمن فحص الأجفان، وجهاز الدمع، والملتحمة، والقرنية، والحدقة، والغرفة الأمامية، والعدسة، وخلل الانكسار، والقوة الكاسرة للقرنية، وحدّة الإبصار المصححة، والضغط داخل المقلة، وتعداد خلايا بطانة القرنية، وزمن تكسر الطبقة الدمعية، وقعر العين، والطول المحوري الأمامي الخلفي للمقلة.

2- جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية بجرح قرني علوي 3.2 ملم.

3- قياس قيم RMS للزوغانات القرنية عالية الرتبة قبل الجراحة ثم بعد الجراحة بشهر وستة أشهر.

إن موافقتكم على الاشتراك في بحثنا هذا يعني تزويدنا بالمعلومات المتعلقة بمرضكم لملء استبيان خاص بالبحث؛ علماً بأنّ هذه المعلومات ضرورية لمتابعة حالتكم الصحية، وأودّ أن أؤكد أنّ هذه المعلومات ستبقى سرية ولا يمكن لأحد الإطلاع عليها، كما سيرمز المشاركون (إعطاء أرقام دون ذكر أسماء). كذلك أتعهّد بألا أجري أيّ استقصاء غير ضروري لحالة المريض، وألا أعطيه أيّ دواء تجريبيّ أو أيّ تدخل دوائيّ أو استقصائيّ من شأنه أن يؤذي المريض بقصد أو بغير قصد.

كما أودّ أن أشير إلى أنّ المشارك (المريض/الشاهد) لن يحصل على أية تعويضات أو أيّ مقابل ماديّ، كما أنّ رفض المشاركة ليس له أية تبعات، وسينال حقّه من العناية الطبية اللازمة. وعليه فإنّ المشاركة ليست إلزامية ولك الحرية الكاملة في اختيار المشاركة أو رفضها، ولك حقّ الانسحاب متى شئت، فمن يرغب بالمشاركة فليسجل اسمه مع التوقيع أسفل هذه الاستمارة.

المخاطر والفوائد:

- لا توجد أيّ مخاطر للفحوص المجراة لدى المرضى المشاركين في البحث.
- الفوائد تكمن في الحصول على تصور مسبق لما ستؤول إليه الزوغانات القرنية عالية الرتبة بعد جراحة استحلاب العدسة بالأمواج فوق الصوتية عبر جرح قرني علوي 3.2 ملم، وذلك لدى مرضى الحرج الموافق للقاعدة، والحرج المخالف للقاعدة كلاً على حدة؛ ما يزيد من فرصة اختيار العدسة الصناعية الأنسب للمريض، ويدفع للبحث عن تحسينات في طرق إجراء الجرح القرني في حالة حدوث تغييرات كبيرة في زوغانات القرنية.

الموافقة على المشاركة:

لقد اطلعت، وأدركت محتوى الموافقة المستنيرة، وأوافق طوعاً على أن أكون مشاركاً في هذا البحث، وأدرك أنني أملك فرصة الاستفسار عن أيّ أمر؛ مع ضرورة الإجابة، كما أملك الحق في الانسحاب في أيّ وقت أشاء ومن غير أن يعرضني ذلك لأي ضرر، وعليه أوقع.

الرقم المتسلسل للمشارك ()

التوقيع

التاريخ: / /

ملاحظة:

بالنسبة للأشخاص الذين لا يجيدون القراءة والكتابة، شُرح هدف البحث لهم، وأخذت موافقتهم الشفهية بحضور فرد من عائلته.

دمشق في / /

د. نزار محمد فؤاد كريزان 0997305854

البريد الإلكتروني dr.nizarkrezan@gmail.com

الملحق (3)

استمارة المريض الخاصّة بالبحث

استمارة المريض الخاصة بالبحث

بيانات المريض				
رقم الحالة	الاسم	الجنس	العمر	جهة العين
العنوان		رقم الهاتف		
القصة العينية				
السوابق المرضية	السوابق الدوائية	السوابق الجراحية		
القصة الجهازية				
السوابق المرضية	السوابق الدوائية	السوابق الجراحية		
الفحص السريري				
الأجفان	القرنية	الغرفة الأمامية	البلورة	قعر العين
أسواء الانكسار		الحرج القرني		الطول الأمامي الخلفي
IOP		BUT		المعايير الأساسية للتوظيف البطانية القرنية
		ECD	EX	CV

المعلومات الإحصائية			
قيم RMS (ميكرون)	قبل الجراحة	بعد شهر	بعد ثلاثة أشهر
زوجان الفاصلة			
الزوجان ثلاثي الوريقات			
الزوجان الكروي			
الزوجان رباعي الوريقات			
زوجان الحرج الثاني			
زوجانات الرتبة الخامس			
زوجانات الرتبة السادس			
زوجانات الرتبة السابع			
الزوجانات عالية الرتبة			

الملخص باللغة الانكليزية

Abstract

Background: In recent years, the adoption of ocular wavefront measurement in clinical ophthalmology has moved cataract surgery towards refractive surgery where different types of lenses have been designed that can modify the most common corneal high-order aberrations. The goal of cataract surgery is no longer only to restore visual acuity, but also achieving the best quality of vision, and since cataract surgery includes a direct intervention through the cornea to extract the cataract, the researchers went to study the effect of the different dimensions and locations of the corneal incision on the corneal high-order aberrations to take a pre-conceived idea of what these aberrations will lead to after cataract surgery and to choose a suitable prosthetic lens for that.

Objectives: Study the effect of ultrasonic phacoemulsification surgery through a superior 3.2 mm clear corneal incision on corneal high-order aberrations in patients that have “With the rule” astigmatism and “Against the rule” astigmatism separately.

Materials and methods: A prospective, randomized, interventional study involving 76 eyes of 76 age-related cataract patients admitted to the ophthalmological division of Al-Mouwasat University Hospital in Damascus from September 2020 to January 2022. Where a comprehensive ophthalmological examination was performed , and then a corneal topography was performed using Sirius device within a week before ultrasonic phacoemulsification surgery was performed through a superior 3.2 mm clear corneal incision, one month and six months later to study the effect of this surgery on corneal high order aberrations up to seventh order, for the central 6.0-mm zone, then data were collected and analyzed statistically.

Results: We found that the normal mean value of spherical aberration in middle-aged and elderly cataract patients in the Syrian community was $0.29 \pm 0.10 \mu\text{m}$ and that ultrasound phacoemulsification surgery through a superior 3.2 mm clear corneal incision caused a statistically significant increase in Trefoil aberration without other aberrations up to the seventh order of Zernike classification when the corneal astigmatism was “With The Rule”, while this surgery when the corneal astigmatism was “Against The Rule” lead to a statistically significant increase in the Trefoil aberration, coma aberration and Spherical aberration.

Conclusion: We conclude that it is necessary to study the existing corneal Spherical aberration before surgery and adopt it without change when choosing the negative spherical aberration intraocular lens that modified positive corneal Spherical aberration without taking into account the changes caused by ultrasound phacoemulsification surgery with a superior 3.2 mm clear corneal incision in evaluate the spherical aberration of the cornea only when the vertical axis of the cornea is the most convex.

Keywords: High order aberrations, Spherical aberration, Coma aberration, Trefoil aberration, Phacoemulsification.

Syrian Arab Republic
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Damascus University
Faculty of Medicine
Department of Ophthalmology



Corneal Aberrations before and after Cataract Surgery with 3.2–mm Corneal Incision

**A dissertation submitted in partial fulfillment of the
requirements for the Master Degree in Ophthalmology**

By

Nizar Mhd Fouad Krizan

Supervisor

Sameh Issa Md.Ph.D

Faculty of Medicine- Damascus University

2022