الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الطب البشري

قسم أمراض العين وجراحتها

تقييم علاقة الزوغانات القرنية عالية الترتيب بأنماط الطبوغرافيا الطبيعية

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في أمراض العين وجراحتها

إعداد:

د. رهف العك

إشراف:

أ.د. سامح عيسى

2024 م

نوقشت هذه الرسالة وأجيزت بتاريخ / /2025 م

لجنة الحكم وتوقيعات لجنة المناقشة

Apporval

السيد الأستاذ الدكتور عميد كلية الطب البشري في جامعة دمشق

بعد الاطلاع على النسخة المُعدَّلة المُقدَّمة من قبل طالبة الدراسات العليا: رهف وليد العك تبين أنه تم التقيد بكافة الملاحظات وتم إجراء كافة التصويبات المطلوبة.

أعضاء لجنة الحكم:

الدكتور سامح عيسى: الأستاذ في قسم أمراض العين وجراحتها، كلية الطب البشري، جامعة دمشق – مشرفاً.

الاسم: أ.د. سامح عيسى

الدكتور معتز سعد الدين: أستاذ مساعد في قسم أمراض العين وجراحتها، كلية الطب البشري، جامعة دمشق – عضواً

الاسم: أ.م.د. معتز سعد الدين

الدكتور جرجس الداود: الأستاذ في قسم أمراض العين وجراحتها، كلية الطب البشري، جامعة دمشق – عضواً.

الاسم: أ.د. جرجس الداود

تصريح خطي

أنا الموقع أدناه أصرح بعلمي وقبولي:

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

2. أنه لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة تم اقتباسه من عمل آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في جامعة دمشق أو أي جامعة أو معهد تعليمي داخل أو خارج الجمهورية العربية السورية.

الاسم والتوقيع

شكر وتقدير

لابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأولى في الحياة العملية من وقفة نعود فيها إلى أعوامٍ قضيناها مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير من العلم والخبرات العملية باذلين بذلك جهوداً كبيرةً، لذلك اعترافاً وعرفاناً منا كطلاب نهلنا العلم منكم أتقدم بأسمى آيات الشكر والامتنان والتقدير للسادة أعضاء الهيئة التدريسية الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة طوال هذه السنوات وأخص بالشكر الأساتذة الذين تفضلوا مشكورين بالإشراف على البحث:

الأستاذ الدكتور سامح عيسى

الأستاذ الدكتور معتز سعد الدين

الأستاذ الدكتور جرجس الداود

فهرس المحتويات

العنوان	رقم الصفحة
الملخص	1
الجزء التمهيدي	2
1- مقدمة البحث	2
2- مشكلة البحث	3
3- تساؤلات البحث	3
4- الهدف من البحث	3
5- أهمية البحث	4
6- مبررات البحث	4
7- محدوديات البحث	4
8- الدراسات المرجعية	4
9- خلاصة الدراسات المرجعية	5
10- فصول البحث	6
الجزء الأول: الدراسة النظرية	7
الفصل الأول: لمحة جنينية وتشريحية	8
1-1- لمحة جنينية	9
1-2- التشريح العياني	11
1-3- التشريح المجهري	11
الفصل الثاني: طبوغرافيا القرنية	15
2-1- تطور أجهزة طبوغرافيا القرنية:	16
2-2- قراءة طبوغرافيا القرنية	17
2-2-1- تحضير المريض للتصوير	17
2-2-2- التحقق من جودة الصورة	18
2-2-3- قراءة طبوغرافيا القرنية	19
2-3- الأنماط الطبيعية في الطبوغرافيا القرنية	23
الفصل الثالث: الزوغانات البصرية	31
3-1- التمهيد	32

3-2- جودة الرؤية	32
3-3- تعريف الزوغانات	32
3-4- المنشأ العيني للزوغانات	34
3-5-العوامل المؤثرة في الزوغانات	35
3-5-1-علاقة الزوغانات بفلم الدمع	35
3-5-2-علاقة الزوغانات بقطر الحدقة	35
3-5-3-علاقة الزوغانات بالأوساط الكاسرة بالعين	36
3-5-4-علاقة الزوغانات بالمطابقة	36
3-5-5- علاقة الزوغانات بالعمر	37
3-5-6- علاقة الزوغانات بالجنس	37
3-5-7- علاقة الزوغانات بالمجموعات العِرقية	38
3-5-8- علاقة الزوغانات بأنماط الطبوغرافيا الطبيعية:	38
3-6- تصنيف الزوغانات (Classification)	38
3-6-1- تصنيف زيرنكه	38
3-6-2- الزوغانات منخفضة الترتيب	39
3-6-3- الزوغانات عالية الترتيب	40
3-6-4- أشيع الزوغانات عالية الترتيب	41
3-7- قياس الزوغانات	44
3-7-1-وظيفة تبعثر النقطة Point spread function (PSF)	44
3-7-2 نسبة ستريهل Strehl Ratio (SR)	46
3-7-3- وظيفة نقل التعديلات Modulation transfer function	46
3-7-4- جذر مربع المتوسطات Root mean square (RMS)	47
3-7-5- معاملات زيرنكه Zernike Coefficients (ZCs)	47
3-8- تصنيفات أخرى للزوغانات	47
3-8-1- سلبيات تصنيف زيرنكه	47
3-8-2- الزوغان الكروي في تصنيف زيرنكه	48
3-8-3- زوغان الحرج الثانوي في تصنيف زيرنكه	49
3-8-4- تصنيف الزوغانات منخفضة الدرجة/عالية الدرجة (LD/HD)	49
3-9- التطبيقات السريرية (Clinical applications)	50
3-9-1- الجراحة الانكسارية الموجّهة حسب سطح الموجة	51
3-9-2- العدسات المزروعة داخل العين والمصنّعة حسب سطح الموجة	55

3-9-3- التشخيص الباكر للقرنية المخروطية	56
3-9-4- علاج القرنية المخروطية	57
الجزء الثاني: الدراسة العملية	59
الفصل الأول: منهج البحث وأدواته	60
1-1- عينة البحث	61
1-2- خطوات البحث	63
1-2-1- طريقة الدراسة ومراحل البحث	63
1-2-2- متغيرات الدراسة	64
1-2-3- الاعتبارات الأخلاقية	64
1-2-4- الدراسة الإحصائية	65
الفصل الثاني: نتائج البحث	66
2-1- نتائج البحث	67
2-1-1- توصيف العينة	67
2-1-2- الزوغان القرني الكلي عالي الترتيب	69
2-1-3- الزوغان ثلاثي الوريقات	72
2-1-4- زوغان الفاصلة الكلي	75
2-1-5- الزوغان رباعي الوريقات الكلي	78
2-1-6- الزوغان الكروي الكلي	81
2-1-7- زوغان الحرج الثانوي الكلي	85
2-1-8- مقارنة زوغانات الترتيب الثالث والرابع بين أنماط الطبوغرافيا القرنية الطبيعية	88
الفصل الثالث: مناقشة نتائج البحث	89
3-1- مناقشة عينة الدراسة	90
3-2- الزوغان القرني الكلي عالي الترتيب	90
3-3- الزوغان ثلاثي الوريقات الكلي	90
3-4- زوغان الفاصلة الكلي	91
3-5- الزوغان رباعي الوريقات الكلي	91
3-6- الزوغان الكروي الكلي	91
3-7- زوغان الحرج الثانوي الكلي	91
الفصل الرابع: مقارنة مع الدراسات العالمية	92
4-1- مقارنة نسبة انتشار أنماط الطبوغرافيا الطبيعية في العينة	93

4-3- مقارنة قيم الزوغان القرني الكلي	95
4-5- زوغان الفاصلة الكلي	97
4-7- مقارنة الزوغان الكروي القرني الكلي	99
4-8- مقارنة علاقة الزوغانات القرنية عالية الترتيب بأنماط الطبوغرافيا الطبيعية	101
الجزء الثالث: الخاتمة	103
1-1- الاستنتاجات	104
1-2- محددات البحث	104
1-3- التوصيات	105
1-4- الاقتراحات المستقبلية	105
المراجع	106
الملحقات	110
الموافقة المستنيرة	111
الملخص باللغة الإنكليزية	113

قائمة الرسوم والأشكال التوضيحية

الشكل	الصفحة
الشكل 1: تكون الوهدة البصرية والعدسة	9
الشكل 2: تكون طبقات القرنية من هجرة خلايا العرف العصبي	10
الشكل 3: ظهارة القرنية	12
الشكل 4: طبقات القرنية	14
الشكل 5: منظر مجهري لبطانة القرنية	14
الشكل 6: قرص بلاسيدو	17
الشكل 7: جهاز السايروس	17
الشكل 8: التحقق من جودة الصورة في السايروس	18
الشكل 9: الخريطة السهمية	20
الشكل 10: الخريطة المماسية	21
الشكل 11: الترميز اللوني لخريطة الارتفاعات	22
الشكل 12: الشكل الدائري	23
الشكل 13: الشكل البيضوي	23
الشكل 14: شريطة العنق المتناظرة	23
الشكل 15: شريطة العنق غير المتناظرة	24
الشكل 16: الشكل غير المنتظم	24
الشكل 17: الفرق بين شريطة العنق المتناظرة وغير المتناظرة	25
الشكل 18: أنماط الطبوغرافيا هي استمرار لبعضها البعض	25
الشكل 19: الانحدار السفلي	26
الشكل 20: الانحدار العلوي	26
الشكل 21: شريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل	26
الشكل 22: شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي	27
الشكل 23: شريطة العنق غير المتناظرة ذات انحراف سفلي	27
الشكل 24: شريطة العنق غير المتناظرة ذات محور مائل	27
الشكل 25: تصنيف حديث لأنماط الطبوغرافيا الطبيعية	30
الشكل 26: سطح الموجة المثالي	33
الشكل 27: سطح الموجة الزائغ	33
الشكل 28: الزوغان القرني الكلي	34

الشكل	الصفحة
الشكل 29: هرم زيرنكه	40
الشكل 30: تأثير زوغان الفاصلة على الرؤية	41
الشكل 31: تأثير الزوغان الكروي على النقطة الضوئية المرئية	42
الشكل 32: مقارنة بين الزوغان الكروي الموجب والسالب	43
الشكل 33: ورقة البرسيم المشابهة للزوغان ثلاثي الوريقات	43
الشكل 34: أثر الزوغان ثلاثي الوريقات على رؤية النقطة الضوئية	44
الشكل 35: علاقة وظيفة تبعثر النقطة بقطر الحدقة في العين المثالية	45
الشكل 36: علاقة وظيفة تبعثر النقطة بقطر الحدقة في العين الحقيقية الحاوية على الزوغانات	45
الشكل 37: نسبة ستريهل	46
الشكل 38: يوضح جذر مربع المتوسطات	47
الشكل 39: تمثيل الزوغان الكروي وفق تصنيف زيرنكه	48
الشكل 40: مقارنة بين شكل الزوغان الكروي وفق تصنيف زيرنكه وتصنيف (LD/HD)	50
الشكل 41: تطور جراحة الليزك LASIK	53
الشكل 42: تقنية Topography-Guided LASIK	54
الشكل 43: العدسات اللاكروية بنوعيها المصححة والخالية من الزوغان الكروي	56
الشكل 44: مخطط الفطيرة يوضح توزع أنماط الطبوغرافيا في العينة	68
الشكل 45: مخطط الصندوق والساعدين للزوغان القرني الكلي على دائرة 6 ملم	69
الشكل 46: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS للزوغان القرني الكلي عالي الترتيب على دائرة 6 ملم بين أنماط الطبوغرافيا	71
الشكل 47: مخطط الصندوق والساعدين يمثل الزوغان ثلاثي الوريقات على دائرة 6 ملم	72
الشكل 48: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات على دائرة 6 ملم بين أنماط الطبوغرافيا	74
الشكل 49: مخطط الصندوق والساعدين يمثل زوغان الفاصلة على دائرة 6 ملم	75
الشكل 50: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS لزوغان الفاصلة على دائرة 6 ملم بين أنماط الطبوغرافيا	77
الشكل 51: مخطط الصندوق والساعدين يمثل للزوغان رباعي الوريقات على دائرة 6 ملم	78
الشكل 52: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات على دائرة 6 ملم بين أنماط الطبوغرافيا	80
الشكل 53: مخطط الصندوق والساعدين يمثل الزوغان الكروي على دائرة 6 ملم	81

الشكل	الصفحة
الشكل 54: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS للزوغان الكروي على دائرة 6 ملم بين أنماط الطبوغرافيا	84
الشكل 55: مخطط الصندوق والساعدين يمثل زوغان الحرج الثانوي على دائرة 6 ملم	85
الشكل 56: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي على دائرة 6 ملم بين أنماط الطبوغرافيا	86
الشكل 57: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS لزوغانات الترتيبين الثالث والرابع بين أنماط الطبوغرافيا العشر	88

قائمة الجداول

الجدول	الصفحة
الجدول 1: يوضح النسبة المئوية لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا في العينة	68
الجدول 2: الوسيط والمجال بين الربيعات لجذر مربع المتوسطات للزوغان الكلي على دائرة 6 ملم لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا الطبيعية	70
الجدول 3: الوسيط والمجال بين الربيعات لجذر مربع المتوسطات للزوغان ثلاثي الوريقات على دائرة 6 ملم لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا الطبيعية	73
الجدول 4: الوسيط والمجال بين الربيعات لجذر مربع المتوسطات لزوغان الفاصلة على دائرة 6 ملم لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا الطبيعية	76
الجدول 5: الوسيط والمجال بين الربيعات لجذر مربع المتوسطات للزوغان رباعي الوريقات على دائرة 6 ملم لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا الطبيعية	79
الجدول 6: الوسيط والمجال بين الربيعات لجذر مربع المتوسطات للزوغان الكروي على دائرة 6 ملم لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا الطبيعية	83
الجدول 7: الوسيط والمجال بين الربيعات لجذر مربع المتوسطات لزوغان الحرج الثانوي على دائرة 6 ملم لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا الطبيعية	87
الجدول 8: مقارنة انتشار أنماط الطبوغرافيا بين دراستنا والدراسات العالمية	94
الجدول 9: مقارنة بين نتائج دراستنا ودراسات عالمية من حيث قيم RMS للزوغان القرني الكلي	96
الجدول 10: مقارنة بين نتائج دراستنا ودراسات عالمية من حيث قيم RMS لزوغان الفاصلة القرني الكلي	98
الجدول 11: مقارنة بين نتائج دراستنا ودراسات عالمية من حيث قيم RMS للزوغان الكروي القرني الكلي على دائرة 6 ملم	100
الجدول 12: يقارن بين دراستنا ودراسة ميرزجاني فيما يخص العلاقة بين الزوغانات عالية الترتيب وأنماط الطبوغرافيا الطبيعية، وأهم الأنماط التي تزداد فيها الزوغانات	102

الملخص

هدف البحث:

أُولِيَت الزوغانات القرنية عالية الترتيب اهتماماً متزايداً مع تقدم الجراحة الانكسارية، تهدف هذه الدراسة إلى تحري علاقة أهم الزوغانات عالية الترتيب في العيون السليمة مع أنماط الطبوغرافيا الطبيعية وفق تصنيف رابينويتز ، كما تهدف إلى مقارنة القيم المحلية لهذه الزوغانات مع القيم العالمية.

المواد والطرائق:

أجريت دراسة مقطعية مستعرضة على المراجعين لقسم العينية في مشفى المواساة الجامعي ذوي العيون السليمة ممن تراوحت أعمارهم بين 19–40 عاماً، تم قياس الزوغان القرني الكلي عالي الترتيب إضافة إلى زوغانات الترتيب الثالث (الفاصلة وثلاثي الوريقات) والرابع (رباعي الوريقات والكروي والحرج الثانوي) على دائرة 6 ملم بجهاز سايروس.

النتائج:

شملت الدراسة 218 عيناً، وجدت علاقة هامة إحصائياً لكل من الزوغان القرني الكلي وزوغان الفاصلة والزوغان ثلاثي الوريقات مع أنماط الطبوغرافيا الطبيعية، في حين لم يتبين وجود علاقة هامة لأي من الزوغان رباعي الوريقات والكروي والحرج الثانوي مع هذه الأنماط، أما عن مقارنة القيم الطبيعية لهذه الزوغانات مع القيم العالمية فكان هناك اختلاف في معظم هذه القيم، قد يعود ذلك إلى اختلاف العرق أو الجهاز المستخدم.

الخلاصة:

بيَّنت هذه الدراسة أن نمط الطبوغرافيا هو أحد العوامل المؤثرة في الزوغانات عالية الترتيب في القرنيات الطبيعية، قد يكون لهذا دور في التنبؤ بقيمة الزوغان عالي الترتيب بعد الجراحة الانكسارية بناء على نمط الطبوغرافيا قبلها، كما بيَّنت أن المجالات المرجعية المقترحة عالمياً لأهم الزوغانات عالية الترتيب قد لا تكون مناسبة للممارسة المحلية.

الكلمات المفتاحية:

زوغانات قرنية عالية الترتيب– سايروس– أنماط الطبوغرافيا الطبيعية

الجزء التمهيدي

1-مقدمة البحث:

تعدّ العين نظاماً بصرياً ذا عدة عناصر، تسعى مجتمعةً لتركيز الأشعة الضوئية الواردة على الشبكية، وقد تنحرف هذه الأشعة عن المسار المرغوب نظراً لوجود عيب في مكونات هذا النظام، تسمى هذه الانحرافات بالزوغانات البصرية، وهي تسبّب تشوّشاً في الخيال المرئيّ، وقد اهتمّ الباحثون بالزوغانات البصرية العينيّة نظراً لأنها تقلّل نوعية الخيال المتشكّل على الشبكيّة (1, 2).

يمكن التعبير عن زوغان الموجة رياضياً عن طريق سلسلة من كثيرات الحدود تدعى كثيرات حدود زيرنكه، وتقسم الزوغانات حسب تحليل زيرنيكه إلى منخفضة وعالية الترتيب (3, 4)، تشكل الزوغانات منخفضة الترتيب 90% من زوغان الموجة الكلّي في عيون البشر، وتشمل المدّ والحسر واللابؤرية، في حين تمثّل الزوغانات عالية الترتيب نسبةً قليلةً من الزوغان الكلي (≤ 10%)، لكنها تسيء لنوعية الخيال المتشكِّل ولا يمكن تصحيحها بالنظارات ولا بمعظم العدسات اللاصقة (3, 5)، كما أنها قد تكون السّبب في عدم رضا بعض المرضى الخاضعين لجراحة انكساريّة عن الجودة البصريّة التي حصلوا عليها رغم أن قدرتهم البصريّة بلغت 10/10 (6)، وكذلك فهي ذات دور في الكشف الباكر عن القرنيّة المخروطيّة في العيون غير العرضيّة (7).

بناءً على ما تقدم فقد أُولِيَت الزوغانات عالية الترتيب في الجمهرة الطبيعية اهتماماً متزايداً من قبل الباحثين، بهدف تحسين النتائج البصرية بعد الجراحة الانكسارية عن طريق ما يسمى بالاستئصال الموجّه بسطح الموجة (Wavefront-guided ablation)، وأيضاً لتحسين العدسات اللاصقة المصمّمة شخصياً (Customized contact lenses)، كما أن لها تطبيقات عمليّة أخرى كالعدسات اللاكروية المزروعة داخل العين والمصممة لمعاكسة الزوغان الكروي (3, 4).

صنَّف بوغان وزملاؤه أنماط الطبوغرافيا القرنية الطبيعية في 5 أصناف: الشكل الكروي والبيضوي وشريطة العنق المتناظرة وشريطة العنق غير المتناظرة وغير المنتظم (8)، ثم طوّر رابينويتز وزملاؤه هذا التصنيف ليشمل مجموعات أخرى: الانحدار العلوي، والانحدار السفلي، وشريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل، وشريطة العنق غير المتناظرة ذات المحور المائل، وشريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي وشريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي، ليصبح عددها بذلك عشرة أصناف (9)، وسبق أن دُرِست العلاقة بين الزوغانات القرنية عالية الترتيب وأنماط الطبوغرافيا الطبيعية حسب تصنيف بوغان، ولم تدرس حسب تصنيف رابينويتز (10).

أضف إلى ذلك أن قيم الزوغانات عالية الترتيب تختلف تبعاً للعرق المدروس (11, 12).

2-مشكلة البحث:

لا توجد دراسة كافية لتقييم الزوغانات عالية الترتيب في منطقتنا، كما لم تدرس العلاقة بين أنماط الطبوغرافيا الطبيعية والزوغانات عالية الترتيب بشكل كافٍ عالمياً.

3-تساؤلات البحث:

- ما هي القيم الطبيعية لأهم الزوغانات عالية الترتيب في بلدنا؟
- هل هناك علاقة هامة إحصائياً بين الزوغانات القرنية الكلية عالية الترتيب – من الترتيب الثالث والترتيب الرابع– وأنماط الطبوغرافيا الطبيعية؟

4-الهدف من البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحرّي وجود علاقة بين أنماط الطبوغرافيا الطبيعية (حسب تصنيف رابينويتز) والزوغانات القرنية عالية الترتيب من الترتيبين الثالث والرابع على دائرة قطرها 6 ملم.

5-أهمية البحث:

تحرّي العلاقة بين الزوغانات عالية الترتيب وأنماط الطبوغرافيا الطبيعية له أهميّة سريريّة، إذ أنه قد يحسّن جودة وأمان الجراحة الانكساريّة القرنية، وكذلك تصميم العدسات اللاصقة، وقد يؤثر على اختيار العدسة المزروعة داخل العين بعد عمليات السّاد وعمليات استخراج العدسة الشفافة الانكسارية، كما أنّ تعمقنا بدراسة الزوغانات القرنية عالية الترتيب قد يقدّم معلومات إضافيّة عن دورها في الكشف الباكر عن القرنية المخروطية.

6-مبررات البحث:

إنّ الحصول على معلومات مفصّلة عن علاقة طبوغرافيا القرنية الطبيعية بالزوغانات عالية الترتيب والوظيفة البصرية قد يعطي نتائج واعدة في تحسين فهم الأمراض التي تصيب سطح القرنية، وكذلك في التنبؤ بنتائج الجراحة الانكسارية، لم تستوفِ هذه العلاقة حقّها من الدراسة بعد، كما أنها لم يسبق أن درست في بلادنا.

7-محدوديات البحث:

سأقيّم في هذه الدراسة الزوغانات عالية الترتيب القرنية حصراً دون النظر إلى الزوغان العيني الكلي، وذلك لأن السطح الأمامي القرني هو أهم وسط كاسر في العين بسبب الفرق الكبير في قرينة الانكسار بين الهواء والقرنية، مما يشير إلى أنه أهم مصدر للزوغانات عالية الترتيب، لكن يبقى الزوغان العيني الكلي أكثر دقةً، وذلك لوجود الزوغان الداخلي الذي قد يعاوض زوغان القرنية (10).

8-الدراسات المرجعية:

- دراسة Mirzajani, A. وزملائه 2016 (10)
- دراسة هاراوكا وزملائه 2018 (13)
- دراسة السياري وزملائه 2014 (14)
- دراسة بيكو وزملائه 2007 (15)

9- خلاصة الدراسات المرجعية:

- وجد Mirzajani, A. أن الزوغانات القرنية عالية الترتيب كانت أعلى بفرق هام إحصائياً في نمطي شريطة العنق غير المتناظرة وغير المنتظم منها في باقي الأنماط (10).
- كما وجدوا أن جذر مربع المتوسطات (Root mean square RMS) لزوغان الفاصلة الكلي (Z_3^{-1} , Z_3^1 , Z_5^{-1}, Z_5^1) أكبر في نمط شريطة العنق غير المتناظرة منه في باقي الأنماط، وأن RMS للزوغان الكروي الكلي(Z_4^0, Z_6^0) أعلى في النمط غير المنتظم مما هو عليه في باقي المجموعات، وكانت هذه النتائج هامة إحصائياً (10).
- وأظهرت هذه الدراسة أن الزوغانات ثلاثية الوريقات ورباعية الوريقات والحرج عالي الترتيب تميل إلى أن تأخذ قيماً أعلى بشكل هام في النمط غير المنتظم (10).
- دراسة هيراوكا كان هدفها تحديد القيم الطبيعية للزوغانات القرنية عالية الترتيب، فتناولت 844 عيناً لـ422 شخصاً، واقترحت مجالاً مرجعياً للزوغانات القرنية الكلية والفاصلة والكروي على دائرة 6 ملم.
- دراسة السياري تناولت الزوغان الكروي القرني عالي الترتيب في عيون السعوديين على دائرة 6 ملم، وشملت 300 عيناً لـ185 شخصاً تراوحت أعمارهم بين ال15 و 85 سنة.
- دراسة بيكو تناولت كذلك الزوغان الكروي القرني عالي الترتيب على دائرة 6 ملم، أجريت على 696 عيناً تراوحت أعمارهم من 19.3–94.1 سنة.

10- فصول البحث:

يمكن تقسيم الجزء النظري إلى عدة فصول:

1- الفصل الأول: لمحة جنينية وتشريحية

2- الفصل الثاني: طبوغرافيا القرنية

3- الفصل الثالث: الزوغانات البصرية

أما الجزء العملي من الدراسة فشمل دراسة الزوغانات القرنية عالية الترتيب حتى الترتيب الرابع عند البالغين السوريين ودراسة علاقاتها مع أنماط الطبوغرافيا الطبيعية، ثم مناقشة النتائج ومقارنتها مع الدراسات العالمية ووضع الاستنتاجات والتوصيات المناسبة.

الجزء الأول: الدراسة النظرية

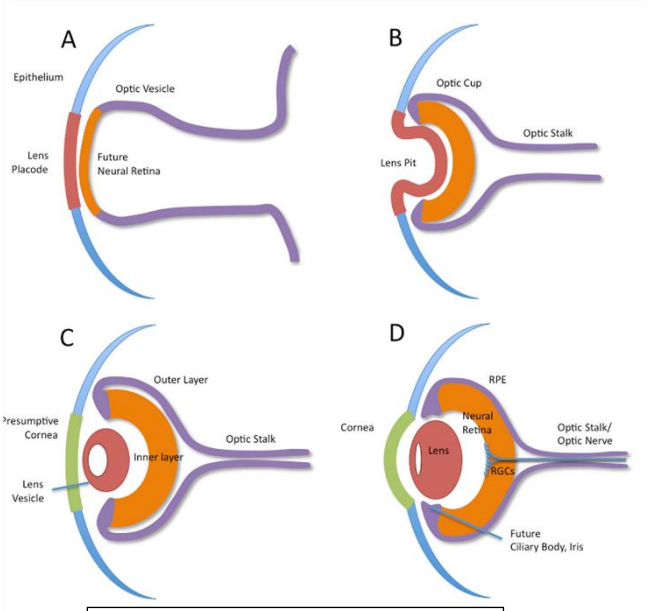
الفصل الأول

لمحة جنينية وتشريحية

1-1- لمحة جنينية:

تشتق العين من الأديم الظاهر بأقسامه الثلاث (الأديم الظاهر الجلدي والأديم الظاهر العصبي والعرف العصبي) والأديم المتوسط، تشتق ظهارة القرنية من الأديم الظاهر الجلدي (surface ectoderm)، أما اللحمة والبطانة فهما مشتقان من خلايا العرف العصبي (1).

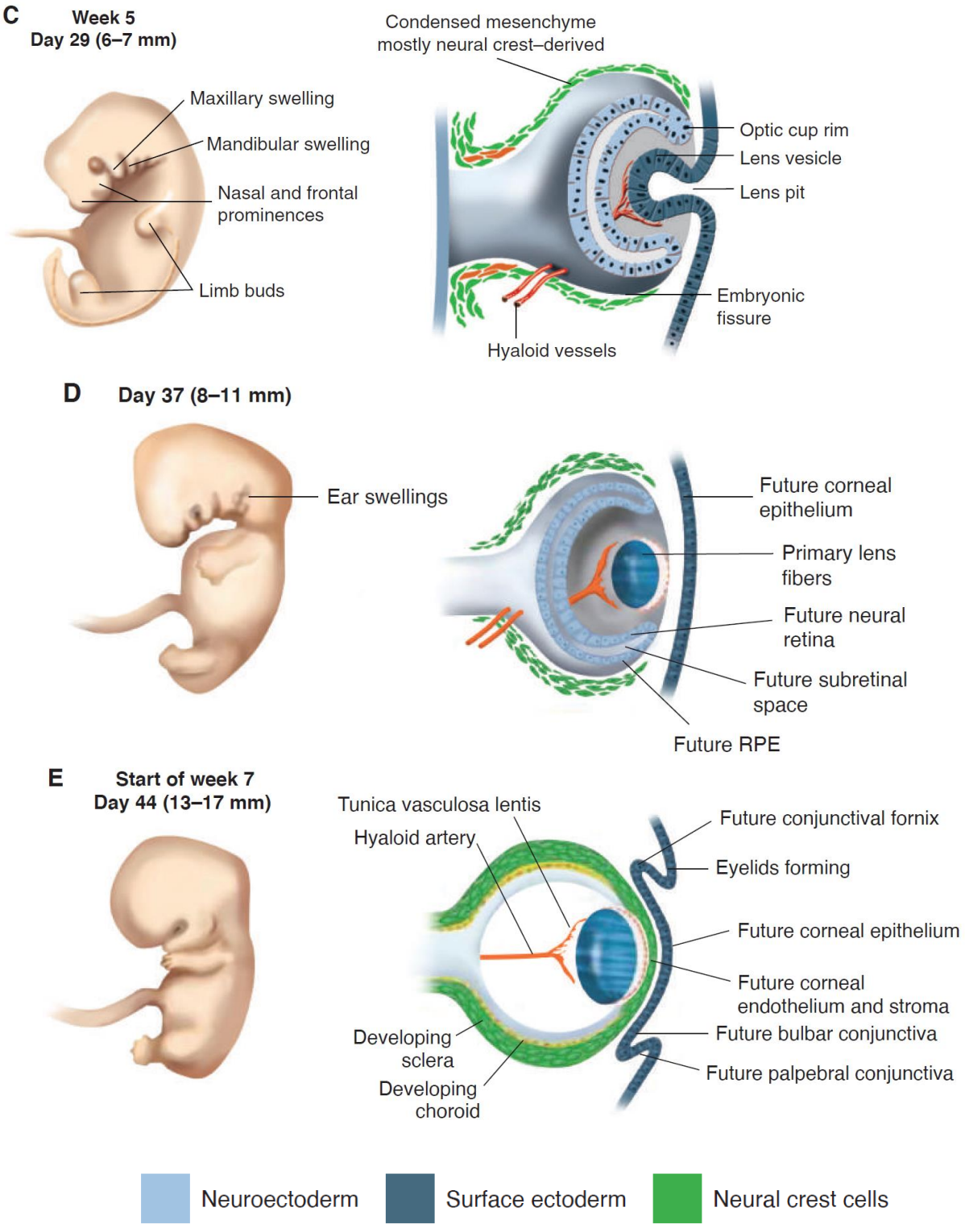
تظهر البداءة العينية في اليوم 22 من الحياة الجنينية، حيث يظهر ثلمان بصريان مشتقان من الأديم الظاهر العصبي على جانبي الخط الناصف، يتعمق هذا الثلم مشكلاً الوهدة البصرية التي تتطور بدورها إلى الحويصل البصري، عندما يلامس هذا الحويصل الأديمَ الظاهر الجلدي يبدأ بالانغلاف مشكلاً التقعر البصري (الشكل1 a,b)، ثم ينغلف الأديم الظاهر الجلدي داخل التقعر مشكلاً العدسة (الشكل1 c,d) (1).



الشكل 1: تكون الوهدة البصرية والعدسة

ينغلق الأديم الظاهر فوق وهدة العدسة (optic pit) معطياً ظهارة القرنية، يتبع هذه العملية ثلاثُ هجرات للخلايا المشتقة من العرف العصبي، أولها تعطي خلايا بطانة القرنية، في حين تمر خلايا الهجرة الثانية بين الظهارة والبطانة معطية خلايا لحمة القرنية (keratocytes)، أما الثالثة فهي هجرة لخلايا تعود للعرف العصبي وللأديم المتوسط معاً تساهم في تشكيل القزحية (الشكل 2) (1).

يحدث معظم نمو العين خلال السنة الأولى من الحياة، يبلغ قطر القرنية الأفقي عند الولادة 9.5-10.5 ملم وسطياً، ويصل إلى ما هو عليه عند البالغ (12 ملم) بعمر سنتين، وتتغير كذلك القوة الكاسرة للقرنية، فعند الولادة تكون قيمة K مساوية لـ 52.00 كسيرة تقريباً، ثم تنخفض إلى 46.00 كسيرة بعمر 6 أشهر، وتصل إلى قيمتها عند البالغ (42.00-44.00) بعمر 12 شهر (16, 17).



الشكل 2: تكون طبقات القرنية من هجرة خلايا العرف العصبي

1-2- التشريح العياني:

تشكل القرنية والصلبة الجدار الخارجي لكرة العين، وتُعدّ القرنية نسيجاً شفافاً وغير موعّىً، وهي مسؤولة مع فلم الدمع عن السطح الأمامي الكاسر للعين؛ حيث تسهم القرنية بثلثي القوة الكاسرة للعين بحوالي 40-44 كسيرة (17).

يبلغ قطر القرنية الأفقي لدى البالغ 11.5- 12.0 ملم وسطياً، وهو أكبر من القطر العمودي بحوالي 1 ملم، أما ثخانة القرنية فتساوي 0.5 ملم في المركز وتزداد تدريجياً نحو المحيط، وتأخذ القرنية شكلاً متطاولاً (prolate)، فهي مسطحة في المحيط وأكثر تحدباً في المركز، أي أنها غير كروية (aspheric)، كما تكون الناحية الأنفية والعلوية أكثر تسطحاً منها في الناحية الصدغية والسفلية، وتبلغ قرينة انكسار القرنية (1.376) (17).

يبلغ نصف قطر انحناء الوجه الأمامي 7.8 ملم، وهو أقل من نصف قطر انحناء الصلبة البالغ 11.5 ملم، مما يترك منطقة انتقالية بينهما يبلغ عرضها 1.5-2 ملم وتدعى الحوف، ويبلغ نصف قطر انحناء الوجه الخلفي 6.5 ملم (17).

1-3- التشريح المجهري:

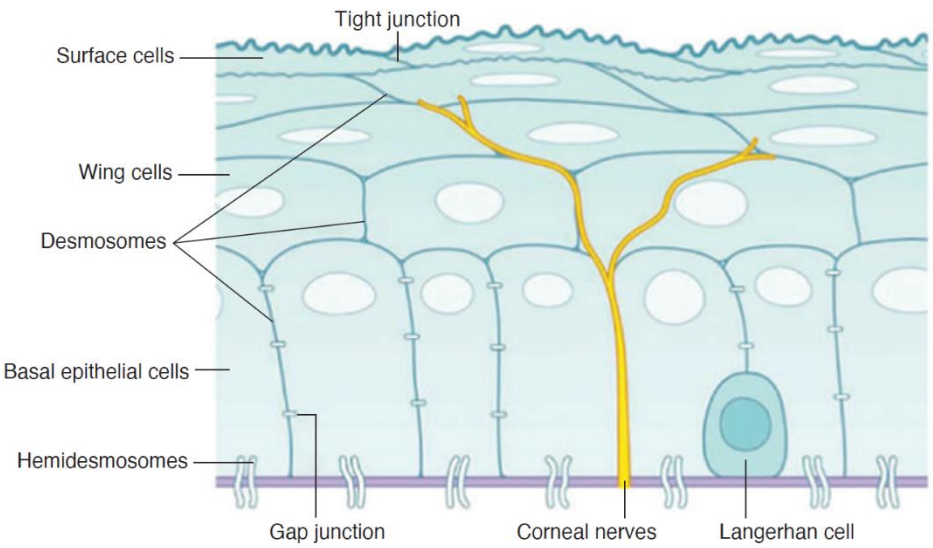
تتألف القرنية من خمس طبقات، وهي بالترتيب من الخارج إلى الداخل:

1- ظهارة القرنية (Corneal epithelium):

هي ظهارة مطبّقة حرشفية غير متقرنة، تبلغ سماكتها حوالي 40 - 50 مكرون، وتتألف من 4-6 طبقات تشمل 3 أنواع من الخلايا: الخلايا السطحية، والمجنّحة، والقاعدية (الشكل 3) (18):

- الخلايا السطحية: خلايا مسطحة مضلعة الشكل، وتمتلك زغابات مجهرية على سطحها لتزيد مساحة سطح التماس بين الطبقة المخاطية من فيلم الدمع والغشاء الخلوي، وتتصل فيما بينها باتصالات قوية (Tight junctions) تمنع الدمع من الاندخال فيما بينها.
- الخلايا الجناحية: مكوّنة من 2–3 طبقات من الخلايا وسميت جناحية لأن شكلها يشبه الجناح، وتتصل كذلك فيما بينها باتصالات قوية (Tight junctions).
- الخلايا القاعدية: طبقة وحيدة من خلايا أسطوانية الشكل، وتحوي عدداً كبيراً من العضيَّات داخل الخلوية، وهي الخلايا القرنية الظهارية الوحيدة التي يطرأ عليها انقسام منصِّف.

تبلغ سماكة الغشاء القاعدي للخلايا الظهارية 0.05 مكرون، ويتألف بشكل أساسي من الكولاجين من النمط الرابع واللامينين (laminin) المنتجان من الخلايا الظهارية، يترمم الغشاء القاعدي بعد الأذيات، وتمتد عملية ترميمه حتى 6 أسابيع، خلال هذه المدة يكون التصاق الظهارة بالغشاء القاعدي الحديث ضعيفاً (17).



الشكل 3: ظهارة القرنية

2- طبقة بومان (Bowman's Layer):

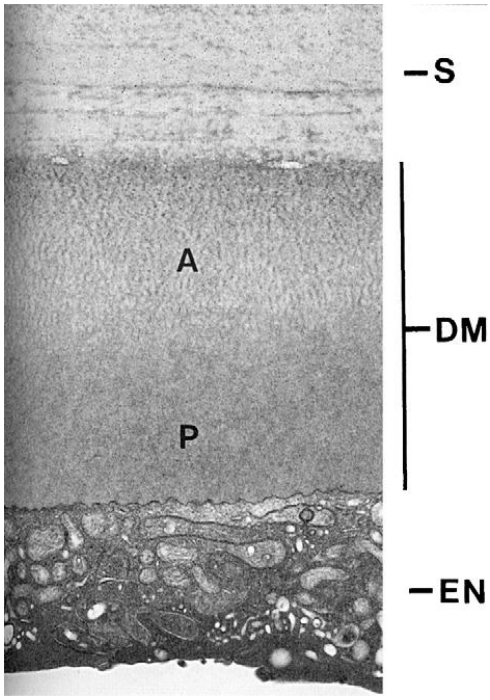
تُعدّ هذه الطبقة تكثّفاً عديم الخلايا للمنطقة الأمامية من اللحمة فهي ليست غشاءً حقيقياً، تبلغ سماكتها حوالي 15 مكروناً، وعلى خلاف غشاء ديسميه فإن طبقة بومان لا تتجدد بعد الأذيات وإنما يحلّ محلها نسيج ليفي (17).

3- لحمة القرنية (Corneal Stroma):

تشكل 80-85% من سماكة القرنية، تتميز لحمة القرنية بشفوفيتها الناتجة عن التنظيم الدقيق لألياف الكولاجين والمادة خارج الخلوية، فألياف الكولاجين في اللحمة تتوضع ضمن حزم متوازية وتسمى ليفات؛ وهذه الليفات تتجمع ضمن طبقات أو صفائح (Lamellae)، وتكون هذه الصفائح متوازية أيضاً، وتكون ألياف كل صفيحة معامدة لألياف الصفيحة المجاورة لها (18).

تختلف الطبقات العميقة من اللحمة عن الطبقات الأمامية، فالطبقات العميقة أكثر انتظاماً الأمر الذي يجعل التسليخ في هذه الطبقات أثناء الجراحة أسهل، بالمقابل تكون الطبقات الأمامية أكثر قساوة، ونلاحظ ذلك سريرياً عند وجود وذمة قرنية، حيث تكون أكثر وضوحاً في اللحمة الخلفية، فيتسطح السطح الخلفي للقرنية وتظهر فيه تثنيات ديسميه، بينما يقاوم السطح الأمامي تغير الشكل، أضف إلى ذلك أن نوع البروتيوغليكان السائد بالقسم الأمامي هو Dermatan Sulfate وهو مادة محبّتها للماء أقل من Keratan Sulfate المنتشر بالقسم الخلفي، من الفروق الهامة أيضاً بين اللحمة الأمامية والخلفية أن الخلايا القرنية (Keratocytes) – وهي الخلايا الرئيسية في اللحمة- تتركز بشكل أكبر في القسم الأمامي (17, 19).

حالياً يعدّ بعض الباحثين أن القسم الخلفي من الستروما يشكل طبقة مستقلة وتدعى طبقة دوا (Dua's Layer)؛ نسبة للطبيب الهندي Harminder Dua الذي وصفها لأول مرة مع مجموعة من الباحثين البريطانيين في جامعة Nottingham ببريطانيا عام 2013، وهي طبقة خالية من الخلايا القرنية (Keratocytes) (20).



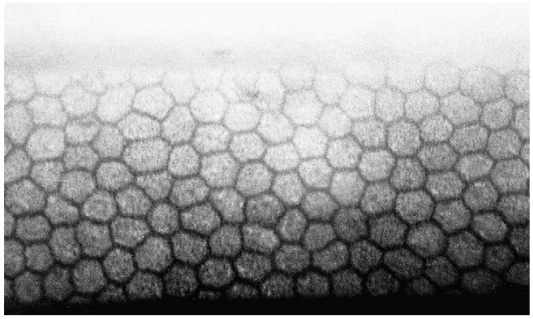
الشكل 4: طبقات القرنية
S: لحمة القرنية
DM: غشاء ديسميه
A: الجزء الأمامي المخطط من ديسميه
P: الجزء الخلفي غير المخطط من ديسميه
EN: بطانة القرنية

4- غشاء ديسميه (Descemet's Membrane):

يمثل الغشاء القاعدي لبطانة القرنية، ويتألف بشكل أساسي من الكولاجين من النمط الرابع، ويقسم غشاء ديسميه لقسمين: قسم جنيني مخطط (3 مكرون) يتشكّل قبل الولادة، وقسم آخر غير مخطط يستمر تشكّله من خلايا البطانة مدى الحياة، حيث تصل سماكته إلى 10 مكروناً عند الكهول (الشكل 4) (17).

5- بطانة القرنية (Corneal Endothelium):

تبلغ سماكتها 5 مكرون، وتتألف من طبقة واحدة من الخلايا سداسية الأضلاع، وعند رؤيتها من الوجه الخلفي تأخذ هذه الطبقة الوحيدة شكلاً يشبه عش النحل (الشكل 5) (17).



الشكل 5: منظر مجهري لبطانة القرنية

لخلايا البطانة دور هام في تنظيم محتوى الماء ضمن القرنية، فهي خلايا نشطة استقلابياً، وتحوي مضخة صوديوم/بوتاسيوم (Na+/K+/ATPase) وأنزيم كاربونيك أنهيدراز Carbonic Anhydrase، وكلاهما ضروري لحركة الشوارد بين اللحمة والخلط المائي (17).

لا تنقسم خلايا البطانة في الأحياء (in vivo)، لذا يقلّ عددها تبعاً للعمر، فيتناقص من 3000 -4000 خلية/ملم^2 إلى حوالي 2600 خلية/ملم^2 بين العقدين الثاني والثامن، وتقل كذلك نسبة الخلايا سداسية الشكل من 75% إلى 60% تقريباً، تقل كثافة خلايا البطانة المركزية بمعدل 0.6% كل سنة في العيون الطبيعية، وعندما تتأذى الخلايا البطانية تتضخم الخلايا البطانية المجاورة لها وتهاجر من المحيط إلى مركز الأذية لتعوض الناقص الحاصل (2, 7).

الفصل الثاني

طبوغرافيا القرنية

2-1- تطور أجهزة طبوغرافيا القرنية:

تعد طبوغرافيا القرنية وسيلة تشخيصية هامة للكثير من الأمراض العينية، وقد برزت أهميتها مع تطور الجراحة الانكسارية سواء منها المعتمدة على الليزر أو على العدسات، فالطبوغرافيا غير الطبيعية هي عامل الخطر الأهم لتلين القرنية (keratoectasia) (21).

تطورت أجهزة الطبوغرافيا (Topographers) مروراً بعدة أجيال، فالأول منها كان يعتمد على دوائر مضيئة متحدة المركز (قرص بلاسيدو) (الشكل 6)، ينعكس إشعاعها عن سطح القرنية الأمامي فيقيس الجهاز زاوية الانعكاس ويحسب منها انحناء القرنية وقوتها في عدة نقاط، وكانت هذه التقنية عاجزة عن تصوير السطح الخلفي الذي يعتبر مهماً في كشف القرنية المخروطية (22).

أما الجيل الثاني فهو التصوير المقطعي للقرنية (Tomographers)، أهم مثال عليه هو جهاز أوربسكان (Orbscan)، يعتمد هذا الجهاز مبدأ مسح القرنية بشقوق ضوئية، تسمح له بقياس ارتفاعات القرنية الخلفية، إضافة إلى أنه يحوي قرص بلاسيدو الذي يسمح له بتقييم انحناء القرنية الأمامي (22, 23).

تميز الجيل الثالث باستخدام كاميرا شايمفلغ الدوارة (Scheimpflug rotating camera)، وهو أيضاً يندرج تحت مسمى التصوير المقطعي للقرنية (Tomographer)، تسمح هذه التقنية بالقياس المباشر لسطحي القرنية الأمامي والخلفي، لا بالحساب غير المباشر كما هو الحال في أجهزة الطبوغرافيا (Topographers)، لكنها بالمقابل أقل قدرة على كشف الحالات المشتبهة في السطح الأمامي للقرنية مقارنة بقرص بلاسيدو، من الأجهزة التي تعتمد على هذه الكاميرا جهاز البنتاكام (Pentacam) (24).

فيما بعد ظهرت أجهزة تجمع كاميرا شايمفلغ الدوارة أو المسح الشقي مع قرص بلاسيدو، منها جهاز غاليله Galilei وجهاز سيروس Sirius (الشكل 7) (25).

حديثاً طوِّرت أجهزة تعتمد على تقنية التصوير المقطعي المتسق بصرياً (Optical coherence tomography OCT) تميزت بدقتها العالية التي جعلت قياس سماكة ظهارة القرنية ممكناً، كما أن سرعتها تجاوزت 2 ثانية وهو الزمن المطلوب للتصوير في جهاز البنتاكام (26, 27).

الشكل 6: قرص بلاسيدو

الشكل 7: جهاز سيروس

2-2- قراءة طبوغرافيا القرنية:

2-2-1- تحضير المريض للتصوير:

- قبل تصوير المريض لا بد من الانتباه إلى عدة نقاط تؤثر على جودة الصورة:

1- يجب إزالة العدسات اللاصقة قبل أسبوع على الأقل من التصوير

2- لا بد من شرح طريقة التصوير للمريض وتحديد الهدف الذي سيثبت نظره عليه

3- يؤثر كل من جفاف الدمع والدماع سلباً على نوعية الصورة، وعلاجهما ضروري قبل التصوير، إذا كان المريض يرفُّ عينيه كثيراً فلا يجوز استخدام قطرة مخدرة لأنها تؤثر بشدة على ظهارة القرنية وفيلم الدمع، وإنما ينبغي علاج سبب الرفيف ثم إعادة التصوير.

4- يجب أخذ ندبات القرنية والعمليات الجراحية السابقة في حال وجودها بالحسبان

5- تؤثر بعض العوامل التشريحية أحياناً على جودة التقاط الصورة، كالأهداب الطويلة وجذر الأنف وغؤور المقلة، يمكن التعامل مع هذه الحالات باتخاذ وضعيات خاصة للوجه.

2-2-2- التحقق من جودة الصورة:

2-2-2-1-التحقق من الإعدادات:

- يجب أن تكون البيانات كاملة على دائرة 9 ملم
- بالنسبة لخريطة الارتفاعات يجب أن نتأكد أن السطح المرجع دائري وطافٍ وقطره 8 ملم.

2-2-2-2-جودة الصورة:

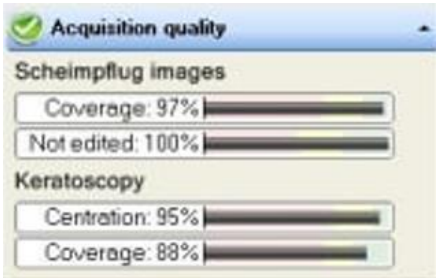
- يظهر ذلك في جهاز السايروس تحت مسمى Acquisition quality، يجب ألا يكون هناك إشارة تعجب أمام أيّ من الخطوط الأربع (الشكل 8)

2-2-2-3-إحداثيات الحدقة:

- ننظر إلى ناتج جمع x لحدقة العين اليمنى مع x لحدقة العين اليسرى (x+x) وننظر كذلك لناتج طرح y لحدقة العين اليسرى من y لحدقة العين اليمنى، يجب أن يكون الناتج في كلا الحالتين أقل من 0.2 ملم بالقيمة المطلقة.

2-2-2-4-مقارنة الحرج الطبوغرافي مع الحرج السريري:

- يجب ألا يتجاوز الفرق بينهما 1 كسيرة، وألا يختلف المحور بينهما بأكثر من 10°، في حال كان الفرق أكبر من ذلك فيجب البحث عن السبب، قد يكون ناتجاً عن سوء تركيز المريض أو عن وجود ندبات أو ساد مثلاً.



الشكل 8: التحقق من جودة الصورة فى السايروس

2-2-3- قراءة طبوغرافيا القرنية:

هناك أربع خرائط رئيسة في قراءة طبوغرافيا القرنية:

1- خريطة الانحناءات (Curvature map)

2- خريطة الارتفاعات الأمامية (anterior elevation map)

3- خريطة الارتفاعات الخلفية (posterior elevation map)

4- خريطة الثخانات (Pachymetric map)

2-2-3-1- خريطة الانحناءات:

هي الخرائط الي تعبر عن القوة الكاسرة للقرنية في كل نقطة، حيث يقيس الجهاز نصف القطر في كل نقطة من سطح القرنية (ملم) ويحسب منه القوة الكاسرة في هذه النقطة (كسيرة)، وترمز بألوان:

- الألوان الحارة الحمراء: تعني نصف قطر أصغر (ملم) وبالتالي قوة كاسرة أكبر (كسيرة)
- الألوان الباردة الزرقاء: تعني نصف قطر أكبر (ملم) وبالتالي قوة كاسرة أقل (كسيرة) (28).

يندرج تحت هذه الخريطة العديد من الخرائط، سنذكر منها أهم اثنين:

1- الخريطة المحورية أو السهمية (axial map or sagittal map):

- تعتبر هذه الخريطة سطح القرنية كروياً (الشكل 9)، وهذا غير دقيق كما ذكرنا، لذا فهي لا تقيم محيط القرنية بشكل دقيق.
- تستخدم لتوصيف الأنماط الطبيعية وغير الطبيعية للقرنية وهو موضوع بحثنا.

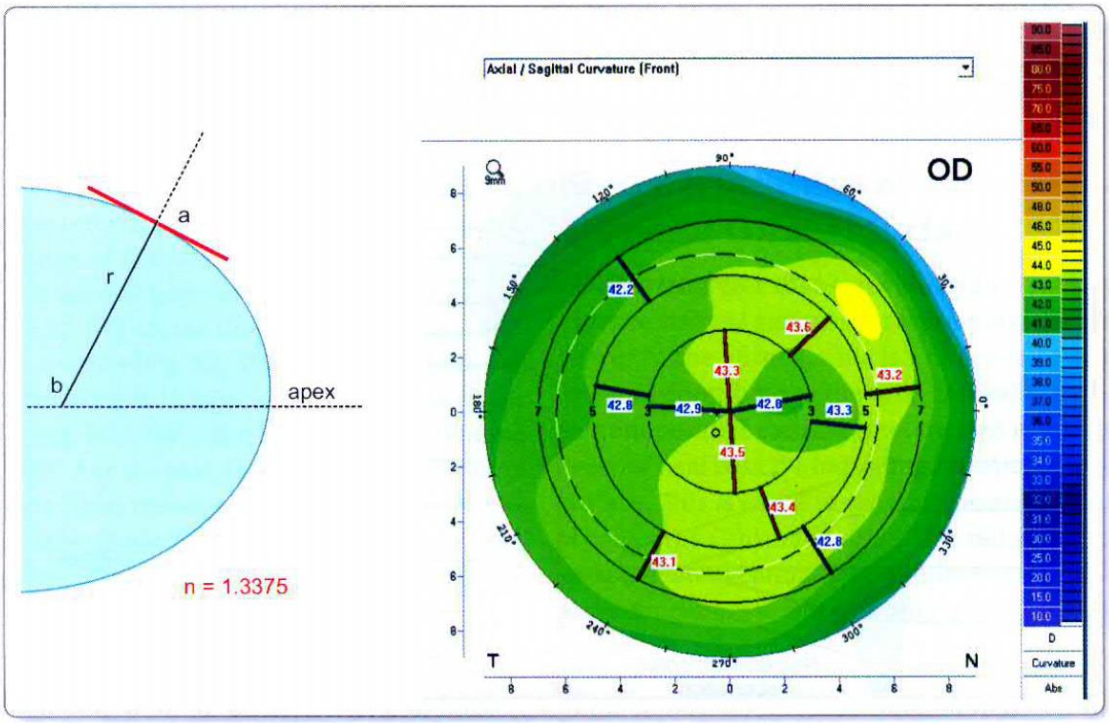
2- الخريطة المماسية (tangential map):

- تقيس نصف القطر برسم دوائر مماسية لكل نقطة من القرنية (الشكل 10) وهي أكثر دقة في تقييم محيط القرنية.

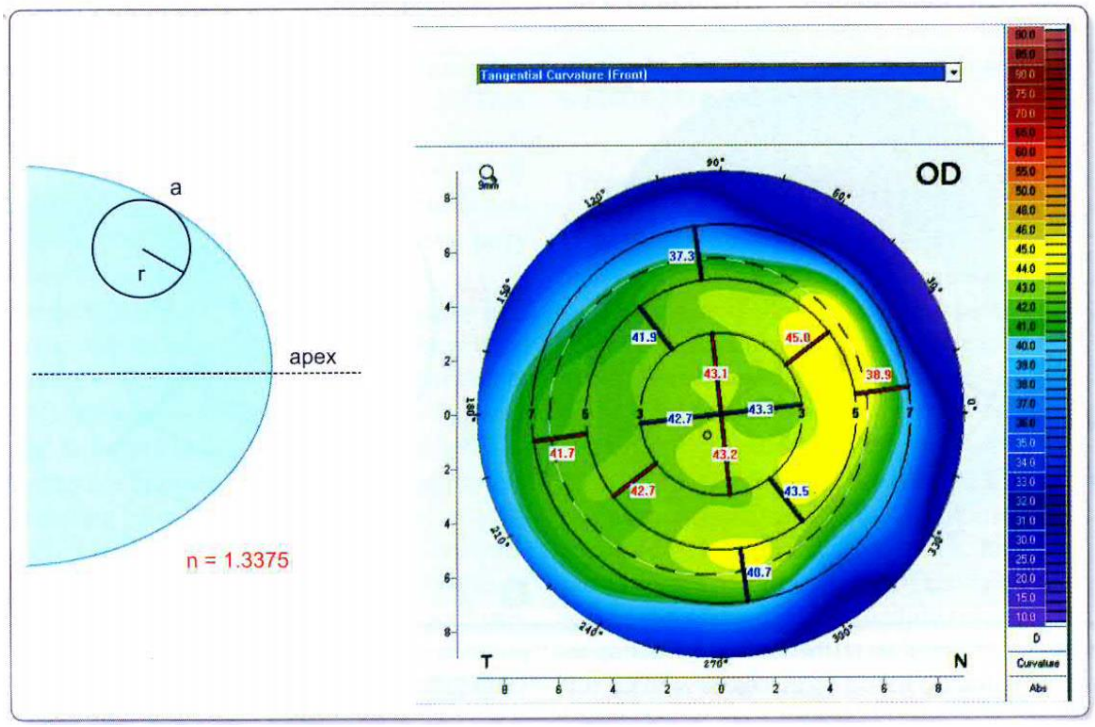
بالمقارنة بين الخريطة المماسية والخريطة السهمية من الناحية السريرية نجد الفروق التالية:

1. الخريطة المماسية أكثر تأثراً بالتغيرات المحصورة في نقطة معينة، لذا فهي أكثر قدرة على إظهار عدم انتظام القرنية.
2. الخريطة المماسية تظهر حدود المنطقة التي عولجت سابقاً بالليزر بشكل أفضل من السهمية.
3. تُحسَب قوة كل نقطة في الخريطة المماسية بشكل مستقل عن النقاط الأخرى (كل نقطة لها دائرة مماسة لها كما في الشكل 9) لذا يفترض أن تكون أقل تأثراً بعدم تركيز المريض خلال التصوير.
4. تكون قيم K على الخريطة المماسية أعلى مما هي على الخريطة السهمية، ولا يمكن استخدام قراءات الخريطة المماسية في قياس قوة العدسات المزروعة داخل العين (لأن المعادلات وضعت على أساس قيم K على الخريطة السهمية).

تبقى الخريطة السهمية هي الأكثر استخداماً من الناحية السريرية خاصة في الجراحة الانكسارية، في حين تستخدم الخريطة المماسية في حالات خاصة منها ملاءمة العدسات اللاصقة لأنها تقيم محيط القرنية بشكل أفضل، وكذلك نستخدمها لمعرفة حدود المنطقة المعالجة بالليزر سابقاً (4, 28).



الشكل 9: الخريطة السهمية



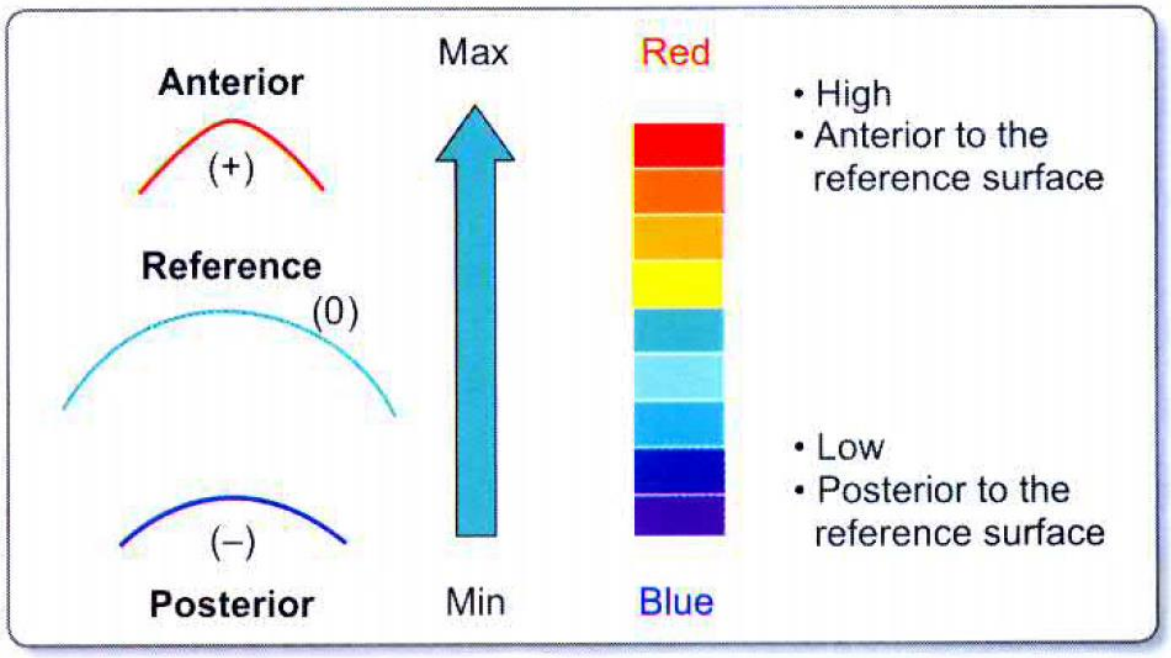
الشكل 10: الخريطة المماسية

2-2-3-2- خرائط الارتفاعات:

سطح القرنية مماثل لسطح الكرة الأرضية من حيث وجود ارتفاعات وانخفاضات عليه، والفرق بينهما هو أن الكرة الأرضية لها سطح مرجعي هو سطح البحر تقاس إليه الجبال والوديان، لذا كان لا بد من وضع سطح مرجعي تقاس إليه ارتفاعات وانخفاضات القرنية.

خرائط الارتفاعات تقيس الارتفاعات الأمامية والخلفية بمقارنة كل من سطحي القرنية الأمامي والخلفي بجسم مرجعي، حيث تعتبر جميع النقاط الواقعة فوق هذا المرجع ذات قيمة موجبة وتُلوَّن بألوان حارة، وجميع النقاط الواقعة تحته تكون سالبة القيمة وتُلوَّن بألوان باردة (الشكل 11)، إذاً فخرائط الارتفاعات تتأثر بشدة بتغيير السطح المرجعي (4).

للجسم المرجعي موقعان، إما أن يكون طافياً (ذروة القرنية أعلى من السطح المرجعي) أو غير طافٍ (يلامس السطح المرجعي ذروةَ القرنية) والمستخدم عادة هو السطح الطافي، أما عن شكله فإما أن يكون كروياً (Sphere) أو إهليلجياً (ellipsoid) أو إهليلجياً أسطوانياً (Toric ellipsoid)، والأكثر استخداماً هو الشكل الكروي (4).



الشكل 11: الترميز اللوني لخريطة الارتفاعات

2-2-3-2 خريطة الثخانات:

يقيس الجهاز ثخانة القرنية في كل نقطة اعتماداً على خرائط الارتفاعات، فالفرق بين ارتفاع السطح الأمامي والسطح الخلفي في نقطة ما هو ثخانة القرنية عند هذه النقطة.

لها العديد من الفوائد سريرياً:

1- تؤكد تشخيص حثل البطانة لفوكس، وتراقب تطوره

2- تعتبر أساسية في اتخاذ قرار تصحيح البصر بالليزر وزرع الحلقات داخل القرنية وتصليب القرنية

3- تحدد مقدار التصحيح الآمن في الجراحة الانكسارية المعتمدة على الليزر

4- متابعة حالة طعم بطانة القرنية المزروع

2-3-الأنماط الطبيعية في طبوغرافيا القرنية:

شكَّل التمييز بين القرنيات الطبيعية وغير الطبيعية هاجساً للباحثين، خاصة مع تطور جراحة القرنية، ففي عام 1990 قام بوغان وزملاؤه بدراسة 399 عيناً سويةً لـ 212 شخص باستخدام التصوير الفيديوي المساعد بالحاسب (computer-assisted videokeratography) المعتمد على قرص بلاسيدو، والذي يقيس القوة الكاسرة لمئات النقاط على السطح الأمامي للقرنية، ويعبّر عنها بشكل ترسيمي له ترميز لوني معيّن يدعى المقياس المعدَّل (normalized scale)، ففي هذا المقياس تلون كل صورة بـ11 لوناً بصرف النظر عن اختلاف القوة الكاسرة على سطح القرنية، خلافاً للمقياس المطلق الذي يعطي كل 1.5 كسيرة (أو 1 كسيرة) اللون ذاته، ووجدوا أنه يمكن تصنيف هذه القرنيات الطبيعية وفق خمس مجموعات (8):

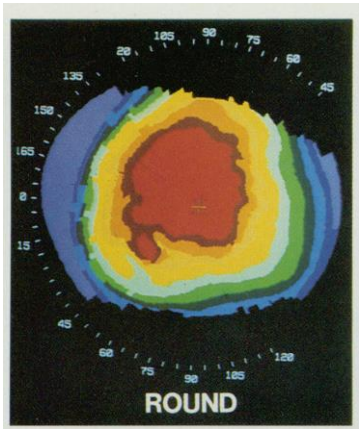
1- الشكل الدائري (الشكل 12)

2- الشكل البيضوي (الشكل 13)

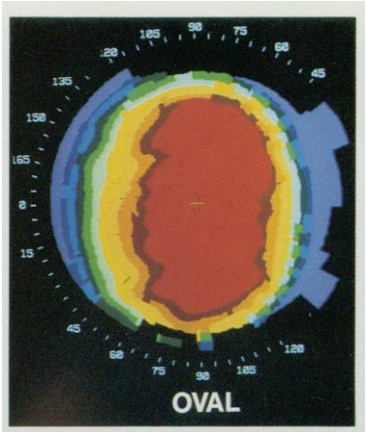
3- شكل شريطة العنق المتناظرة (الشكل 14)

4- شكل شريطة العنق غير المتناظرة (الشكل 15)

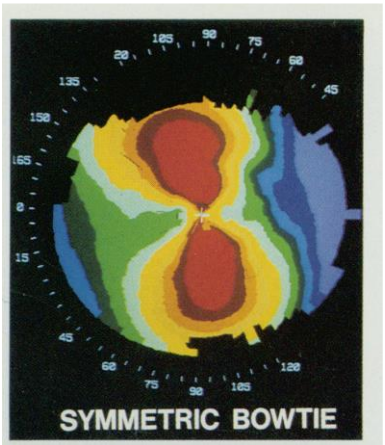
5- الشكل غير المنتظم (الشكل 16)



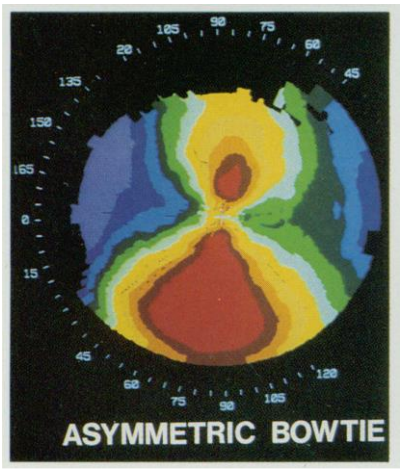
الشكل 12: الشكل الدائري



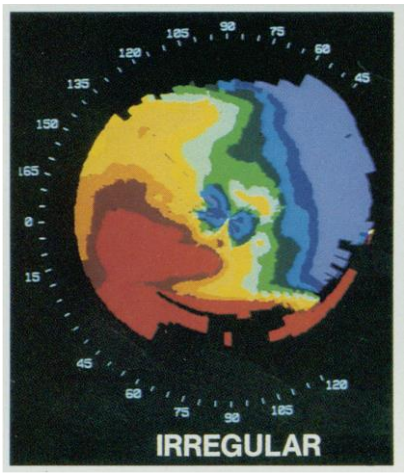
الشكل 13: الشكل البيضوي



الشكل 14: شريطة العنق المتناظرة



الشكل 15: شريطة العنق غير المتناظرة



الشكل 16: الشكل غير المنتظم

وضع الباحثون تعريفاً موضوعياً لكل مجموعة (8):

1- الشكل الدائري round (الشكل 12):

- نسبة أقصر قطر إلى أطول قطر من المنطقة الملونة المختارة لقراءة النمط تساوي 3/2 فأكثر.

2- الشكل البيضوي oval (الشكل 13):

- نسبة أقصر قطر إلى أطول قطر من المنطقة الملونة المختارة لقراءة النمط أقل من 3/2.

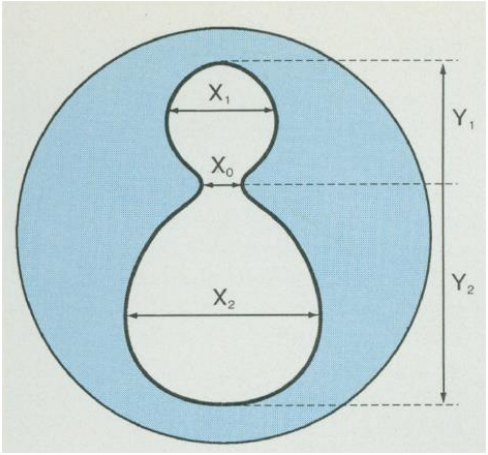
3- شكل شريطة العنق المتناظرة symmetric bowtie يحقق المعايير التالية (الشكل 17):

a) هناك انخماص مركزي في المنطقة الملونة المحددة لقراءة النمط (X0 تشير إلى عرض الانخماص المركزي).

b) نسبة X_0 /X_1 أو X_0 /X_2 تساوي 1/3 فما دون.

c) نسبة X_1 /X_2 و Y_1 /Y_2 تساوي 2/3 فأكثر.

حيث تمثل Y نصف قطر المحور الطويل من شريطة العنق، أما X فتمثل قطر كل نصف من شريطة العنق، والذي يعامد المحور الطويل، X_1 وX_2 تشيران إلى أطول مسافة تعامد المحور الطويل في كل نصف من الشريطة، Y_1 و Y_2 تشيران إلى أطول مسافة بين الانخماص المركزي وإحدى حافتي الشريطة.



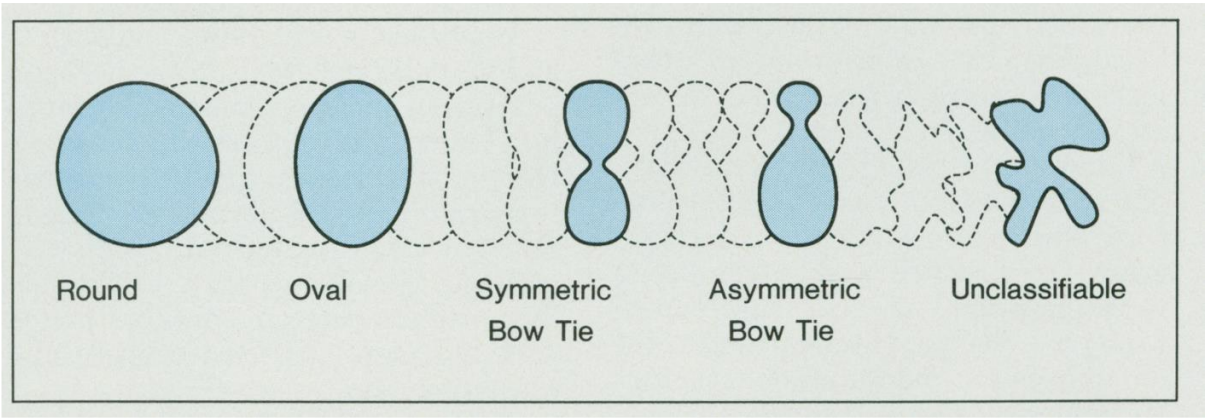
الشكل 17: الفرق بين شريطة العنق المتناظرة وغير المتناظرة: X_0 تشير إلى عرض الانخماص المركزي، X1 وX2 تشيران إلى أطول مسافة تعامد المحور الطويل في كل نصف من الشريطة، Y1 و Y2 تشيران إلى أطول مسافة بين الانخماص المركزي وإحدى حافتي الشريطة.

4- شكل شريطة العنق غير المتناظرة (الشكل 15 و17):

- تحقق المعايير a و b من الشكل السابق.
- واحدة أو أكثر من النسبتين المذكورتين في المعيار c السابق تقل عن 2/3.

5- الشكل غير المنتظم: لا يمكن إدراجه تحت أي من المعايير السابقة (الشكل 16).

علماً أن هذه الأشكال الخمسة تعتبر استمراراً لبعضها البعض (الشكل 18).



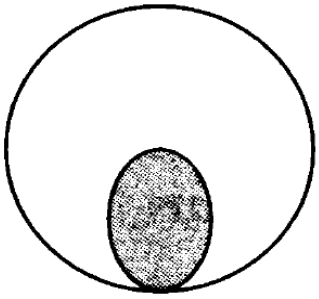
الشكل 18: أنماط الطبوغرافيا هي استمرار لبعضها البعض

فيما بعد قام رابنوفيتز وزملاؤه بإجراء دراسة مماثلة لكنهم استخدموا المعيار المطلق في تلوين الصورة، الذي يعطي لكل 1.5 كسيرة اللون ذاته بدءاً من 35 وحتى 50.5 كسيرة –خلافاً للدراسة السابقة التي استخدمت المقياس المعدل– كما أنهم أضافوا 5 مجموعات جديدة ليصل عدد المجموعات الطبيعية إلى عشرة (9):

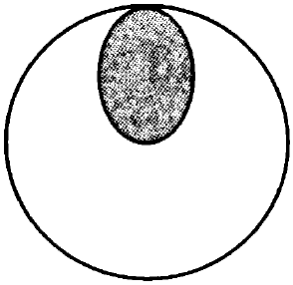
1– الانحدار السفلي inferior steepening IS (الشكل 19) هو أن توجد منطقة في القسم السفلي من سطح القرنية ذات قوة عالية دون وجود نظير لها في القسم العلوي.

2– الانحدار العلوي Superior steepening SS (الشكل 20) هو أن توجد منطقة في القسم العلوي من سطح القرنية ذات قوة عالية دون وجود نظير لها في القسم السفلي

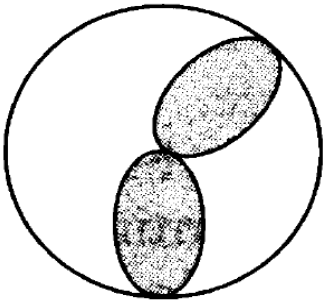
3– شكل شريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل Symmetric bowtie/skewed radial axis (SB/SRAX): عندما تكون شريطة العنق متناظرة لكن الزاوية الواقعة بين المحور القوي فوق الخط الناصف والمحور القوي تحت الخط الناصف أقل من 150° (الشكل 21).



الشكل 19: الانحدار السفلي



الشكل 20: الانحدار العلوي



الشكل 21: شريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل

4- قسموا مجموعة شريطة العنق غير المتناظرة إلى 3 مجموعات:

a) شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي (الشكل 22)

Asymmetric bowtie with superior steepening (AB/SS)

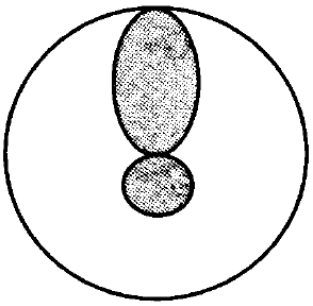
b) شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي (الشكل 23)

Asymmetric bowtie with inferior steepening (AB/IS)

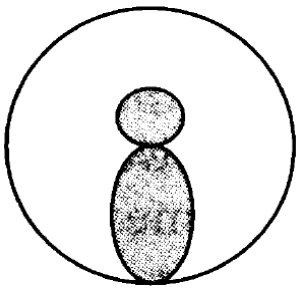
c) شريطة العنق غير المتناظرة ذات محور مائل (الشكل 24)

Asymmetric bowtie with skewed radial axes (AB with SRAX)

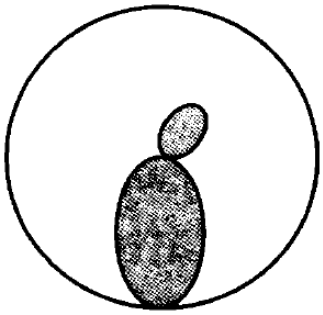
ولتحديد النمط نظر الباحثون إلى الثلثين المركزيين من القرنية، واختاروا اللون الذي يدل على أعلى قوة كاسرة من اللونين السائدين في هذين الثلثين، وكل لون يشغل أقل من 10% من الثلثين المركزيين لم يؤخذ بعين الاعتبار.



الشكل 22: شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي



الشكل 23: شريطة العنق غير المتناظرة ذات انحراف سفلي



الشكل 24: شريطة العنق غير المتناظرة ذات محور مائل

لا يزال هذا التصنيف موجوداً إلى يومنا هذا، واقترح بعض الباحثين تشذيبه ليصبح مقسماً إلى 4 مجموعات –استناداً إلى خريطة الانحناءات الأمامية السهمية– (الشكل 25) (4):

1– مجموعة الأشكال المتناظرة (المجموعة أ):

تشمل الشكل الكروي والبيضوي وشريطة العنق المتناظرة، يلاحظ وجود الشكل الكروي والبيضوي في القرنيات التي ليس فيها حرج هام على السطح الأمامي (< 1 كسيرة) خلافاً لشريطة العنق المتناظرة (تلاحظ في القرنيات التي فيها حرج هام على سطحها الأمامي).

ليس بالضرورة أن تكون أنماط هذه المجموعة طبيعية، فهي تعتبر غير طبيعية في حال كانت قيمة (mean keratometry Km) أكبر من 47.2 كسيرة في الأجهزة التي فيها قرص بلاسيدو، أو أكبر من 48.0 كسيرة في الأجهزة التي تحوي كاميرا شايمفلغ فقط.

2– مجموعة الأشكال غير المتناظرة (المجموعة ب):

تشمل شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي والانحدار العلوي والانحدار السفلي.

تعتبر هذه المجموعة غير طبيعية في حال كانت قيم Km عالية أو في حال وجود عدم تناظر عمودي، الذي يعرف بواحد مما يلي:

- أن يتجاوز الفرق بين قوة القرنية أعلى الخط الناصف وقوتها تحته 1.5 كسيرة إذا كانت القوة الأكبر واقعة في الأسفل
- أن يتجاوز الفرق بين القوتين 2.5 كسيرة إذا كانت القوة الأكبر واقعة في الأسفل

3– مجموعة الأشكال المتزوية (المجموعة ج):

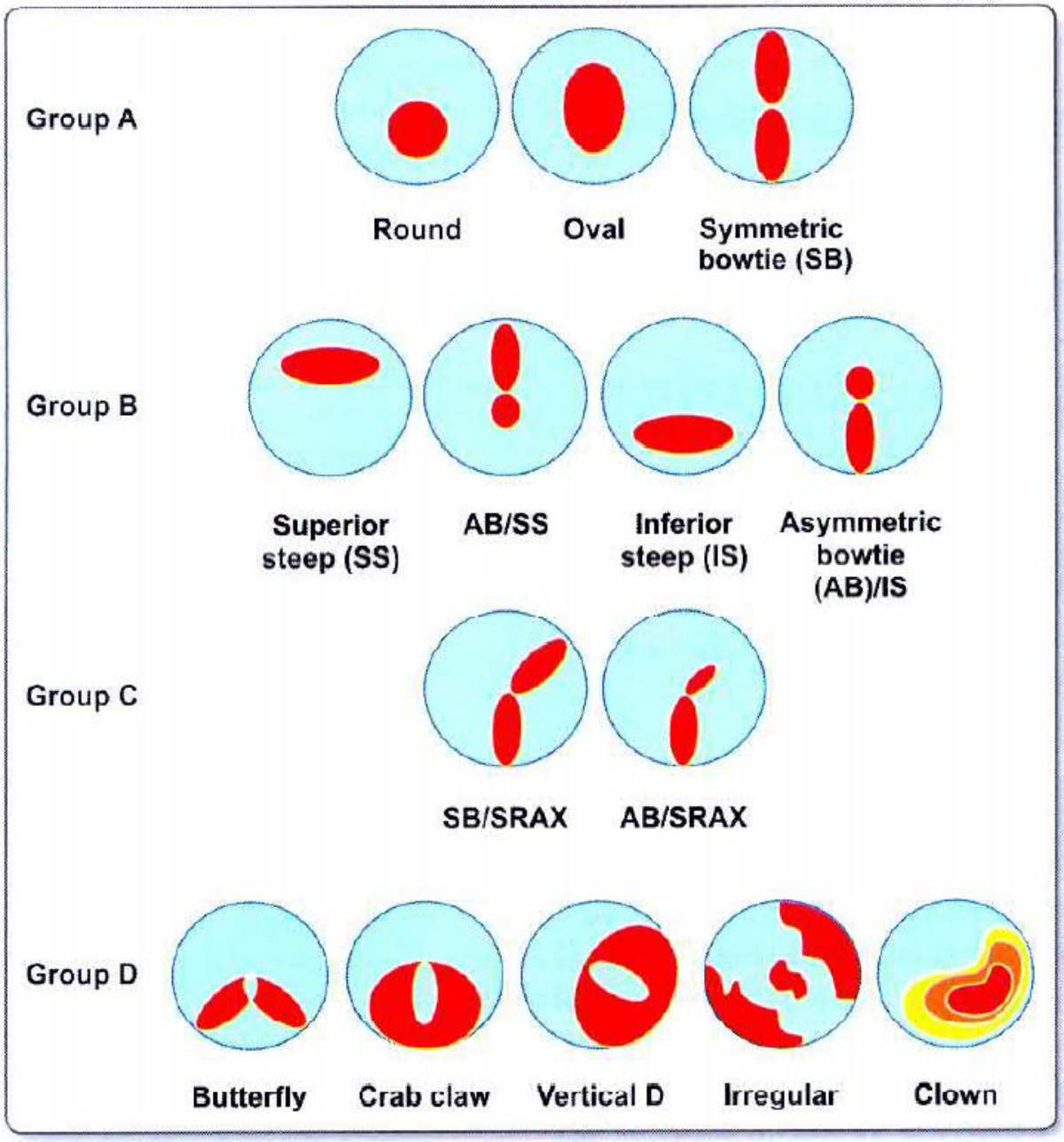
وتشمل شريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل وشريطة العنق غير المتناظرة ذات المحور المائل.

تعتبر هذه المجموعة غير طبيعية عندما تكون الزاوية بين محور القطعة العلوية ومحور القطعة السفلية على دائرة 3 ملم أكبر من 21°، علماً أنه يمكن تجاوز هذا الشرط واعتبارها طبيعية في حال عدم وجود حرج قرني هام ($\leq$ 1.5 كسيرة) وكذلك في حال كان الشكل متناظراً بين العينين.

4- مجموعة الأشكال الخاصة (المجموعة د):

تشمل المخلب والفراشة والوجه الضاحك والإعصار وحرف الـD العمودي، وكذلك الأشكال غير المنتظمة غير النوعية.

الأشكال غير المنتظمة غير النوعية توجد في 7% من القرنيات الطبيعية، أما باقي الأشكال المذكورة فهي شاذة دائماً.



الشكل 25: تصنيف حديث لأنماط الطبوغرافيا الطبيعية

الفصل الثالث

الزوغانات البصرية

3-1- تمهيد:

يستعرض الفصل تعريف الزوغانات عالية الترتيب وأسبابها وطرق قياسها

3-2- جودة الرؤية (Quality of Vision):

كثيراً ما ينظر الأطباء إلى الوظيفة البصرية على أنها الفحص المجرى باستخدام لوحة سنيلين، لكن في الحقيقة مفهوم جودة الرؤية أعمق من ذلك، فالعديد من المرضى تكون قدرتهم البصرية 20/20 باستخدام لوحة سنيلن؛ ومع ذلك يعانون من بعض الصعوبات بالرؤية أثناء أداء وظائفهم اليومية، وأُدخلت بعض التحديثات على لوحة سنيلن التقليدية، فظهرت لوحة ETDRS لتعطي قيماً أدق من لوحة سنيلن؛ ورغم ذلك لم تتمكن من تقييم جودة الرؤية (Quality of Vision) كما يجب (29).

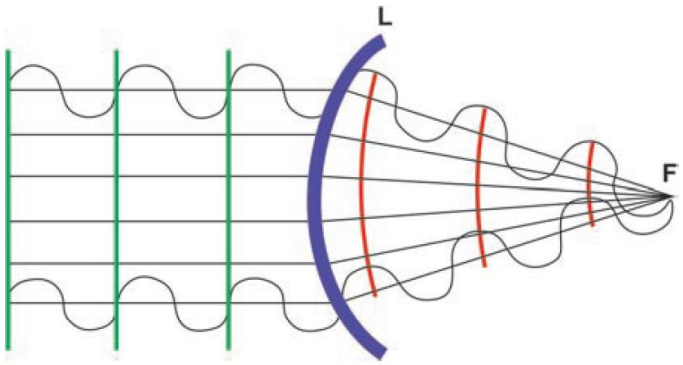
وأُجريت كثيرٌ من المحاولات لدراسة جودة الرؤية (Quality of Vision) بشكل أوسع وأدق من مفهوم حدة الإبصار (Visual Acuity)؛ فصُنعت لوحات لفحص التباين مثل لوحة Pelli-Robson (30).

ومع ظهور علم سطح الموجة (Wavefront) وتطور مفهوم الزوغانات لم تعد تكفي العيوب الكروية والأسطوانية للتعبير عن جودة الرؤية بشكل دقيق، ولم تعد تمثل أسواء الانكسار الكروية والأسطوانية الوصفَ الوحيدَ لعيوب النظام البصري، وظهرت أجهزة قياس الزوغانات لتعطي تقييماً موضوعياً ودقيقاً لجودة الرؤية بما يتجاوز أسواء الانكسار التقليدية، ويسلط الضوء على أهمية الزوغانات عالية الترتيب في مفهوم جودة الرؤية (30).

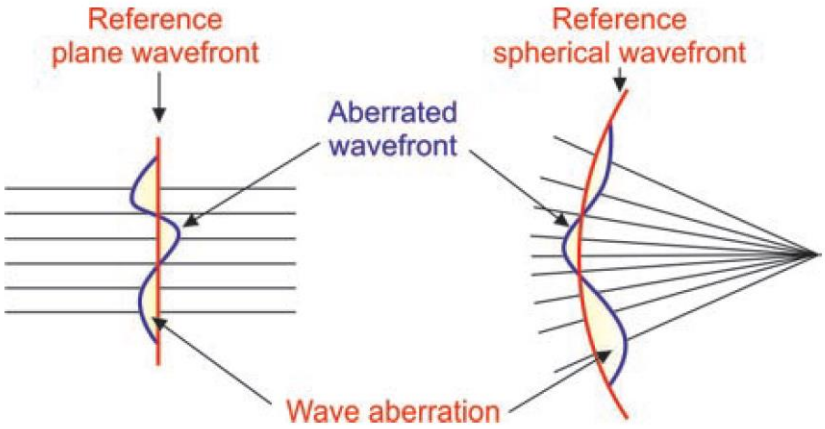
3-3- تعريف الزوغانات (Definition):

تكون الأشعة الضوئية الواردة من اللانهاية متوازية، يهتز كل شعاع ضوئي منها بشكل جيبي، إذا رسمنا خطاً واصلاً بين النقاط متوافق الطور في هذه الأشعة المهتزة بشكل جيبي نحصل على ما يسمى بسطح الموجة (wavefront) (الشكل 26) (31).

عندما تمر هذه الأشعة المتوازية عبر سطح كاسر مثالي تلتقي جميع هذه الأمواج في نقطة واحدة تدعى المحرق (focal point F) لكن هذه الحالة المثالية لا وجود لها في الحياة العملية، لأن أسطح الموجة الحقيقية تنحرف قليلاً عن السطح المثالي بعد مرورها عبر السطح الكاسر، وهذا الانحراف هو ما يسمى بالزوغان (Aberration) (الشكل 27)، إذاً فقياس الفرق بين سطح الموجة الفعلي وسطح الموجة المثالي هو الزوغان وكلما كان الزوغان أصغر كانت جودة النظام البصري أعلى (31).



الشكل 26: يبين سطح الموجة المثالي، في السطح الكاسر المثالي تكون أسطح الموجة الناتجة عن السطح الكاسر المثالي متوازية ومتناظرة وتأخذ شكل السطح الكاسر

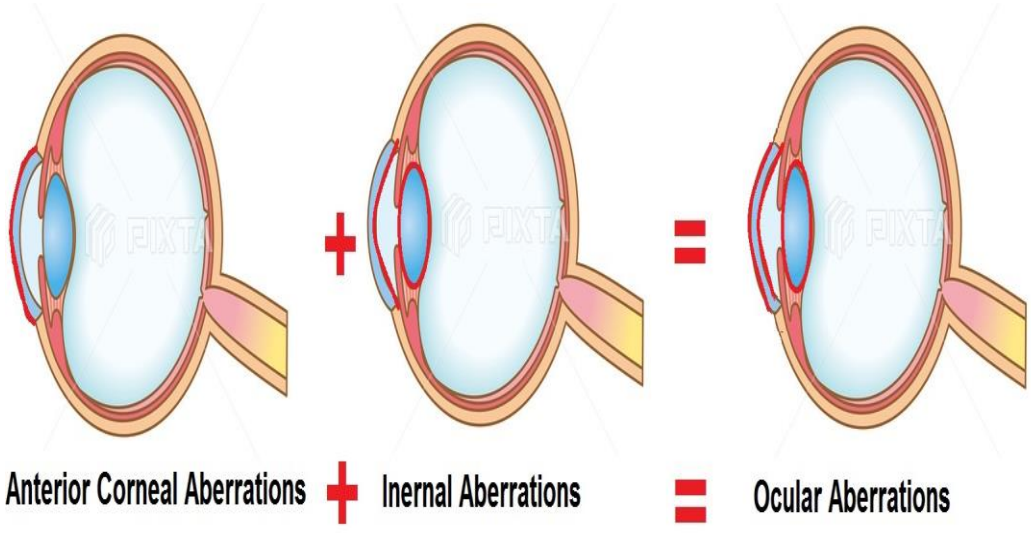


الشكل 27: سطح الموجة الزائغ، نلاحظ انحرافه عن سطح الموجة المثالي

3-4- المنشأ العيني للزوغانات:

تُقَسَّم الزوغانات العينية (Ocular Aberrations) إلى زوغانات السطح الأمامي للقرنية (Anterior Corneal Aberrations) والزوغانات الداخلية (Internal Aberrations) التي تشمل السطح الخلفي للقرنية والعدسة (الشكل 28)، ومع التطور الكبير بمفهوم سطح الموجة (Wavefront) أُجريت العديد من الدراسات لمعرفة مساهمة مكونات العين المختلفة بالزوغانات (32).

تحسب الزوغانات القرنية باستعمال أجهزة طبوغرافيا القرنية، وتحسب الزوغانات العينية الكلّية باستعمال أجهزة خاصة تسمى Aberrometers، أما الزوغانات الداخلية فتقاس إما بشكل غير مباشر عن طريق قياس كل من الزوغان القرني والزوغان الكلي، ويكون الزوغان الداخلي هو الفرق بينهما، أو بشكل مباشر وذلك بتحييد زوغانات السطح القرني الأمامي بواسطة نظارات سباحة مملوءة بالماء الذي يلامس سطح القرني الأمامي، الأمر الذي يلغي فرق قرينة الانكسار بين وجهي سطح القرنية الأمامي ويلغي القوة الكاسرة لهذا السطح، وتبين في دراسة أجراها أرتال وزملاؤه أن نتائج الطريقتين متماثلة، فأصبحت الطريقة غير المباشرة هي الطريقة المعتمدة نظراً لأنها الأسهل (32).



الشكل 28: الزوغان القرني الكلي هو مجموع زوغان السطح القرني الأمامي مع الزوغانات الداخلية

وجدت دراسة لي وزملائه أن الزوغانات الداخلية تعاوض عن زوغانات السطح الأمامي للقرنية في كل من الزوغان الكروي وزوغان الفاصلة، وبعد إجراء جراحة انكسارية ليزرية يختلّ هذا التوازن، فتزداد زوغانات السطح القرني الأمامي والزوغانات القرنية الكلية، في حين لا تتأثر الزوغانات الداخلية (33).

ويبقى السطح القرني الأمامي هو المساهم الأهم في الزوغان العيني الكلي بنسبة 98.2% كما سنذكر لاحقاً (34).

3-5-العوامل المؤثرة في الزوغانات:

يوجد عددٌ من العوامل التي تؤثر بالزوغانات، ولعلّ أبرز هذه العوامل:

3-5-1-علاقة الزوغانات بفلم الدمع:

يُعدّ فلم الدمع ضرورياً للحفاظ على انتظام السطح القرني الأمامي، وبالتالي تقليل تبعثر الضوء الوارد إلى العين والحصول على صورة شبكية عالية الجودة، وتبيَّن أن الزوغانات القرنية تزداد في العين الجافة مقارنة بالعين الطبيعية، وكذلك وُجِد في دراسة قارنت بين الزوغانات عالية الترتيب عند مرضى الجفاف الخفيف أو المتوسط قبل العلاج بقطرات الدمع الصناعي وبعده أن استعمال القطرات المرطبة للعين يلغي الزيادة بالزوغانات الناجمة عن جفاف العين، لذلك يُعدّ الحفاظ على فلم دمع جيد ومنتظم ضرورياً لتقليل التموج بالزوغانات وبالتالي الحفاظ على جودة الصورة الشبكية (35, 36).

3-5-2-علاقة الزوغانات بقطر الحدقة:

أجريت العديد من الدراسات حول علاقة الزوغانات القرنية بقطر الحدقة، حيث تكون الرؤية بالعين السديدة أفضل ما يمكن مع قطر حدقة يترواح بين 2-5 ملم؛ فعندما يكون قطر الحدقة أقل من 2 ملم يزداد حدوث ظاهرة انعراج الضوء (Diffraction) مما يؤثر سلباً على جودة الصورة الشبكية، وبالمقابل عندما يكون قطر الحدقة أكبر من 5 ملم تزداد الزوغانات، وبيّنت دراسة باكين وزملائه أن الزوغان الكروي هو أهم زوغان يزداد بازدياد قطر الحدقة من 5 حتى 9 ملم، لكن لدى بعض المشاركين كان زوغان الفاصلة هو الأكثر زيادة (37, 38).

3-5-3-علاقة الزوغانات بالأوساط الكاسرة بالعين:

تشتق الزوغانات العينية من القرنية بسطحيها الأمامي والخلفي والعدسة، ويساهم كل منهما في تخفيف زوغانات الآخر أي أن أثرهما يكون متعاكساً، لكن مع التقدم بالعمر يختل هذا التوازن، وقد يكون لهذا دور في تدهور الجودة البصرية عند مرضى الساد (32, 39).

يبقى التغيّر في شكل سطح القرنية الأمامي أصغر ما يمكن مع التقدم بالعمر والمطابقة، على خلاف العدسة حيث يتغير شكلها مع التقدم بالعمر والمطابقة مما يؤدي لتغير الزوغانات الناجمة عنها، وكذلك تتأثر الزوغانات بالأمراض التي تصيب الأوساط الكاسرة للعين خاصة الساد، وجدت دراسة هاشمي وزملائه أن الزوغانات عالية الترتيب نزداد عند مرضى الساد النووي (3).

رغم مساهمة كل من الوجه الأمامي والخلفي للقرنية والعدسة في الزوغانات إلا أن الوجه الأمامي للقرنية مسؤول عن 98.2% من مجمل الزوغانات عالية الترتيب، حيث تبلغ القوة الكاسرة للوجه الأمامي للقرنية حوالي 48 كسيرة، بينما للوجه الخلفي للقرنية حوالي −6 كسيرات، وتختلف القوة الكاسرة للعدسة حسب المطابقة، مما يدلنا على أنه من الممكن الاعتماد على أجهزة طبوغرافيا القرنية لتقييم الزوغانات العينية الكلية (34).

3-5-4-علاقة الزوغانات بالمطابقة:

يغيِّرُ منعكس المطابقة شكلَ العدسة، مسبباً زيادة تحدب الوجه الأمامي لها، دُرست العلاقة بين الزوغانات عالية الترتيب والمطابقة في عدة دراسات، وُجِد أن تأثير المطابقة على الزوغانات يختلف من شخص إلى آخر ولا علاقة لهذا الاختلاف بمقدار الزوغان الموجود (40).

أول دراسة أجريت كانت من قبل اتشسون وزملائه على 15 عيناً، ولم يجدوا علاقة واضحة بين تغير المطابقة (في المجال بين 1.5− و 3.00− كسيرة) وتغير زوغان سطح الموجة (41)، في حين بيَّنت دراسة أخرى أجريت من قبل هوفر وزملائه تأثُّر الزوغانات بالمطابقة، واقترحوا أن الزوغان الكروي يقلُّ مع المطابقة، في حين لا يتأثر زوغان الفاصلة بها (42).

أما دراسة ونغ وزملاؤه فتوصلت أيضاً إلى أنّ للمطابقة تأثيراً على الزوغانات، فمع اختلاف المطابقة ضمن المجال تقل قيمة الـRMS في البداية ثم تزداد في معظم العيون، أما الزوغان الكروي فيقل تدريجياً بازدياد المطابقة من 0 حتى 4.00- كسيرة، ووجدوا كذلك أن زوغان الفاصلة قليل التأثر بالمطابقة (40).

3-5-5- علاقة الزوغانات بالعمر:

تحدُث العديد من التبدلات في العدسة مع التقدم بالعمر وتتضمن: تغير انحناء العدسة، وتغير قرينة انكسار النواة، وزيادة سماكة العدسة بسبب التشكيل المستمر للألياف مدى العمر، وهذه التبدلات تؤثر في الزوغانات عالية الترتيب، فوجدت كثيرٌ من الدراسات أن الزوغانات عالية الترتيب تزداد مع تقدم العمر.

أكدت دراسة نامبا وزملائه حدوث زيادة في الزوغان الكروي الإيجابي العيني مع تقدم العمر(43)، ووجدت دراسات أخرى أكثر تحديداً قام بها سميث وزملاؤه و راور وزملاؤه أن الزوغان الكروي القرني مستقر رغم تقدم العمر، ولكن تتغير قيم الزوغان الكروي من القيم السلبية في العدسة الفتية إلى قيم أكثر إيجابية في العدسة مع تقدم العمر، مما يرجح فرضية فقدان التوازن بين زوغانات القرنية والعدسة نتيجة للتغيرات في العدسة التي تحدث مع التقدم بالعمر (44, 45).

وكذلك وجدت الدراسات التي أجريت حول زوغان الفاصلة مثل دراسة أرتال وزملائه أنه يوجد أيضاً توازن داخلي في هذا الزوغان في العين الطبيعية؛ ويعوَّض زوغان الفاصلة الأفقية الناجم عن القرنية في الغالب بواسطة العدسة عند الشباب، وهذا التعويض يتناقص مع التقدم بالعمر على نحو غير مفسر حتى الآن مما يسبب زيادة زوغان الفاصلة مع العمر (39).

3-5-6- علاقة الزوغانات بالجنس:

درس هاشمي وزملاؤه علاقة الزوغانات العينية عالية الترتيب بالجنس في دراسة أجريت في إيران وشملت 904 عيناً، ولم يتبين وجود علاقة هامة إحصائياً بينهما (3).

3-5-7- علاقة الزوغانات بالمجموعات العِرقية:

وجدت العديد من الدراسات أن انتشار الزوغانات يختلف بين الأعراق، ففي دراسة براكاش وزملائه كانت قيمة متوسط الجذر التربيعي RMS للزوغانات العينية الكلية عالية الترتيب متقاربة بين العرب والأشخاص المنحدرين من جنوب آسيا، وكانت كذلك مقاربة لما هي عليه عند القوقازيين، لكنها أقل منها عند الصينيين بفروقات مهمّة إحصائياً (11)، وأكدت كذلك دراسة تشاي وزملائه أن الزوغانات العينية الكلية عند الصينيين أعلى منها عند الماليزيين (12).

رغم وجود كثيرٍ من الدراسات لتحديد القيم الطبيعية للزوغانات عالية الترتيب عند معظم الأعراق، إلا أن الدراسات المماثلة عند العرب محدودة، لذلك يجب القيام بعدة دراسات في الأقطار العربية لتحديد القيم الطبيعية للزوغانات عالية الترتيب (11, 46, 47).

3-5-8- علاقة الزوغانات بأنماط الطبوغرافيا الطبيعية:

وضحت بعض الدراسات وجود ترابط هام بين أنماط الطبوغرافيا والزوغانات عالية الترتيب في العيون الطبيعية، أهمّها دراسة ميرزاجاني وزملائه لم يستوف هذا الموضوع حقّه كما أنه لم يدرس في بلاد الشام ومن هنا تأتي أهمية دراستنا هذه (10).

3-6- تصنيف الزوغانات (Classification):

3-6-1- تصنيف زيرنكه:

لم تكن هناك طريقة منهجية لوصف الزوغانات حتى أتى الهولندي الحائز على جائزة نوبل للفيزياء فريتس زيرنكه (1888-1966) Fritz Zernike وقدّم تمثيلاً رياضياً منهجياً للزوغانات.

ولأن معظم العيون لا تحوي على زوغان وحيد بل تحوي مزيجاً من الزوغانات التي تسبب أشكالاً معقدة من الأمواج، برز دور تصنيف زيرنكه الذي يحلل واجهة أي موجة إلى الزوغانات المكونة لها.

كل زوغان في تصنيف زيرنكه يكتب بشكل Z(n,m)، وتسمى n ترتيب الزوغان Order Of (Aberration)، بينما تسمى m التواتر الزاوي (Angular Frequency)، ويتم جمع الزوغانات ضمن هرم مع مراعاة أن الزوغانات التي لها الترتيب نفسه (n = Order Of Aberration) موضوعة في الصف نفسه، ووفقاً لهذا الهرم تُصنّف الزوغانات لمنخفضة الترتيب (الصف صفر والأول والثاني) وعالية الترتيب (من الصف الثالث فأكثر، علماً أنه يوجد عدد لا نهائي من الزوغانات) (الشكل 29) (48, 49).

اتُّفِق في مؤتمر العلوم البصرية (VSIA 2000) أن الزوغانات حتى الترتيب الرابع تكفي لتمثيل معظم الزوغانات البصرية الموجودة في العين البشرية، واعتُمِد تصنيف زيرنكه طريقةً لتصنيف الزوغانات البصرية من قبل هيئة المعايير الوطنية الأميركية (American National Standards Institute ANSI) (50, 51).

3-6-2- الزوغانات منخفضة الترتيب:

هي أسواء الانكسار الكروية والحرجية، وتصحح بالنظارات، وتمثل أكثر من 90% من مجمل الزوغانات، وتشمل ثلاثة أنواع:

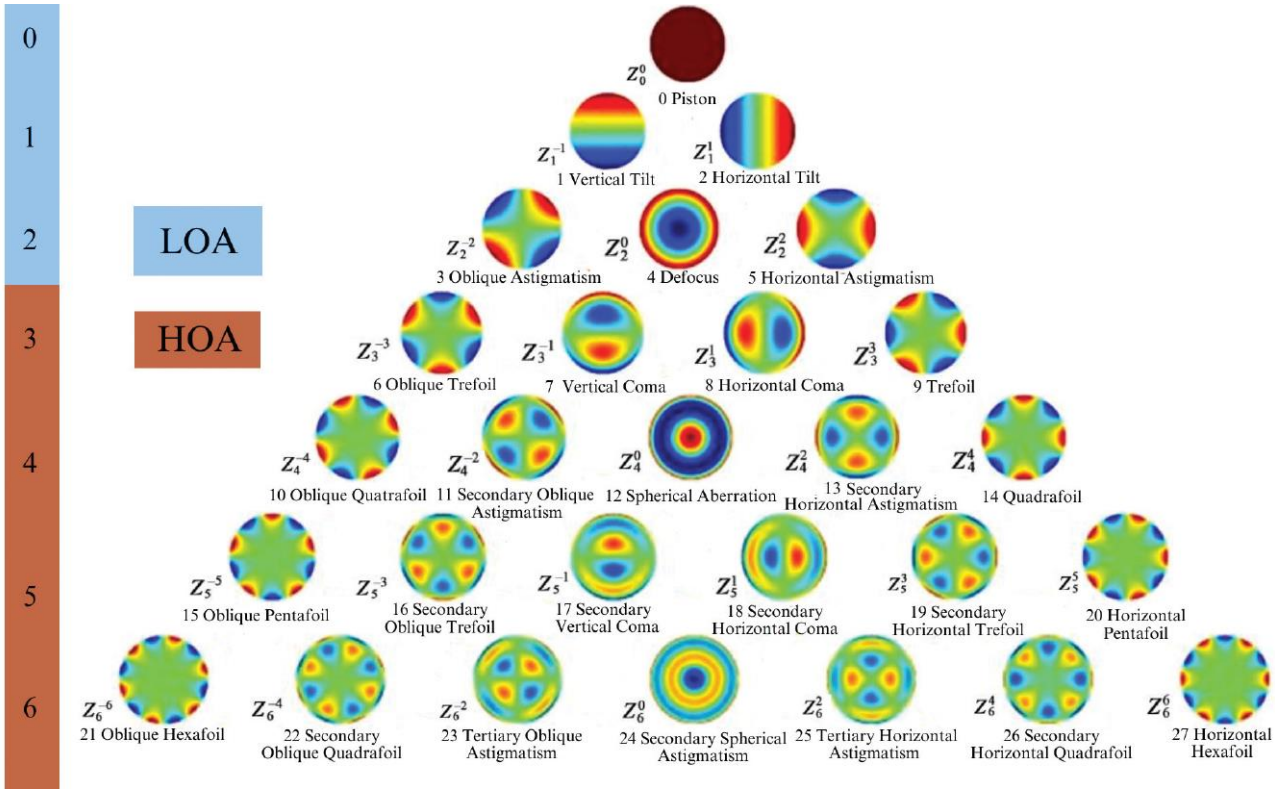
- زوغان الإمالة أو الموشور (Tilt or prism):

  هو تغير الاتجاه الذي كانت تسير فيه الحزمة الضوئية، وفقاً لتصنيف زيرنكه تأخذ الإمالة العمودية الرمز (1,1-)، أما الإمالة الأفقية فهي (1,1)

- زوغان غياب التركيز Defocus:

  إما أن يكون موجباً Positive Defocus يمثل الحسر حيث يقع المحرق أمام الشبكية، أو سالباً (Negative Defocus) يمثل المد حيث يقع المحرق خلف الشبكية، ويأخذ الرمز (2,0) (49).

- زوغان الحرج (Astigmatic aberration): هو الحرج المنتظم، ويرمّز له في هرم زيرنكه وبـ (2,2-) عندما يكون عمودياً وبـ (2,2) عندما يكون الحرج أفقياً.



الشكل 29: هرم زيرنكه حتى الترتيب السادس، وتحت كل زوغان رمزه واسمه

3-6-3- الزوغانات عالية الترتيب:

تبدأ من الدرجة الثالثة وفق تصنيف زيرنكه، قد تترافق أو لا تترافق بأسواء انكسار، لكن في كلا الحالتين لا يمكن تصحيحها بالنظارات أو العدسات التقليدية، وإنما تصحح بعدسات لاصقة خاصة أبو بالجراحة انكسارية الموجهة بسطح الموجة أو بزرع عدسات خاصة داخل المقلة، تنتج من أي اضطراب في الأوساط الكاسرة، سواء كان ندبة أو كثافة أو عدم انتظام في فيلم الدمع أو القرنية أو الخلط المائي أو العدسة أو الزجاجي (31).

يعتمد تأثير هذه الزوغانات على الجودة البصرية على عدة عوامل، منها سبب هذه الزوغانات ونوع الزوغان وقطر الحدقة، فالأشخاص الذين تكون حدقاتهم واسعة تسبب لهم الزوغانات أعراضاً أشد خاصة في ظروف الإضاءة الخافتة، بالمقابل قد يشتكي الأشخاص ذوو الحدقات الأصغر قطراً من أعراض هامة عندما يكون سبب الزوغان عالي الترتيب هو ندبة قرنية أو ساد، كما أن هناك أنواع محددة من الزوغانات تؤثر على الجودة البصرية أكثر من غيرها حتى وإن كان قطر الحدقة صغيراً (31).

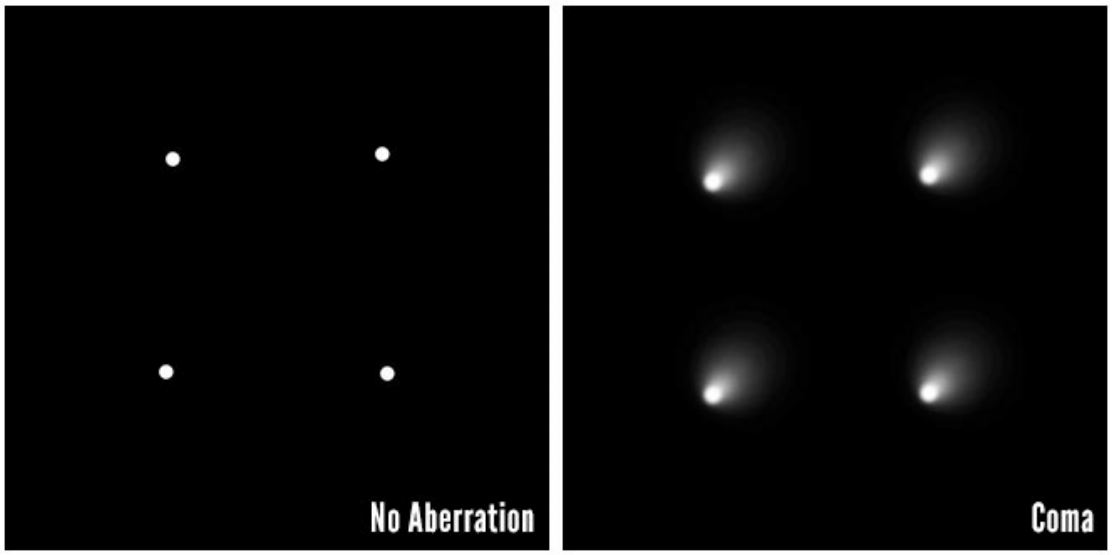
3-6-4- أشيع الزوغانات عالية الترتيب:

أشيع الزوغانات عالية الترتيب:

- زوغان الفاصلة (Coma):

يعرَّف بأنه اختلاف التكبير (أي القوة الكاسرة) عبر مدخل الحدقة، يجعل هذا الزوغان العينَ ترى النقطة المضيئة وكأن لها ذيلاً (الشكل 30)، تنتج الفاصلة من وجود عدم تناظر بين المركز والمنطقة المجاورة له في الأوساط الكاسرة للعين، أي أنه زوغان يؤثر على الرؤية المركزية، نشاهد هذا الزوغان بعد عمليات تصحيح البصر بالليزر التي طبق فيها الليزر -عن طريق الخطأ- منزاحاً عن مركز القرنية (decentered ablation zone).

تأخذ الفاصلة أرقاماً فردية في هرم زيرنكه (3, 5, 7⋯)، فالفاصلة الأولى يرمَز لها بـ $Z\ (3,-1)$ إذا كانت عمودية، وبـ $Z\ (3,1)$ إذا كانت أفقية، أما الفاصلة الثانوية فيرمز لها بـ $Z\ (5,-1)$ إذا كانت عمودية، وبـ $Z\ (5,1)$ إذا كانت أفقية وهكذا (31, 49).



الشكل 30: تأثير زوغان الفاصلة على الرؤية يظهر كذيل للنقطة المرئية

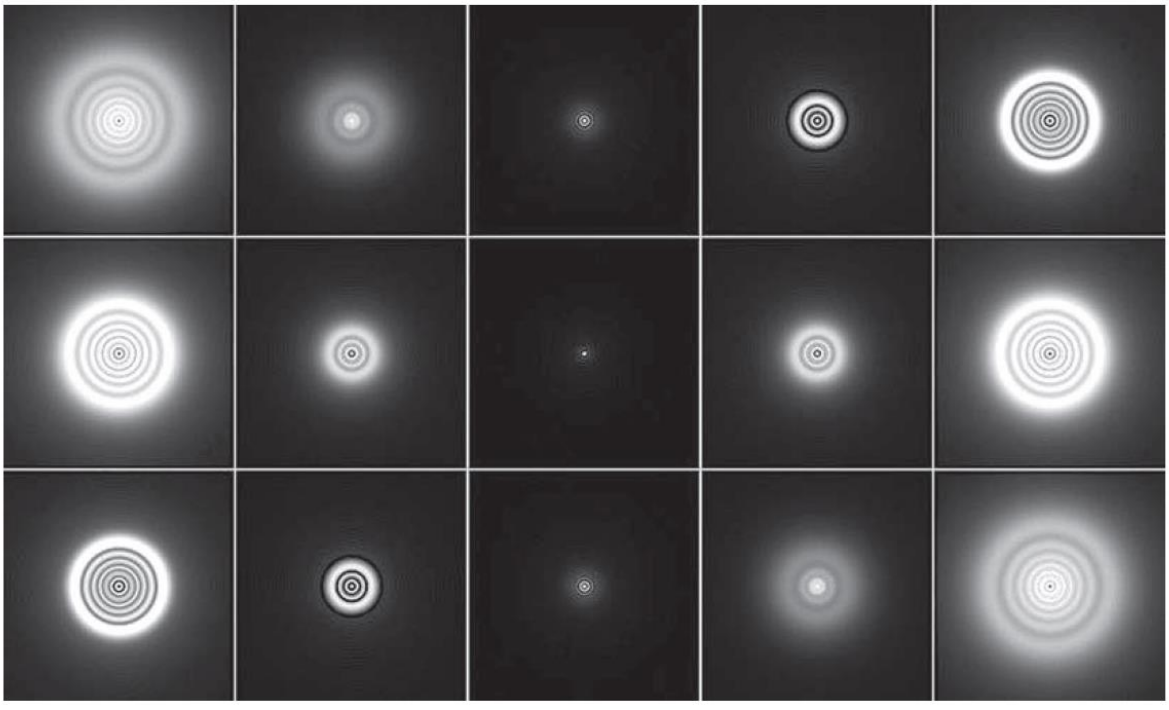
- الزوغان الكروي (Spherical aberration):

ينتج عن قيم Q غير الطبيعية، أي اختلاف القوة الكاسرة للسطح الكاسر للضوء من المركز إلى المحيط تبعاً لتغير تحدبه، يؤثر على الرؤية المحيطية ويسبب رؤية هالات حول الضوء، ويأخذ أرقاماً زوجية في هرم زيرنكه (4,6,8...)، فالزوغان الكروي الأول Z (4,0) أما الثانوي Z (6,0) وهكذا، يوضح الشكل (31) تأثير الزوغان الكروي على الرؤية.

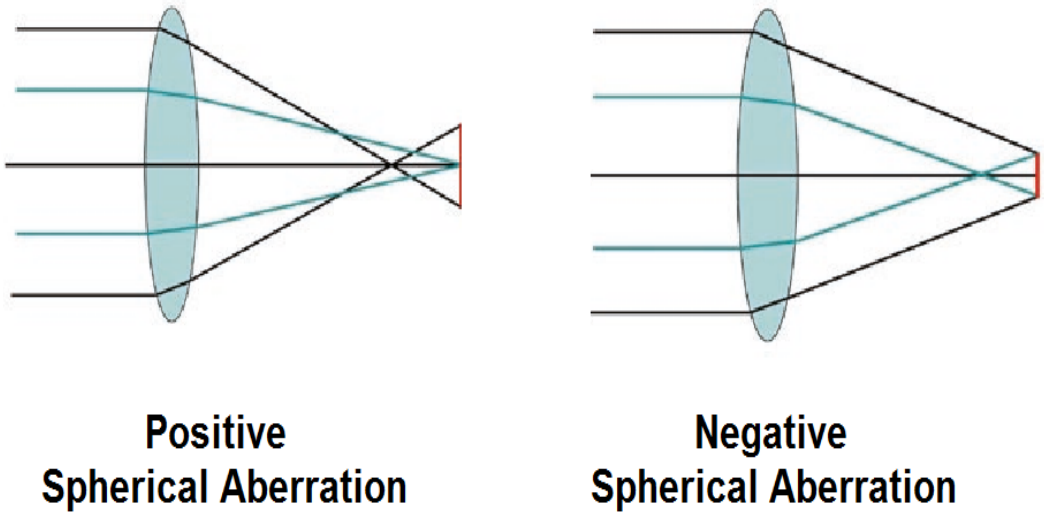
يمكن أن يكون الزوغان الكروي موجباً أو سالباً (الشكل 32):

الزوغان الكروي الموجب: يكون فيه انكسار الأشعة المحيطية أشد من انكسار الأشعة المركزية، أي أن القوة الكاسرة أقوى في المحيط منها في المركز.

الزوغان الكروي السالب: يكون فيه انكسار الأشعة المركزية أشد من انكسار الأشعة المحيطية، أي أن القوة الكاسرة أقوى في مركز العدسة منه في المحيط (31, 52, 53).



الشكل 31: تأثير الزوغان الكروي على النقطة الضوئية المرئية يظهر كهالات حولها، تزداد شدتها بازدياد شدة الزوغان وقطر الحدقة



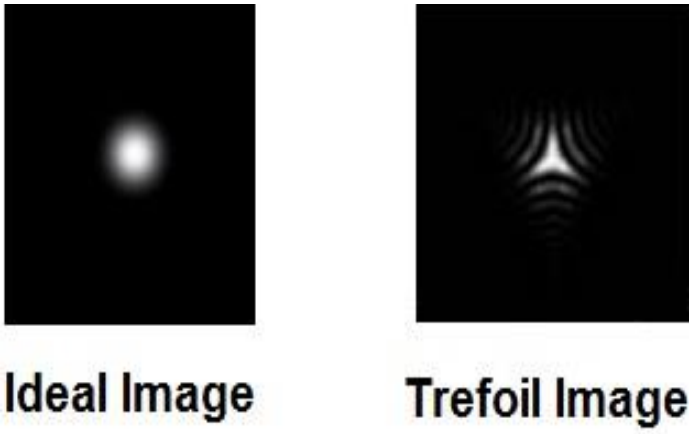
الشكل 32: مقارنة بين الزوغان الكروي الموجب والسالب، في الزوغان الموجب تنكسر الأشعة المحيطية أكثر مما تنكسر المركزية، خلافاً للزوغان السالب

- الزوغان ثلاثي الوريقات (Trefoil):

سمي تيمّناً بورقة نبات البرسيم الثلاثية (الشكل 33)، ينتج عن اختلاف تكبير متناوب بانتظام في محيط القرنية، العين التي فيها هذا الزوغان ترى نقطة الضوء كإشارة المارسيديس، يبدأ هذا الزوغان في هرم زيرنكه من الترتيب الثالث ويرمَّز له بـ Z (3,3) إذا كان أفقياً، وبـ Z (3,−3) إذا كان عمودياً، في الترتيبات الأعلى من الثالث لا يعود اسمه ثلاثي الوريقات وإنما يصبح رباعي الوريقات، خماسي الوريقات وهكذا...(31, 49)

- وهناك أيضاً زوغان الحرج الثانوي (Secondary astigmatism) يبدأ من الترتيب الرابع ويرمز له بـ (4,2) إذا كان أفقياً، و(4,−2) إذا كان عمودياً (31, 49).

الشكل 33: ورقة البرسيم، للزوغان ثلاثي الوريقات شكل مشابه لها



الشكل 34: أثر الزوغان ثلاثي الوريقات على رؤية النقطة الضوئية نلاحظ أنها تظهر كإشارة مارسيدس

3-7- قياس الزوغانات:

هناك عدة طرق لقياس الزوغانات:

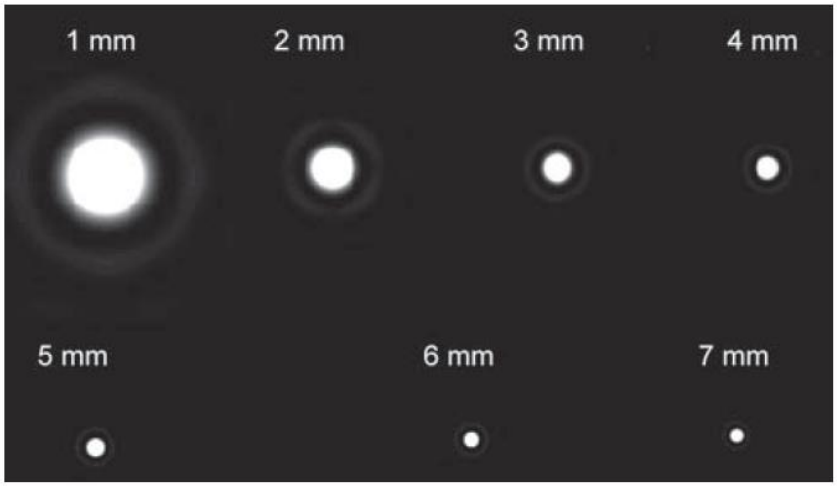
3-7-1-وظيفة تبعثر النقطة Point spread function (PSF):

هي الصورة التي يشكلها نظام بصري ما لمنبع ضوئي نقطي، وفي الحالة المثالية تكون الصورة المتشكلة لنقطة هي نقطة، لكن نظراً لأن العين البشرية ليست مثالية غالباً ستكون الصورة المتشكلة متبعثرة وليست نقطة تماماً.

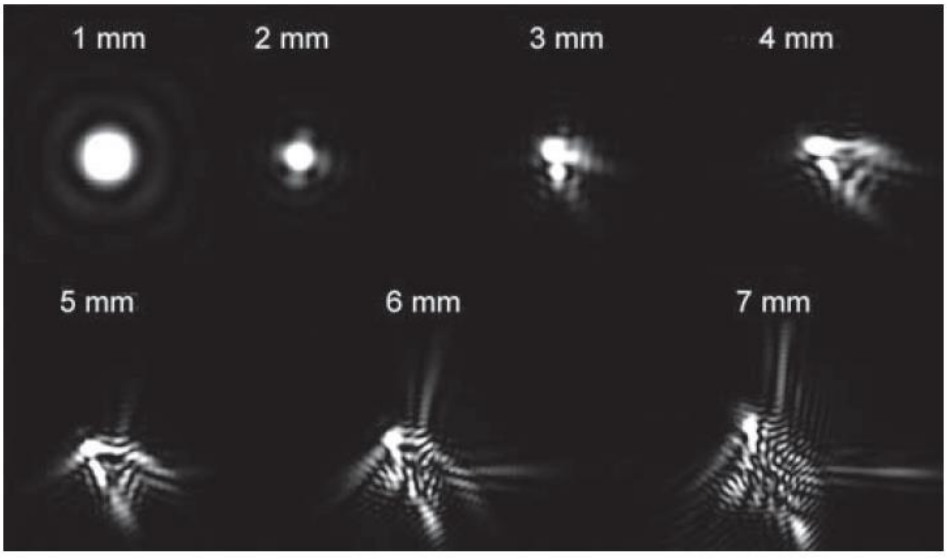
علينا هنا أن نأخذ ظاهرة الانعراج بالحسبان، فعندما يمر الضوء الوارد من منبع نقطي على عدسة مثالية فيها ثقب دائري سينعرج الضوء ويأخذ الخيال المتشكل شكل قرص أيري (Airy disc)، فنلاحظ وجود دائرة مركزية هي الأشد إضاءة وحولها دوائر متحدة المركز، وتحدث هذه الظاهرة في العين حتى لو كانت خالية من الزوغانات، وكلما كان قطر الحدقة أصغر كان الانعراج أشد (أي كان قطر قرص أيري أكبر)، وقطر الحدقة المثالي -بالنسبة للانعراج- هو 6-7 ملم (الشكل 35).

عند وجود الزوغانات -كما هو الحال في العين الطبيعية- لن يأخذ الخيال المتشكل شكل قرص أيري، بل سيأخذ أشكالاً أخرى تبعاً للزوغانات عالية الترتيب وتبعاً لقطر الحدقة، لذا اصطلح على قياس الـPSF عند قطر حدقة 6 ملم (الشكل 36) (31, 49).

يساعد الـPSF الطبيبَ على تخيُّل ما يراه المريض، ويقيس ما يدعى بالتغيّم الفعلي Efficient blur، وهو قياس تقريبي للمكافئ الكروي الحقيقي لأسواء انكسار العين المفحوصة، علماً أنه يمكننا أن نختار قياس التغيّم الفعلي للزوغانات عالية ومنخفضة الترتيب معاً، أو التغيّم الفعلي للزوغانات عالية الترتيب فقط (31).



الشكل 35: علاقة وظيفة تبعثر النقطة بقطر الحدقة في العين المثالية الخالية من الزوغانات، يقل الانعراج بازدياد قطر الحدقة

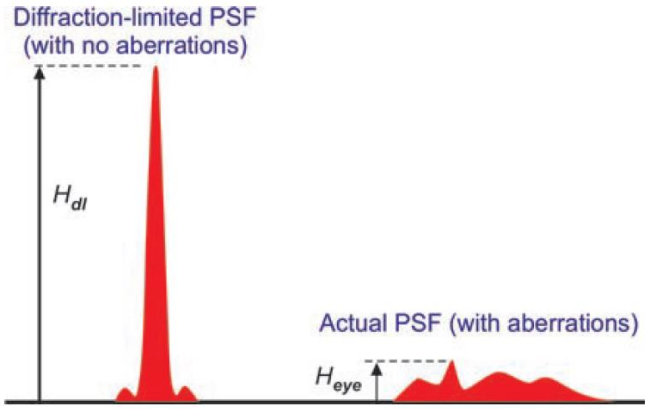


الشكل 36: علاقة وظيفة تبعثر النقطة بقطر الحدقة في العين الحقيقية الحاوية على الزوغانات، يزداد الزوغان بازدياد قطر الحدقة

3-7-2 نسبة ستريهل Strehl Ratio (SR):

طريقة سهلة تعبر عن جودة الصورة على شكل نسبة تقارن بين شدة الإضاءة في قرص أيري في العين الحقيقية التي فيها زوغانات وشدتها فيما لو كانت هذه الزوغانات غير موجودة (الحالة المثالية) (الشكل 37).

تساوي هذه النسبة الواحد في الحالة المثالية، وكلما نقصت عن ذلك كانت العين أكثر ابتعاداً عن هذه الحالة (54).



الشكل 37: نسبة ستريهل، تقارن وظيفة تبعثر النقطة بين العين المثالية والعين الحقيقية

3-7-3- وظيفة نقل التعديلات Modulation transfer function (MTF):

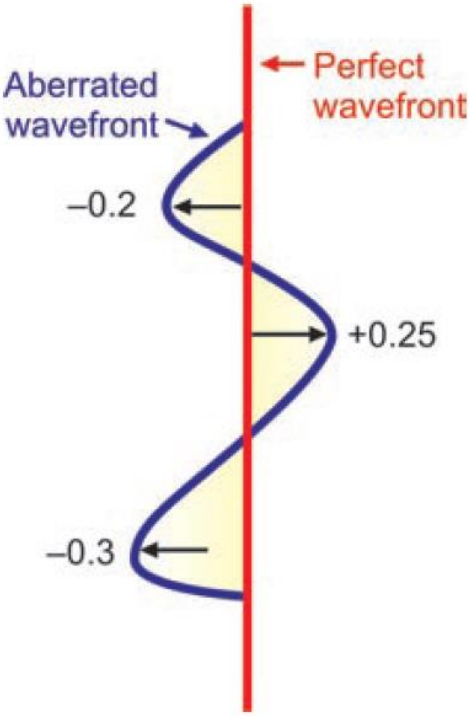
تقيس نسبة انتقال التباين من المنبع الضوئي إلى الخيال المتشكل له، وتتراوح قيمة MTF بين 0 و 1، ويكون النظام البصري المثالي الخالي من الزوغانات لديه قيمة MTF =1، ويمكن تمثيل العلاقة بين قيم الـ MTF وتباين المنبع الضوئي بمخطط الـMTF (55).

3-7-4- جذر مربع المتوسطات Root mean square (RMS):

يعبر عن شكل سطح الموجة من خلال تمثيل كمّي لحجم انحراف سطح الموجة عن سطح الموجة المثالي، حيث يقيس الجذر التربيعي لمجموع مربعات قيم الانحراف عن سطح الموجة المثالية، يعدّ طريقة كمية جيدة للمقارنة بين الزوغانات في العيون المختلفة، لكن من مساوئه أن أنواعاً مختلفة من الزوغانات قد يكون لها نفس قيم RMS رغم أن لها تأثيرات مختلفة على الرؤية، لذلك لا يعبّر الـRMS عن الأداء البصري (الشكل 38) (55).

3-7-5- معاملات زيرنكه Zernike Coefficients (ZCs):

تعبر عن قيمة كل زوغان على حدة باستخدام معادلات معقدة، وتأخذ قيماً موجبة أو سالبة خلافاً لـ RMS (31).



الشكل 38: يوضح جذر مربع المتوسطات، يعبر عن وسطي زوغان سطح الموجة مقارنة بسطح الموجة المثالي

3-8- تصنيفات أخرى للزوغانات:

3-8-1- سلبيات تصنيف زيرنكه:

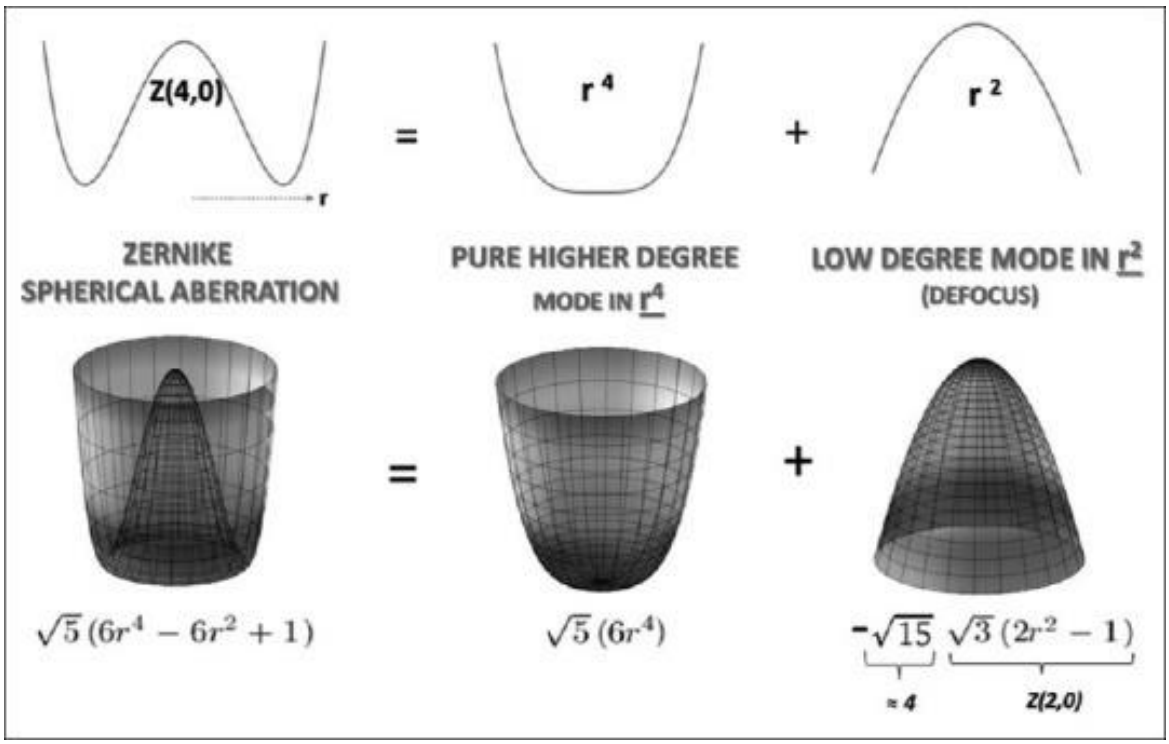
رغم النقلة النوعية التي أحدثها تصنيف زيرنكه بالتعبير عن الزوغانات بشكل كمّيّ، ورغم أنه التصنيف المعتمد للزوغانات البصرية من قبل هيئة المعايير الوطنية الأميركية (ANSI)؛ إلا أن هذا التصنيف له عدد من السلبيات، ومنها حدوث تداخلات بين بعض الزوغانات منخفضة الترتيب وعالية الترتيب عند محاولة تمثيل الأخيرة بطريقة زيرنكه، مما ينقص من دقة النتائج عند التعبير عن هذه الزوغانات عالية الترتيب (56).

من الأمثلة على هذا التداخل بين الزوغانات منخفضة وعالية الترتيب:

- التداخل بين زوغان غياب التركيز (Defocus) والزوغان الكروي Aberration (Spherical) عند محاولة تمثيل الزوغان الكروي.
- التداخل بين زوغان الحرج الأولي (Primary Astigmatism) والثانوي (Secondary Astigmatism) عند محاولة تمثيل زوغان الحرج الثانوي.
- التداخل بين زوغان الإمالة (Tilt) وزوغان الفاصلة (Coma) عند محاولة تمثيل زوغان الفاصلة.

3-8-2- الزوغان الكروي في تصنيف زيرنكه:

يتأثر القسم المركزي من الزوغان الكروي Z(4,0) (زوغانٌ عالِ الترتيب) في تصنيف زيرنكه بزوغان غياب التركيز Defocus Z(2,0) (زوغانٌ منخفض الترتيب)؛ ويعتبر r^4 هو المميز للزوغان الكروي، وr^2 هو المميز لزوغان غياب التركيز، وفي تصنيف زيرنكه يدخل كل من r^2 و r^4 في حساب Z(4,0) (الزوغان الكروي) (الشكل 39) ، مما ينقص دقة تمثيل الزوغان الكروي بطريقة زيرنكه (30, 57).



الشكل 39: تمثيل الزوغان الكروي وفق تصنيف زيرنكه

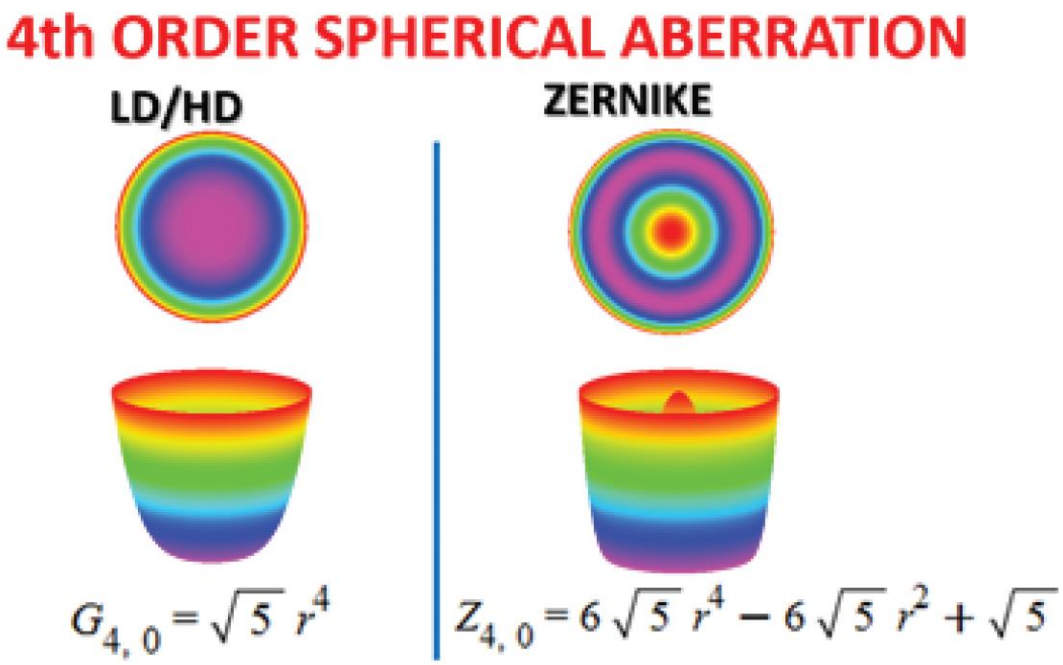
3-8-3- زوغان الحرج الثانوي في تصنيف زيرنكه:

يتغير شكل القسم المركزي من زوغان الحرج الثانوي $Z(4,\pm2)$ (زوغانٌ عالِ الترتيب) في تصنيف زيرنكه وفقاً لزوغان الحرج الأولي $Z(2,\pm2)$ (زوغان منخفض الترتيب)، لذا يُعدّ تمثيل زوغان الحرج الثانوي غير دقيق تماماً في تصنيف زيرنكه (56).

3-8-4- تصنيف الزوغانات منخفضة الدرجة/عالية الدرجة (LD/HD):

إن تداخل بعض الزوغانات منخفضة الترتيب مع القسم المركزي للزوغانات عالية الترتيب يضعف دقة تصنيف زيرنكه بتمثيل الأخيرة، مما أدى لتطوير طرق حديثة للتصنيف مثل الطريقة التي ابتكرها الطبيب الفرنسي غاتينيل Damien Gatinel في مشفى Adolphe De Rothschild بباريس، حيث ابتكر طريقة الزوغانات منخفضة الدرجة/عالية الدرجة (LD/HD)؛ وتعتمد هذه الطريقة على الفصل التام بين الزوغانات منخفضة الدرجة وعالية الدرجة، ولذلك يكون القسم المركزي للزوغانات عالية الترتيب وفق تصنيف (LD/HD) مسطحاً أكثر من تصنيف زيرنكه ولا يتأثر بالزوغانات منخفضة الترتيب (56).

ويكون رمز الزوغان الكروي في تصنيف الزوغانات منخفضة الدرجة/عالية الدرجة هو $G(4,0)$، ويكون متعلقاً فقط بr^4؛ على خلاف الزوغان الكروي بتصنيف زيرنكه $Z(4.0)$ الذي يدخل بتمثيله كل من r^4 و r^2 (56)، يوضح الشكل (40) الزوغان الكروي بكلا التصنيفين؛ حيث نلاحظ تسطحه بالمركز في تصنيف الزوغانات منخفضة الدرجة/عالية الدرجة مقارنة مع تصنيف زيرنكه.



الشكل 40: مقارنة بين شكل الزوغان الكروي وفق تصنيف زيرنكه وتصنيف (LD/HD)

3-9- التطبيقات السريرية (Clinical applications):

إن ظهور علم سطح الموجة (Wavefront) ومفهوم جودة الرؤية كبديل عن حدة الإبصار التقليدية أدى لتسليط الضوء أكثر على الزوغانات عالية الترتيب وتأثيرها المهم في جودة الرؤية، وظهرت كثيرٌ من التطبيقات السريرية للزوغانات عالية الترتيب، ولعل أهم مثال على ذلك هو الجراحة الانكسارية الموجّهة حسب سطح الموجة، ومن التطبيقات الأخرى أيضاً: العدسات المزروعة داخل العين والمصمّمة حسب سطح الموجة، ومحاولة تشخيص القرنية المخروطية باكراً اعتماداً على الزوغانات عالية الترتيب، ومحاولة تحسين جودة الرؤية لمرضى القرنية المخروطية عبر عدسات لاصقة مصنّعة حسب سطح الموجة، ولا يزال المجال واسعاً للتطبيقات السريرية للزوغانات عالية الترتيب في باقي الأمراض العينية والجراحات العينية للوصول لجودة الرؤية المثلى.

وهنا تأتي أهمية دراستنا لمعرفة انتشار أهم الزوغانات عالية الترتيب معرفةً دقيقةً لتحقيق عدة أهداف: أولاً إنشاء قاعدة بيانات للقيم الطبيعية للزوغانات عالية الترتيب عند المجتمع السوري، حيث تختلف القيم كما ذكرنا سابقاً بين المجموعات العرقية، وثانياً فالمعرفة المسبقة للقيم الطبيعية ضرورية عند إجراء دراسات لاحقة عن تأثر الزوغانات عالية الترتيب في الأمراض العينية المختلفة وعلى رأسها القرنية المخروطية لمحاولة تشخيصها باكراً، أضف إلى ذلك أنّ المعرفة المسبقة لانتشار الزوغانات عالية الترتيب عند الأشخاص الطبيعيين ضرورية قبل الجراحات الانكسارية الحديثة الموجّهة حسب سطح الموجة وكذلك ضرورية مع العدسات المزروعة داخل العين والمصنّعة حسب سطح الموجة بهدف الوصول لجودة الرؤية المثلى التي تُعدّ هدف كل من الجراحة الانكسارية والعدسات المزروعة داخل العين.

3-9-1- الجراحة الانكسارية الموجّهة حسب سطح الموجة:

3-9-1-1 مقدمة:

أصبحت الزوغانات عالية الترتيب أولوية في مجال الجراحة الانكسارية، فهي تؤثر تأثيراً مهماً على نتائج جودة الرؤية بعد الجراحة، ويشكو بعض المرضى بعد إجراء الجراحة الانكسارية التقليدية من ظهور الهالات والوهيج وصعوبة الرؤية الواضحة ليلاً إضافة إلى نقص حساسية التباين.

وحسب الدراسة الواسعة التي أجرتها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية FDA عام 2014 لمعرفة نتائج جودة الرؤية بعد عملية الـLASIK توصلت للنتائج التالية (58):

- إن حوالي 46% من الخاضعين للجراحة الانكسارية والذين لم يسبق لهم أن اشتكوا من أعراض بصرية، ظهرت لديهم إحدى الشكايات البصرية التالية للجراحة (هالات أو وهيج أو صعوبة الرؤية ليلاً) خلال 3 شهور بعد الجراحة الانكسارية.
- إن أشيع الشكايات البصرية التالية للجراحة الانكسارية هي رؤية الهالات، حيث نسبة ظهورها عند المرضى الذين لم يسبق لهم أن اشتكوا من أعراض بصرية كانت حوالي 40%.

3-9-1-2- تطورات الجراحة الانكسارية:

- تطورت الجراحة الانكسارية التقليدية اعتماداً على سطح الموجة والزوغانات عالية الترتيب، وظهرت لدينا حديثاً عدة تعديلات على جراحة ال LASIK والـ PRK التقليدية (الشكل 41) (59, 60).

1- **تقنية Wavefront-Guided:**

- تحاول هذه التقنية التخلص من كامل الزوغانات منخفضة الترتيب وعالية الترتيب الموجودة قبل الجراحة الانكسارية، وتحتاج قياساً دقيقاً للزوغانات الموجودة قبل إجراء الجراحة الانكسارية (59-61).
- ومن الأمثلة على أجهزة تعتمد هذه التقنية وأخذت موافقة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية FDA:
  - ✓ جهاز LADARVision 4000 (Alcon, Fort Worth, USA).
  - ✓ وجهاز WaveLight ALLEGRO (WaveLight AG, Erlangen, Germany).

2- **تقنية Wavefront-Optimized:**

- تحاول هذه التقنية الحفاظ على الشكل اللاكروي Aspheric للقرنية عبر تطبيق كميات إضافية من الليزر على محيط القرنية لتخفيف الزوغان الكروي الناتج بعد الجراحة التقليدية لتصحيح الحسر، أي أنها لا تصحح الزوغانات عالية الترتيب، ولا يمكن للجراح تحديد قيمة Q المطلوبة بعد الجراحة (59, 61, 62) .
- ومن الأمثلة على أجهزة تعتمد هذه التقنية وأخذت موافقة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية FDA:
  - ✓ جهاز Allegretto Wave Laser (WaveLight AG, Erlangen, Germany).
  - ✓ وجهاز MEL 80 Excimer Laser (Carl Zeiss Meditec, Dublin, USA).

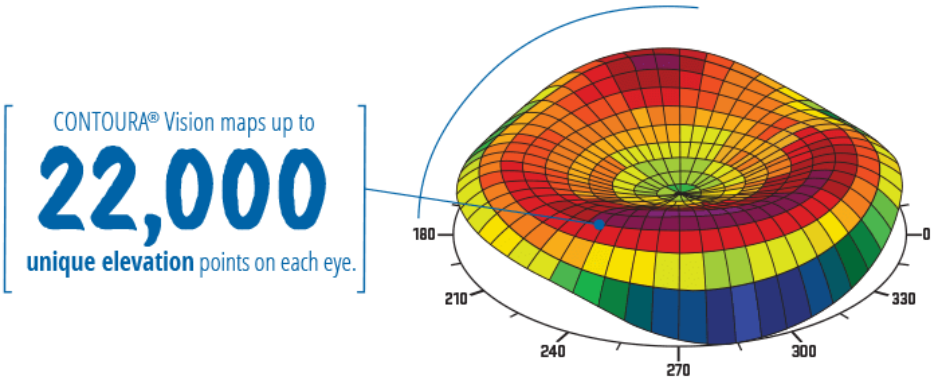
- **تقنية Custom Q LASIK:**

- تُعدّ تطويراً لتقنية Wavefront-optimized، فهي تحافظ على لاكروية القرنية إضافة إلى أنها تسمح للجراح أن يحدد قيمة Q الهدف حسب قرنية كل مريض على حدة (63).

3- **تقنية Topography-Guided**:

- تُعدّ هذه التقنية أحدث تطور في مجال ال LASIK، وأخذت موافقة إدارة الغذاء والدواء الأميركية FDA عام 2016، وهي تحديث لتقنية Wavefront-Guided، حيث تقيس هذه التقنية ارتفاع 22,000 نقطة على سطح القرنية لكشف الشذوذات الصغيرة، وبالتالي تُعدّ التقنية الأكثر دقة دراسة سطح القرنية (الشكل 42) (62).
- وأهم مثال عليها جهاز Contoura (Alcon, Fort Worth, USA)؛ الذي أخذ موافقة إدارة الغذاء والدواء الأميركية FDA عام 2016.

الشكل 41: تطور جراحة الليزك LASIK



الشكل 42: تقنية Topography-Guided LASIK

وجدت دراسة هي وزملائه أن الجراحة الانكسارية الموجهة حسب سطح الموجة قلّلت زيادة الزوغانات عالية الترتيب مقارنة مع الجراحة التقليدية، وكذلك أعطت نتائج أفضل من حيث الوهيج وحساسية التباين (60).

وأجريت عدة دراسات لمقارنة فعالية Wavefront-Optimized LASIK مع التقنيات السابقة، فوجدت دراسة تران وزملائه لمقارنة Wavefront-Optimized LASIK مع Wavefront-Guided LASIK أن النتائج البصرية ممتازة في كلّيهما (61)، وكانت الزوغانات عالية الترتيب أقل في مجموعة Wavefront-Guided، بينما وجدت دراسة كيم وزملائه بالنسبة لتقنية Topography-Guided LASIK أنها تسبب زوغانات عالية الترتيب أقل من التي تسببها تقنية Wavefront-Optimized (62).

3-9-2- العدسات المزروعة داخل العين والمصنّعة حسب سطح الموجة:

3-9-2-1- مقدمة:

مع ظهور علم سطح الموجة والتطور الكبير بمفهوم الزوغانات عالية الترتيب لم يُعدّ هدف جراحة الساد هو استعادة حدة الإبصار فقط، وإنما أصبح هدفها الوصول لجودة الرؤية المثلى.

وأثبتت كثيرٌ من الدراسات أن العدسات الكروية التقليدية المزروعة داخل العين (Spherical IOL) تضيف زوغانات عالية الترتيب إلى النظام البصري، وأُجريت كثيرٌ من المحاولات لتقليل هذه الزيادة وتحسين حساسية التباين وجودة الرؤية، حيث أدى تطبيق مفهوم سطح الموجة أثناء صنع العدسات إلى تصميم العدسات اللاكروية المخصصة للزرع داخل العين (Aspheric IOL) (64, 65).

3-9-2-2- العدسات اللاكروية (Aspheric):

هناك نوعان من العدسات اللاكروية (Aspheric IOL) (الشكل 43):

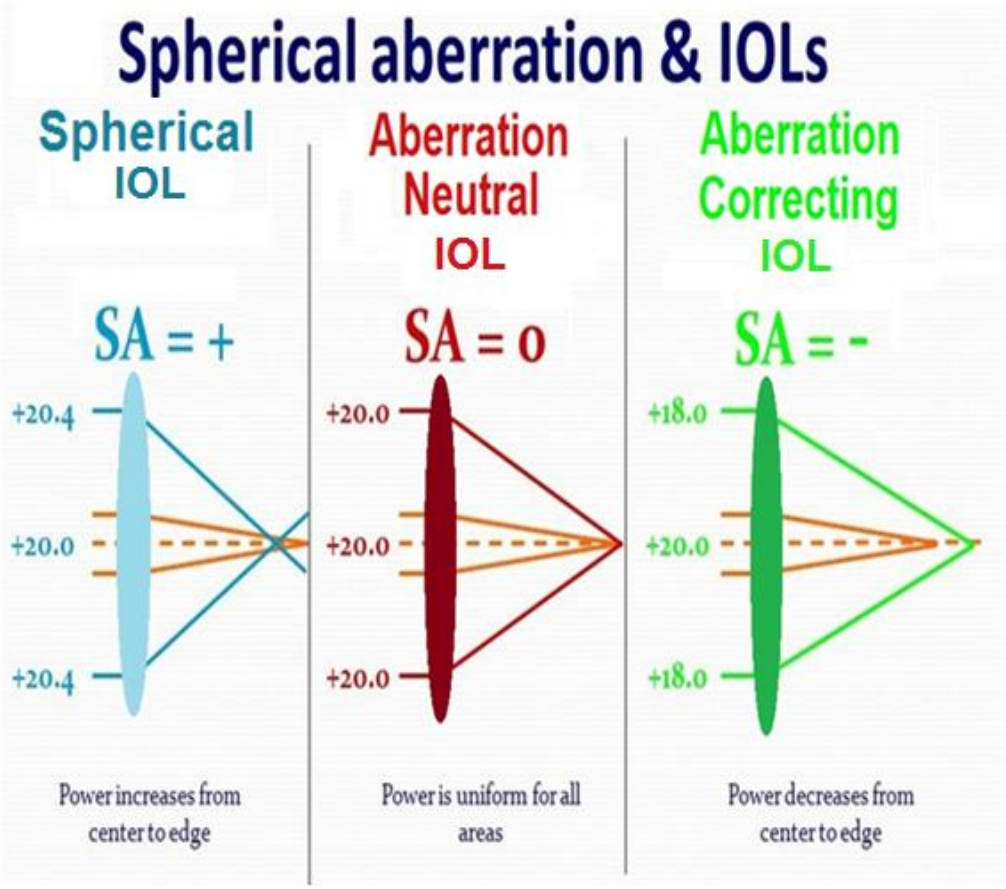
1- <u>العدسات المصحِّحة للزوغان الكروي (Aberration-Correcting IOL):</u>

تضيف هذه العدسات زوغاناً كروياً سالباً أو موجباً يعاكس الزوغان الكروي القرني الذي قد يكون موجباً أو سالباً، مما يؤدي لتقليل الزوغان الكروي العيني الكلّيّ مقارنة مع العدسات التقليدية.

ووجدت دراسة نوتشيز وزملائه أن إزالة كامل الزوغان الكروي العيني يحدُّ من عمق وضوح الصورة (Depth of focus)، في حين يحسّن بقاء مقدار صغير من الزوغان الكروي (بين 0.07+ و 0.1+ مكرون) من عمق وضوح الصورة (66).

2- <u>العدسات الخالية من الزوغان الكروي (Aberration-Neutral IOL):</u>

تتجنب هذه العدسات إضافة أي زوغان كروي على الإطلاق بدلاً من محاولة تصحيح الزوغان الكروي الموجب للقرنية، مما يحافظ على عمق جيد لوضوح الصورة، وبالوقت نفسه لا يضيف زوغانات جديدة وبالتالي تكون الزوغانات القرنية أقل مقارنة مع العدسات التقليدية (67)



الشكل 43: العدسات اللاكروية بنوعيها المصححة والخالية من الزوغان الكروي

3-9-3- التشخيص الباكر للقرنية المخروطية:

3-9-3-1- مقدمة:

مع انتشار الجراحات الانكسارية انتشاراً واسعاً أصبح التشخيص الباكر للقرنية المخروطية أولوية قصوى لمنع حدوث التلين (Ectasia) التالي للجراحة الانكسارية، وكشفت كثيرٌ من الدراسات عن إمكانية استخدام الزوغانات عالية الترتيب في التشخيص الباكر للقرنية المخروطية، وعن ارتباط إحصائي مهمّ بين هذه الزوغانات والقرنية المخروطية (68, 69).

3-9-3-2- أهمية الزوغانات عالية الترتيب في القرنية المخروطية:

أجرى بوهرن وزملاؤه دراسة على 127 قرنية طبيعية، و 23 قرنية مخروطية، و 10 forme fruste keratoconus (هي العين التي لا تبدي أي علامات للقرنية المخروطية لكن العين الثانية هي قرنية مخروطية)، وعند المقارنة بين مرضى القرنية المخروطية والقرنيات السليمة وجدت هذه الدراسة فروقات مهمّة إحصائياً في الزوغانات عالية الترتيب الكلّيّة، وزوغانات الترتيب الثالث، وزوغان الفاصلة العمودية، وزوغان الفاصلة الكلّيّة، أما عند المقارنة بين forme fruste keratoconus والقرنيات السليمة وجدت هذه الدراسة فرقاً هامّاً إحصائياً في زوغان الفاصلة العمودي (69).

ووجدت دراسة مايدا وزملائه أيضاً أن زوغان الفاصلة هو المسؤول بشكل أساسي عن زيادة الزوغانات عالية الترتيب عند مرضى القرنية المخروطية مقارنة مع القرنيات السليمة، وكان زوغان الفاصلة أعلى ب 2.3 ضعف من الزوغان الكروي عند مرضى القرنية المخروطية (70).

وكذلك وجدت دراسة أورتيز توكويرو وزملائه أن زوغان الفاصلة وزوغانات الترتيب الثالث تمتلك حساسية ونوعية عالية لتمييز الحالات الباكرة من القرنية المخروطية، وكذلك اقترحت أن لها دوراً في تصنيف القرنية المخروطية (71).

3-9-4- علاج القرنية المخروطية:

للزوغانات عالية الترتيب أثر سلبي كبير على الجودة البصرية عند مرضى القرنية المخروطية وكما ذكرنا سابقاً لا يمكن تصحيح هذه الزوغانات بالنظارات ولا العدسات اللاصقة، تفيد العدسات اللاصقة الصلبة جزئياً في تخفيف الزوغانات لأنها تشكل عدسة فيلم الدمع بينها وبين سطح القرنية غير المنتظم، لكنها لا تحلّ المشكلة بالقدر الكافي، لذا توجه اهتمام الباحثين إلى أهم الزوغانات التي يجب تصحيحها ولابتكار طرق آمنة لهذا التصحيح (72).

صُمِّمت عدسات موجهة بسطح الموجة، ولعل أبرز هذه النماذج هو EyePrintPRO (Advanced Vision Technologies, Lakewood, Colo.) حيث أولاً تُؤخذ طبعة دقيقة عن سطح القرنية ثم يقوم ماسح ضوئي ثلاثي الأبعاد بأخذ قياسات الطبعة، وبعدها تُصنَّع عدسة لاصقة خاصة بالزوغانات عالية الترتيب عند هذا المريض (73, 74)، في دراسة نيغوين وزملائه لتحري فائدة جهاز EyePrintPRO عند مرضى المراحل المتقدمة من إصابات القرنية المختلفة (كالقرنية المخروطية)، وجدت دراستهم تحسناً في حدة الإبصار وجفاف العين، وغالبية المرضى لم يعانوا من صعوبة في استخدام هذه العدسة، وعلى الرغم من أن العدسات اللاصقة المصنوعة حسب سطح الموجة لم تنتشر على نطاق واسع بعد إلا أنها خيار جيد للمرضى الرافضين أو غير المرشحين للجراحة (74).

كما دُرِس أثر الجراحة الانكسارية الموجهة بسطح الموجة Wavefront-guided وTopo-guided في حالات القرنية المخروطية وكانت النتائج واعدة، قامت دراسة جاين وزملائه التي أجريت على 30 عيناً مشخصة بالقرنية المخروطية، بإجراء تصليب مع علاج بالليزر موجه بالطبوغرافيا Topo-guided، ولاحظوا تحسناً في القدرة البصرية المصححة وغير المصححة، وكانت الحالات مستقرة طوال فترة المتابعة التي تراوحت بين 6-13 شهراً (75, 76).

الجزء الثاني: الدراسة العملية

الفصل الأول: منهج البحث وأدواته

1-1- عينة البحث:

1-1-1- مكان الدراسة:

قسم أمراض العين وجراحتها، مستشفى المواساة الجامعي، كلية الطب البشري، جامعة دمشق.

1-1-2- تصميم الدراسة:

دراسة مقطعية مستعرضة وصفية Cross-sectional descriptive study

1-1-3- مدة الدراسة:

أجريت الدراسة خلال المدة الواقعة بين 2023/6/1 حتى 2024/6/1

1-1-4- حجم العينة:

شملت العينة 218 عيناً لـ116 شخصاً.

1-1-5- مجموعة الدراسة:

مجموعة من المراجعين لقسم أمراض العين في مشفى المواساة الجامعي، ممن تحققت فيهم معايير القبول.

1-1-6- معايير الدراسة:

1-1-6-1 معايير القبول في الدراسة:

1. أشخاص عيونهم صحيحة دون وجود تداخل جراحي سابق أو رض.
2. أعمارهم بين 19-40 عاماً من كلا الجنسين.

1-1-6-2- معايير الاستبعاد من الدراسة:

1. المرضى الذين خضعوا لجراحة عينية سابقة.
2. رض سابق هام على العين
3. المرضى المصابين بأي شكل من أشكال حثولات أو تنكسات أو اعتلالات القرنية أو الكثافات
4. المرضى الذين ارتدوا العدسات اللاصقة خلال آخر أسبوع
5. المرضى الذين لديهم أي مرض عيني يؤثر على سطح العين كالظفرة وجفاف العين
6. المرضى المعالجين بقطرات عينية مزمنة ومخرشة لسطح العين كقطرات الزرق
7. قرنية مخروطية مشتبهة أو مشخصة في أي من العينين
8. وجود أمراض جهازية تؤثر على القرنية كأمراض النسيج الضام
9. المرضى الذين تقل قدرتهم البصرية المصحّحة للبعد عن 10/10 بصرف النظر عن السبب (الزرق، أمراض الشبكية، الغطش...)
10. المرضى ذوي سوء الانكسار العالي (أكثر من 6 كسيرات حسرية أو أكثر من 4 كسيرات مدية أو أكثر من 4 كسيرات حرج)
11. المرضى المصابين بالتهاب عيني فعّال
12. وجود ما يعيق إجراء الصورة كالانسدال
13. الحامل والمرضع
14. رفض المريض أن يشارك في الدراسة

1-2- خطوات البحث:

1-2-1- طريقة الدراسة ومراحل البحث:

- أُطلِعَ المشاركون في الدراسة على هدفها وإجراءاتها، وأخذت موافقة مستنيرة منهم بشكل طوعيّ.
- أُجريَ استجواب سريري مفصل شمل القصة العينية والجهازية.
- أُجريَ فحص عيني شامل تضمن:

1. فحص أقسام العين الأمامية باستخدام مصباح شقي من أحد الأنواع التالية:

Topcon Slit Lamp SL-D7, Tokyo, Japan

Topcon Slit Lamp IS -600, Tokyo, Japan

Topcon Slit Lamp SL -3C, Tokyo, Japan

2. قياس أسواء الانكسار باستخدام جهاز قياس أسواء الانكسار الأوتوماتيكي من نوع:

Topcon Autorefractor KR-8100P, Tokyo, Japan

3. تقييم حدة الإبصار المصحَّحة باستخدام النظام العشري عن طريق جهاز إسقاط من نموذج E:

Topcon projector ACP8, Tokyo, Japan

4. قياس زمن تحطم الطبقة الدمعية (BUT) بوضع شريط الفلورسيئين في الرتج الملتحمي السفلي، ثم الطلب من المريض الرفيف عدة مرات وبعدها يضع المريض رأسه على المصباح الشقي ناظراً إلى الأمام، ثم يُحسَب الزمن الفاصل بين آخر رفيف وظهور أول بقعة جافة على سطح القرنية، وذلك باستخدام مرشح الكوبالت الأزرق.

5. إجراء صورة طبوغرافيا قرنية بواسطة جهاز: SIRIUS (CSO, Italy)

تم التأكد من جودة الصورة (انظر الفقرة 2-2-2، الشكل 8)، وتمت معاملة كل عين على حدة من ناحية القبول والاستبعاد ومن ناحية التصنيف.

قسمت العينة إلى عشر مجموعات تبعاً لتصنيف رابينويتز وزملائه المذكور سابقاً، وذلك بناء على الخريطة السهمية (sagittal)، وباستخدام المعيار اللوني المطلق لكل 1.5 كسيرة.

6. فحص قعر العين بالتنظير غير المباشر عبر المصباح الشقي باستخدام عدسة Volk 78 diopter

1-2-2- متغيرات الدراسة:

درس جذر مربع المتوسطات (Room mean square RMS) للمتغيرات التالية:

1- الزوغان القرني الكلي على دائرة 6 ملم

2- زوغان الفاصلة الكلي على دائرة 6 ملم

3- الزوغان ثلاثي الوريقات الكلي على دائرة 6 ملم

4- الزوغان الكروي الكلي على دائرة 6 ملم

5- زوغان الحرج الثانوي الكلي على دائرة 6 ملم

6- الزوغان رباعي الوريقات الكلي على دائرة 6 ملم

1-2-3- الاعتبارات الأخلاقية:

أخذت موافقة مستنيرة موقّعة من كل مريض وذلك تبعاً لمبادئ إعلان هلسنكي، علماً أنَّ هذه الدّراسة رقابيّة، وهي ذات حساسيّة منخفضة للمشكلات الأخلاقّية.

1-2-4- الدراسة الإحصائية:

مُلئت البيانات المطلوبة في نموذج استبيان خاص بالدراسة ثم أُدخِلت البيانات النهائية إلى قاعدة بيانات حاسوبية (Microsoft Excel 2019) ثم تم تحليل البيانات واستخلاص النتائج عن طريق برنامج تحليل إحصائي Statistical Package for the Social Sciences SPSS إصدار 26 مع اعتبار المتغير ذا أهمية إحصائية عندما تكون قيمة الدلالة P value أقل أو تساوي 0.05.

وصِّفَت المتغيرات العددية المستمرة بالمتوسط الحسابي والانحراف المعياري (المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري) عندما كان توزعها طبيعياً، وبالوسيط والمجال بين الرُّبيعات عندما كان التوزع غير طبيعي، أما بالنسبة للمتغيرات الكيفية والفئوية تم حساب التواتر والنسبة المئوية لكل فئة.

استخدم اختبار The Kolmogorov-Smirnov test for normality لدراسة التوزع (هل هو طبيعي أم لا)، وتمت المقارنة بين المتغيرات المستمرة باستخدام اختبار Independent-samples Kruskal-Wallis test للمقارنة بين عدة مجموعات.

الفصل الثاني: نتائج البحث

2-1- نتائج البحث:

2-1-1- توصيف العينة:

شملت العينة 218 عيناً لـ116 شخصاً، أي أن هناك 14 شخصاً أدخلت إحدى عينيهم فقط في الدراسة نظراً لأن العين الأخرى فيها أحد معايير الاستبعاد، وبلغت نسبتهم 12.1%.

تراوحت أعمار المشاركين بين 19 و40 عاماً، وبلغ المتوسط الحسابي لأعمار المشاركين 26.5 ± 4.54 عاماً، أما الوسيط فكان 25.5 عاماً والمجال بين الربيعات 24-28 عاماً.

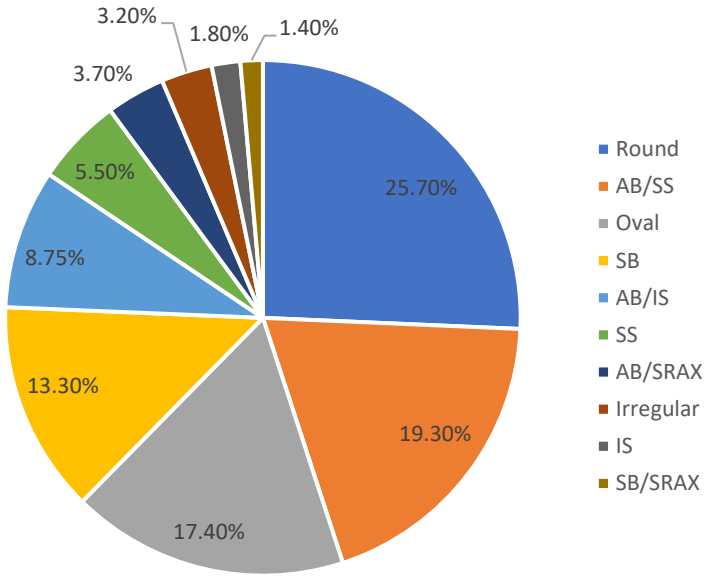
كان عدد الذكور المشاركين 39 ذكراً (33.6%) يقابلهم 77 أنثى (66.4%).

بالنسبة لتوزع أنماط الطبوغرافيا في العينة كان النمط الدائري أشيعها (56 عيناً بنسبة 25.7%)، يليه شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي (42 عيناً بنسبة 19.3%)، يليه النمط البيضوي (38 عيناً بنسبة 17.4%)، يليه شريطة العنق المتناظرة (29 عيناً بنسبة 13.3%)، ثم شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي (19 عيناً بنسبة 8.7%)، ثم يأتي الانحدار العلوي (12 عيناً 5.5%)، أما مجموعات شريطة العنق غير المتناظرة ذات المحور المائل وغير المنتظمة والانحدار السفلي وشريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل فكانت على التوالي (8 بنسبة 3.7%، 7 بنسبة 3.2%، 4 بنسبة 1.8%، 3 بنسبة 1.4%) (الجدول 1) (الشكل 44).

أظهر اختبار The Kolmogorov-Smirnov test for normality أن معظم الزوغانات المدروسة ذات توزع غير طبيعي (غير غاوسي)، لذا سنستخدم الوسيط والمجال بين الربيعات في المقارنة بين المجموعات.

الجدول 1: يوضح النسبة المئوية لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا في العينة

النمط	عدد الأعين	النسبة المئوية
الدائري	56	%25.7
شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي	42	%19.3
البيضوي	38	%17.4
شريطة العنق المتناظرة	29	%13.3
شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي	19	%8.75
الانحدار العلوي	12	%5.5
شريطة العنق غير المتناظرة ذات المحور المائل	8	%3.7
غير المنتظم	7	%3.2
الانحدار السفلي	4	%1.8
شريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل	3	%1.4

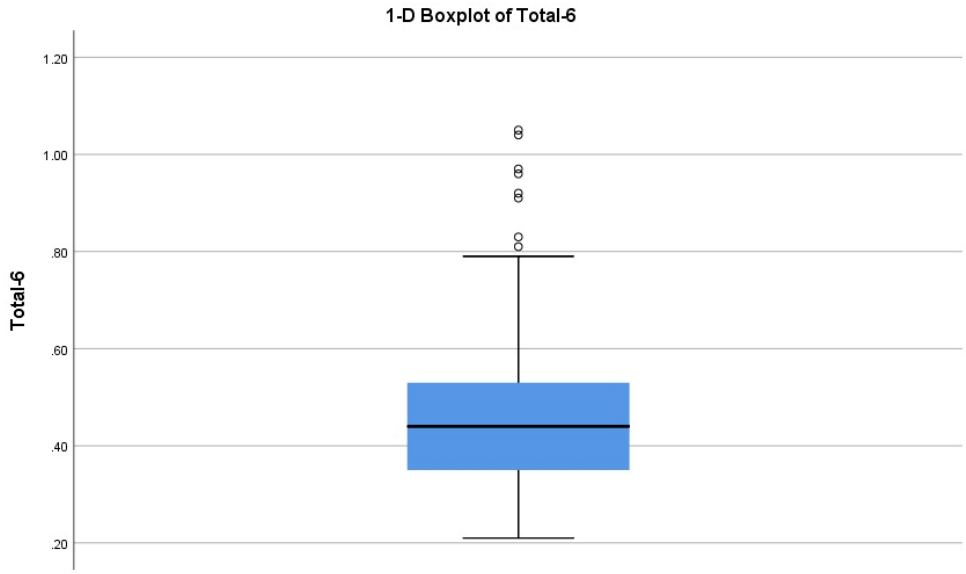


الشكل 44: مخطط الفطيرة يوضح توزع أنماط الطبوغرافيا في العينة

2-1-2- الزوغان القرني الكلي عالي الترتيب:

كان المتوسط الحسابي لجذر مربع المتوسطات للزوغان القرني الكلي مساوياً لـ 0.466 ± 0.151 ميكرون، المجال من أدنى قيمة إلى أعلى قيمة (0.21-1.05)، أما الوسيط فكان 0.44 ميكرون والمجال بين الربيعات 0.35-0.53 ميكرون (الشكل 45).

أعلى قيمة لوسيط جذر مربع المتوسطات لهذا الزوغان كانت في مجموعة الانحدار العلوي 0.540 (0.488-0.625) ميكرون، يليها شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي 0.530 (0.415-0.713) ميكرون ثم شريطة العنق غير المتناظرة ذات المحور المائل 0.515 (0.415-0.630) ميكرون، ثم غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي 0.480 (0.370-0.520) ميكرون ثم شريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل 0.450 (0.340-0.50) ميكرون ثم البيضوي والانحدار السفلي وغير المنتظم بقيم متقاربة 0.430 (0.368-0.513)، 0.430 (0.345-0.485)، 0.430 (0.330-0.460) ميكرون على الترتيب، وكانت أقل قيمة في النمط الدائري 0.400 (0.340-0458) ميكرون وشريطة العنق المتناظرة 0.400 (0.295-0.515) ميكرون، يبين الجدول 2 الوسيط والمجال بين الربيعات لكل نمط على حدة (الجدول 2).

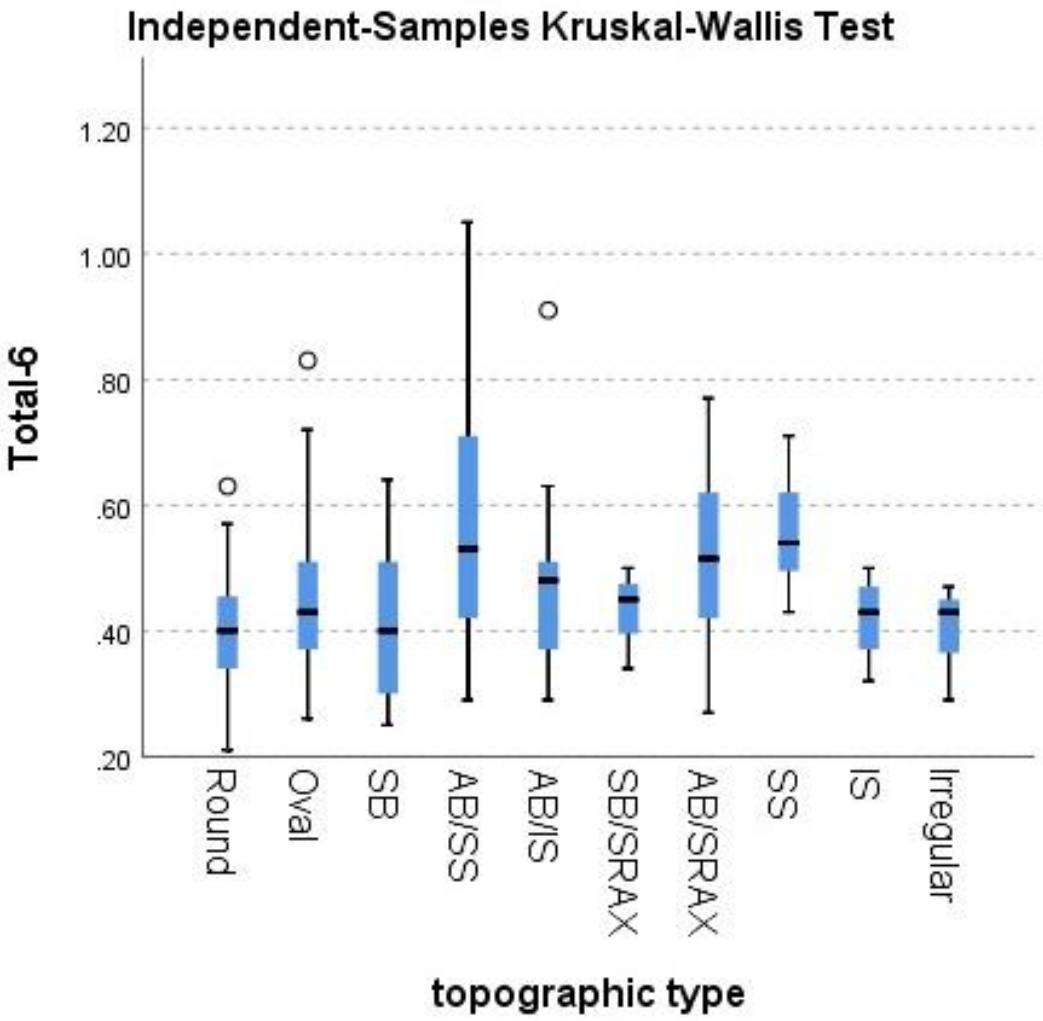


الشكل 45: مخطط الصندوق والساعدين يمثل الوسيط والمجال بين الربيعات للزوغان القرني الكلي على دائرة 6 ملم

بإجراء اختبار كروسكل وليز للعينات المستقلة (Independent-samples Kruskal-Wallis test) تبين وجود ارتباط بين نمط الطبوغرافيا والزوغان الكلي على دائرة 6 ملم (P value <0.001) (الشكل 46)، حيث كان جذر مربع المتوسطات أعلى بفرق هام إحصائياً في نمط شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي مقارنة بكل من الأنماط الدائري وشريطة العنق المتناظرة وغير المنتظم، وكذلك كان جذر مربع المتوسطات للانحدار العلوي أعلى بشكل هام إحصائياً من النمط الدائري وغير المنتظم وشريطة العنق المتناظرة، وكذلك كان النمط البيضوي أعلى بفرق هام عن النمط الدائري، كما وُجِد فرق هام إحصائياً بين شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي والشكل الدائري.

الجدول 2: الوسيط والمجال بين الربيعات لجذر مربع المتوسطات للزوغان الكلي على دائرة 6 ملم لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا الطبيعية

النمط	RMS (µm) الوسيط (المجال بين الربيعات)
الدائري	0.400 (0458-0.340)
AB/SS	0.530 (0.713-0.415)
البيضوي	0.430 (0.513-0.368)
SB	0.400 (0.515-0.295)
AB/IS	0.480 (0.520-0.370)
SS	0.540 (0.625-0.488)
AB/SRAX	0.515 (0.630-0.415)
غير المنتظم	0.430 (0.460-0.330)
IS	0.430 (0.485-0.345)
SB/SRAX	0.450 (0.50-0.340)

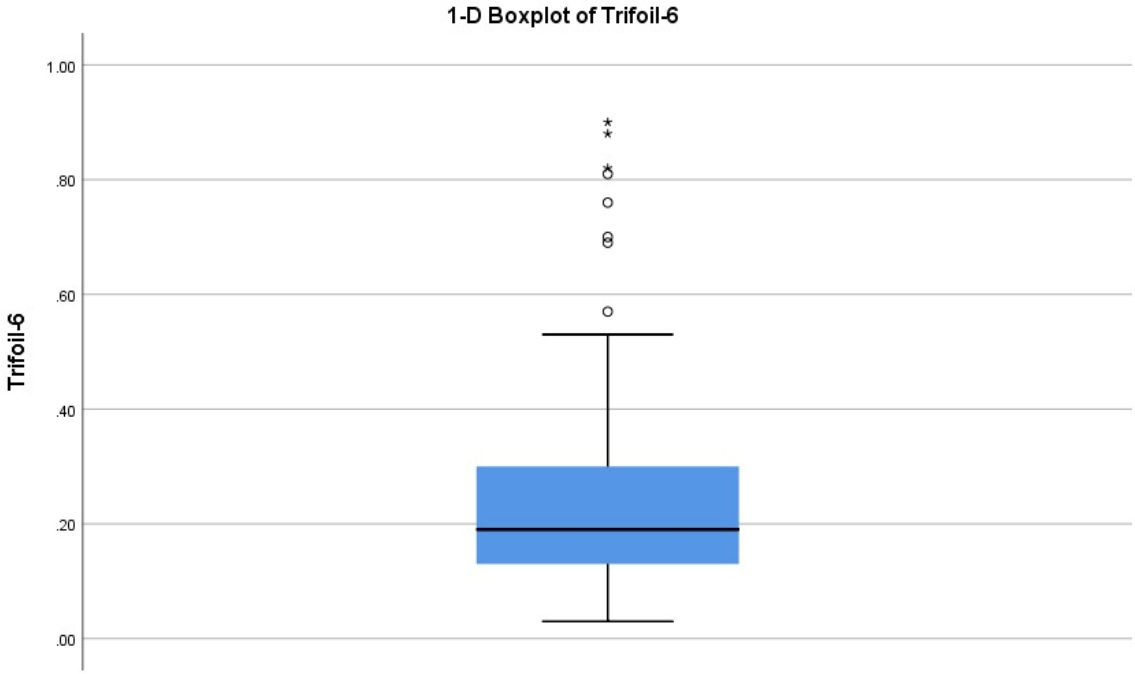


الشكل 46: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS للزوغان القرني الكلي عالي الترتيب على دائرة 6 ملم بين أنماط الطبوغرافيا، نلاحظ ان أعلى قيمة في نمط AB/SS والانحدار العلوي وأقلها في النمط الدائري وشريطة العنق المتناظرة

2-1-3- **الزوغان ثلاثي الوريقات (3±, 3) Z :**

بلغت قيمة المتوسط الحسابي لجذر مربع المتوسطات لكل العينة 0.232 ± 0.157 ميكرون، والمجال من أدنى إلى أعلى قيمة (0.03–0.90) وكان الوسيط (0.190) والمجال بين الربيعات (0.130–0.300) ميكرون (الشكل 47).

أما بالنسبة لجذر مربع المتوسطات لكل نمط على حدة فكان الوسيط بأعلى قيمه في مجموعة الانحدار العلوي 0.300 (0.193–0.343) ميكرون، يليها شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي 0.260 (0.140–0.485) ميكرون، ثم غير المتناظرة ذات المحور المائل وغير المتناظرة ذات الانحدار السفلي والمتناظرة ذات المحور المائل بقيم متقاربة 0.220 (0.123–0.465) و 0.220 (0.150–0.260) و0.220 (0.080–0.260) ميكرون على الترتيب، ثم شريطة العنق المتناظرة 0.210 (0.125–0.310)، ثم البيضوي 0.175 (0.108–0.295)، فالدائري 0.170 (0.083–0.238)، فغير المنتظم 0.140 (0.090–0.170)، فالانحدار السفلي 0.130 (0.055–0.228) (الجدول 3).

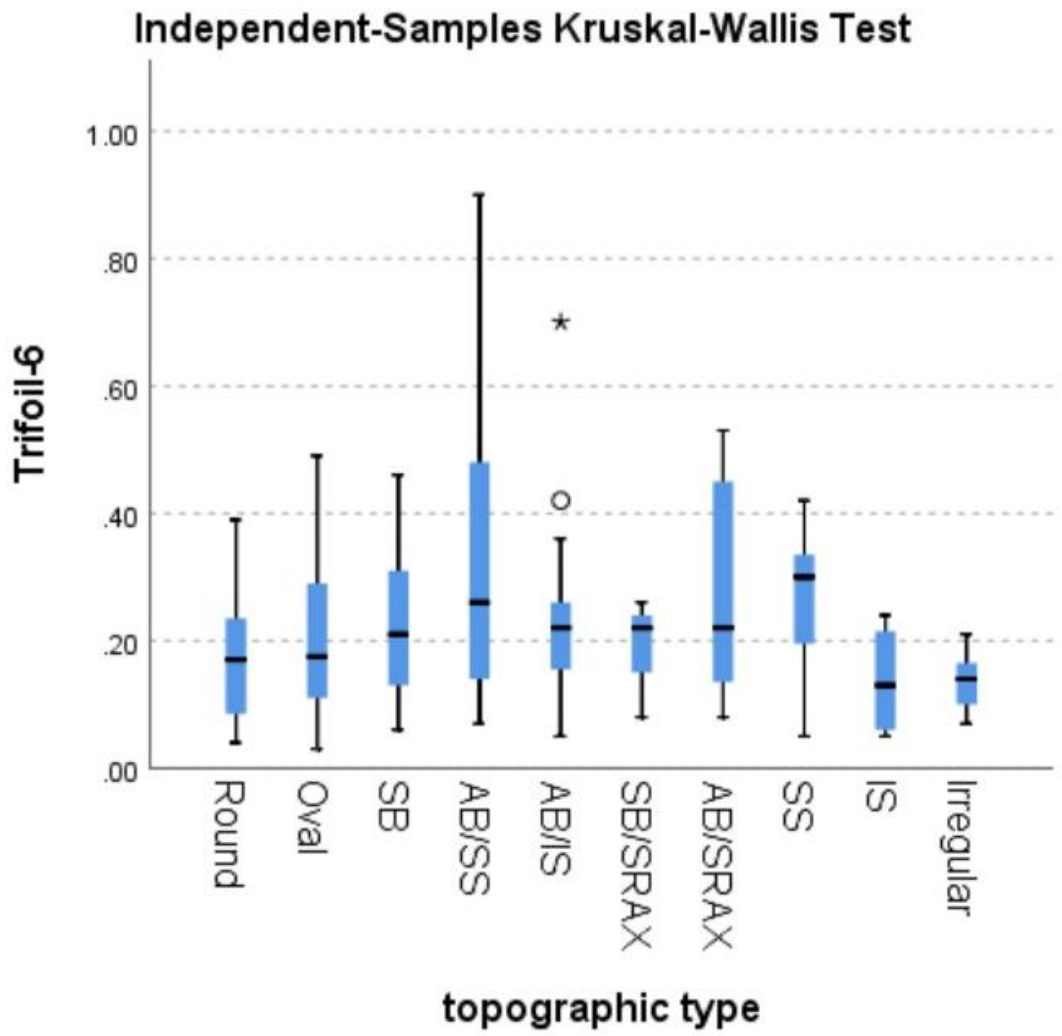


الشكل 47: مخطط الصندوق والساعدين يمثل الوسيط والمجال بين الربيعات للزوغان ثلاثي الوريقات على دائرة 6 ملم

بإجراء اختبار كروسكل وليز للعينات المستقلة (Independent-samples Kruskal-Wallis test) تبين وجود ارتباط بين نمط الطبوغرافيا والزوغان ثلاثي الوريقات على دائرة 6 ملم (P=0.002)، حيث كان جذر مربع المتوسطات أعلى بفرق هام إحصائياً في شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي مقارنة بالأنماط الدائري والبيضوي وغير المنتظم والانحدار السفلي، وكذلك كان جذر مربع المتوسطات للانحدار العلوي أعلى بفرق هام إحصائياً من الشكل غير المنتظم والانحدار السفلي والدائري (الشكل 48).

الجدول 3: الوسيط والمجال بين الربيعات لجذر مربع المتوسطات للزوغان ثلاثي الوريقات على دائرة 6 ملم لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا الطبيعية

النمط	RMS (µm) **الوسيط (المجال بين الربيعات)**
الدائري	0.170 (0.238-0.083)
AB/SS	0.260 (0.485-0.140)
البيضوي	0.175 (0.295-0.108)
SB	0.210 (0.310-0.125)
AB/IS	0.220 (0.260-0.150)
SS	0.300 (0.343-0.193)
AB/SRAX	0.220 (0.465-0.123)
غير المنتظم	0.140 (0.170-0.090)
IS	0.130 (0.228-0.055)
SB/SRAX	0.220 (0.260-0.080)

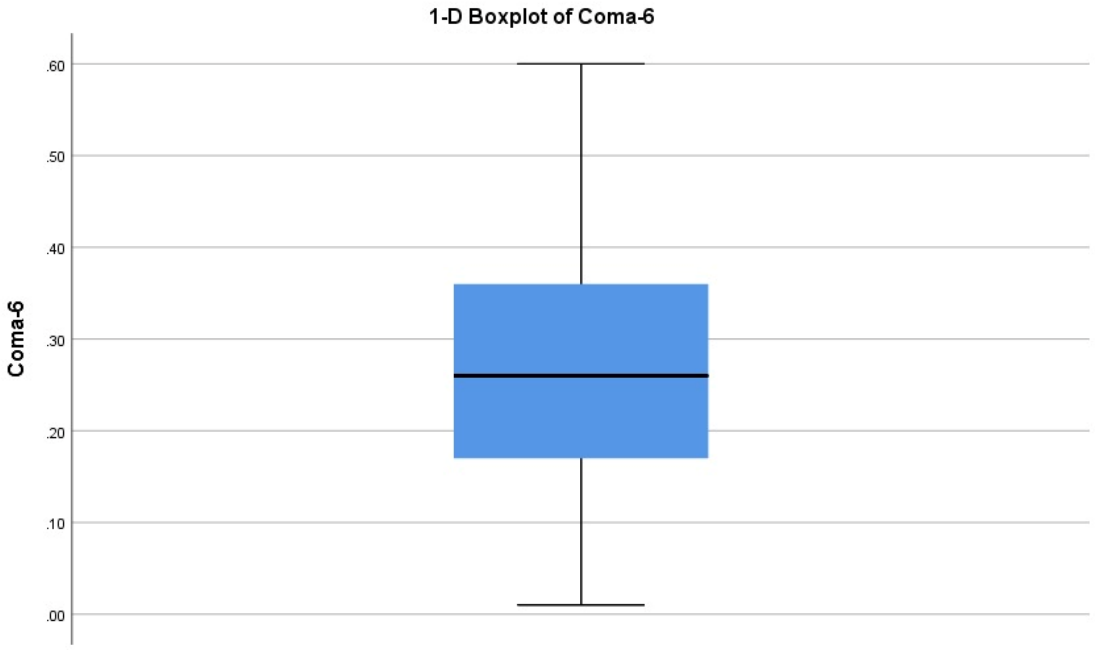


الشكل 48: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS للزوغان ثلاثي الوريقات على دائرة 6 ملم بين أنماط الطبوغرافيا، نلاحظ أن أعلى قيمة في الانحدار العلوي ونمط AB/SS وأقلها في الانحدار السفلي

2-1-4- زوغان الفاصلة الكلي (1±,3) Z:

بلغ المتوسط الحسابي لجذر مربع المتوسطات لزوغان الفاصلة الكلي على دائرة 6 ملم (0.270 ± 0.127)، والمجال من أدنى إلى أعلى قيمة (0.01-0.60)، أما الوسيط فكان 0.260 والمجال بين الربيعات (0.170-0.360) ميكرون (الشكل 49).

أما بالنسبة لوسيط جذر مربع المتوسطات لكل نمط فكانت أعلى قيمة من نصيب نمط الانحدار العلوي 0.365 (0.313-0.423) ميكرون وشريطة العنق غير المتناظرة ذات المحور المائل 0.365 (0.150-0.395) بقيم متقاربة، يليهما شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي 0.315 (0.248-0.443) ميكرون، ثم البيضوي 0.265 (0.160-0.380) ميكرون، ثم شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي وغير المنتظم والانحدار السفلي بقيم متقاربة 0.250 (0.200-0.420)، 0.250 (0.170-0.350)، 0.250 (0.090-0.298) ميكرون على الترتيب، ثم شريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل وشريطة العنق المتناظرة بقيم متقاربة 0.240 (0.100-0.250)، و0.240 (0.155-0.310) ميكرون، وكانت أقل قيمة في الدائري 0.225 (0.153-0.288) ميكرون، يبين الجدول وسيط جذر مربع المتوسطات لكل نمط على حدة (الجدول 4).

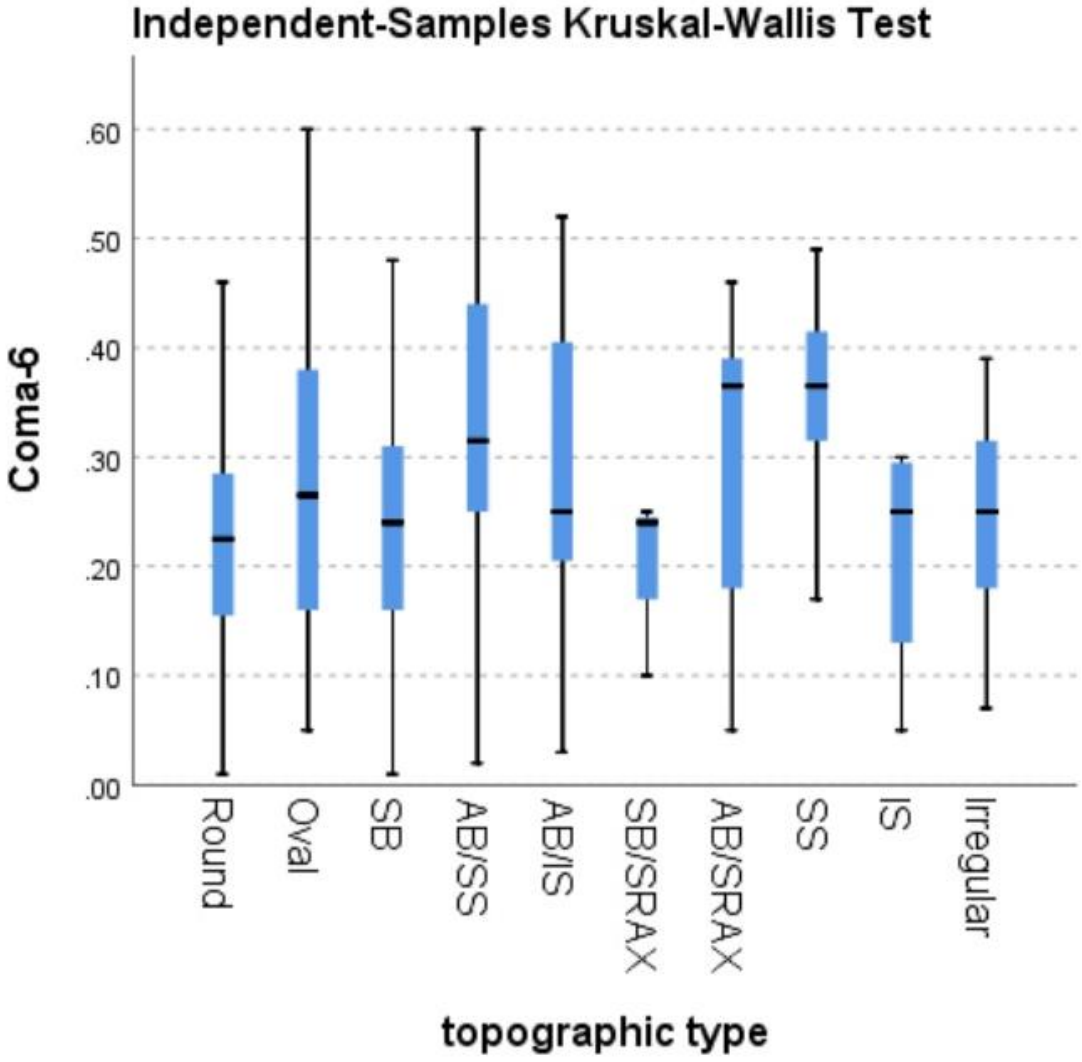


الشكل 49: مخطط الصندوق والساعدين يمثل الوسيط والمجال بين الربيعات لزوغان الفاصلة على دائرة 6 ملم

الجدول 4: الوسيط والمجال بين الربيعات لجذر مربع المتوسطات لزوغان الفاصلة على دائرة 6 ملم لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا الطبيعية

النمط	RMS (µm) الوسيط (المجال بين الربيعات)
الدائري	0.225 (0.288–0.153)
AB/SS	0.315 (0.443–0.248)
البيضوي	0.265 (0.380–0.160)
SB	0.240 (0.310–0.155)
AB/IS	0.250 (0.420–0.200)
SS	0.365 (0.423–0.313)
AB/SRAX	0.365 (0.395–0.150)
غير المنتظم	0.250 (0.350–0.170)
IS	0.250 (0.298–0.090)
SB/SRAX	0.240 (0.250–0.100)

بإجراء اختبار كروسكل وليز للعينات المستقلة (Independent-samples Kruskal-Wallis test) تبيّن وجود ارتباط هام إحصائياً بين نمط الطبوغرافيا وزوغان الفاصلة (P=0.001)، فكان جذر مربع المتوسطات لهذا الزوغان أعلى بشكل هام إحصائياً في مجموعة الانحدار العلوي مقارنة بكل من الأنماط الدائري والانحدار السفلي والبيضوي وغير المنتظم وشريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل، وكذلك كان جذر مربع المتوسطات في شريطة العنق ذات الانحدار العلوي أعلى بفرق هام إحصائياً من الأنماط الدائري وشريطة العنق المتناظرة، وكان هنالك فرق هام إحصائياً أيضاً بين شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي والنمط الدائري (الشكل 50).

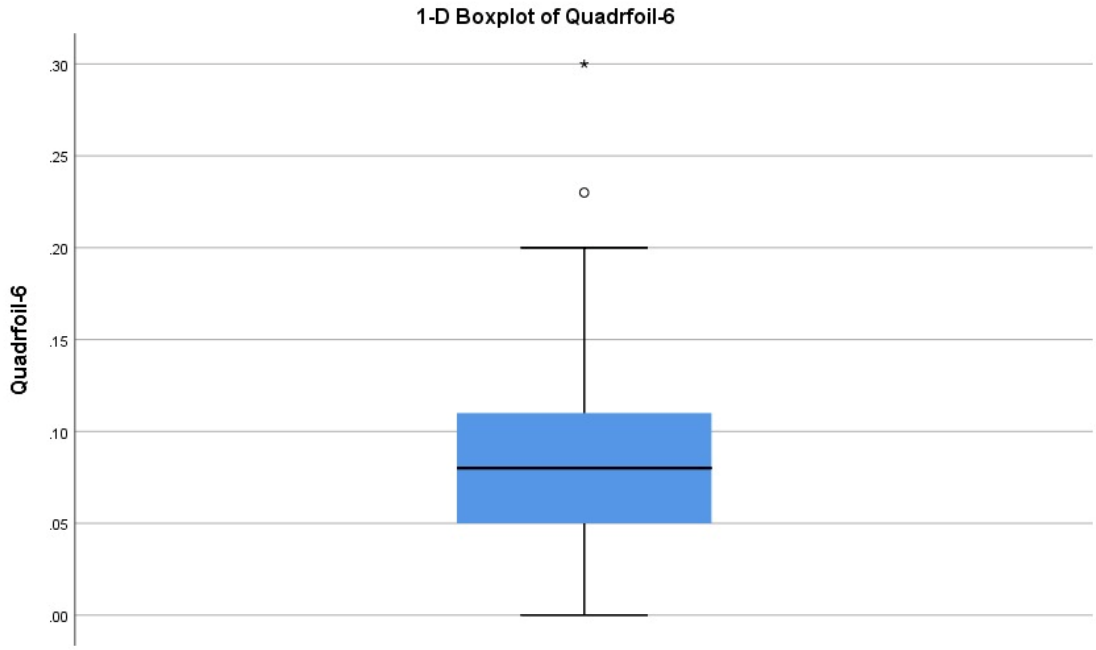


الشكل 50: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS لزوغان الفاصلة بين أنماط الطبوغرافيا، نلاحظ أن أعلى قيمة في الانحدار العلوي وأقلّها في الدائري

2-1-5- الزوغان رباعي الوريقات الكلي Z(4,±4):

كان المتوسط الحسابي لجذر مربع المتوسطات لكل العينة مساوياً لـ (0.081 ± 0.046)، والمجال من أدنى إلى أعلى قيمة (0.00-0.30)، وبلغ الوسيط (0.080) والمجال بين الربيعات (0.050-0.110) ميكرون (الشكل 51).

كان وسيط جذر مربع المتوسطات لكل نمط من الأنماط كالتالي: أعلى قيمة كانت في الانحدار السفلي 0.140 (0.103-0.170) ميكرون، ثم شريطة العنق غير المتناظرة ذات المحور المائل 0.105 (0.070-0.118) ميكرون، ثم شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي 0.090 (0.050-0.120) ميكرون، ثم الانحدار العلوي 0.085 (0.040-0.133) ميكرون، ثم الدائري وشريطة العنق المتناظرة بقيم متقاربة 0.070 (0.040-0.100) و 0.070 (0.050-0.120) ميكرون على الترتيب، ثم البيضوي وشريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي وغير المنتظم بقيم متقاربة 0.060 (0.040-0.113) و0.060 (0.050-0.090) ميكرون و0.060 (0.020-0.110) ميكرون على الترتيب، وكانت أقل قيمة في مجموعة شريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل 0.050 (0.010-0.110) ميكرون، يبين الجدول الوسيط والمجال بين الربيعات لكل نمط على حدة (الجدول 5).



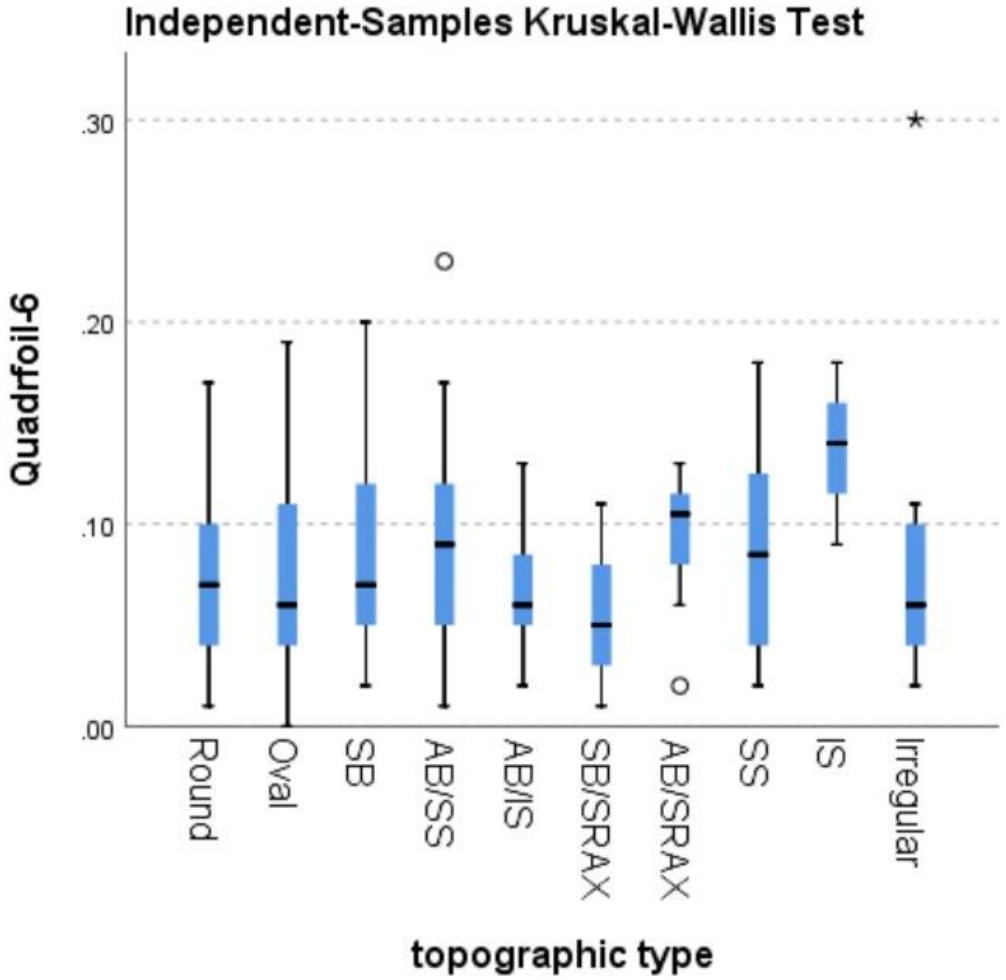
الشكل 51: مخطط الصندوق والساعدين يمثل الوسيط والمجال بين الربيعات للزوغان رباعي الوريقات على دائرة 6 ملم

الجدول 5: الوسيط والمجال بين الربيعات لجذر مربع المتوسطات للزوغان رباعي الوريقات على دائرة 6 ملم لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا الطبيعية

النمط	RMS (µm) الوسيط (المجال بين الربيعات)
الدائري	0.070 (0.100–0.040)
AB/SS	0.090 (0.120–0.050)
البيضوي	0.060 (0.113–0.040)
SB	0.070 (0.120–0.050)
AB/IS	0.060 (0.090–0.050)
SS	0.085 (0.133–0.040)
AB/SRAX	0.105 (0.118–0.070)
غير المنتظم	0.060 (0.110–0.020)
IS	0.140 (0.170–0.103)
SB/SRAX	0.050 (0.110–0.010)

بإجراء اختبار كروسكل وليز للعينات المستقلة (Independent-samples Kruskal-Wallis test)

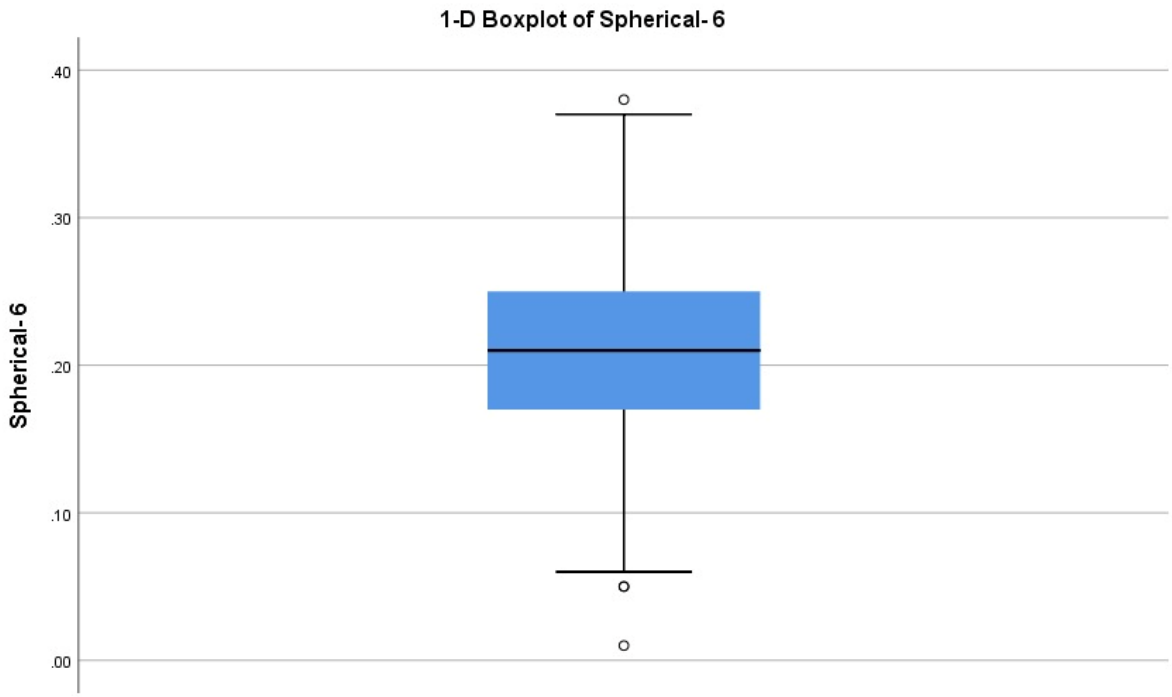
لم يتبين وجود ارتباط بين نمط الطبوغرافيا والزوغان رباعي الوريقات (P=0.140) (الشكل52)



الشكل 52: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS للزوغان رباعي الوريقات بين أنماط الطبوغرافيا، لم يتبين وجود فرق هام إحصائياً بين المجموعات

2-1-6- الزوغان الكروي الكلي Z (4,0):

بلغ المتوسط الحسابي لجذر مربع المتوسطات للزوغان الكروي الكلي على دائرة 6 ملم لكل العينة 0.210 ± 0.065 ميكرون، والمجال من أدنى إلى أعلى قيمة (0.01-0.380)، أما الوسيط فكان 0.210 والمجال بين الربيعات (0.170-0.250) ميكرون (الشكل 53).



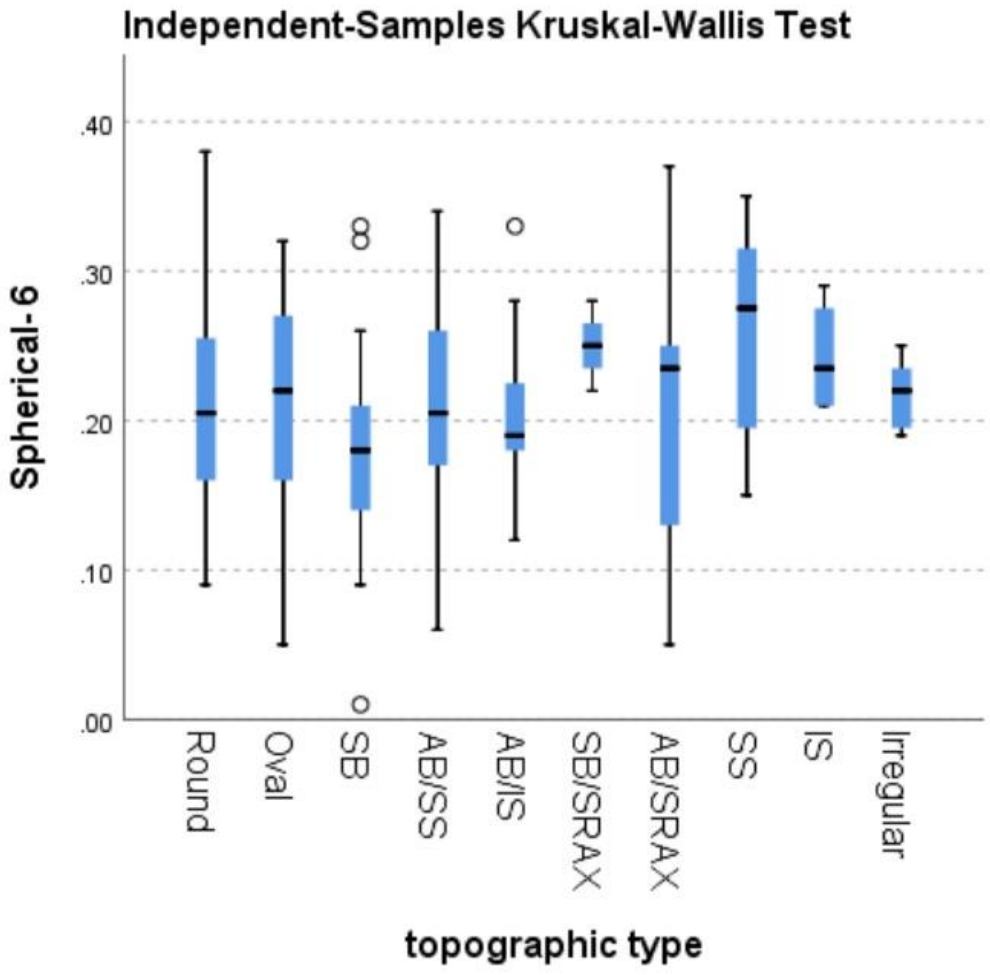
الشكل 53: مخطط الصندوق والساعدين يمثل الوسيط والمجال بين الربيعات للزوغان الكروي على دائرة 6 ملم

وسيط جذر مربع المتوسطات لكل نمط من الأنماط موضح في الجدول (6)، كانت أعلى قيمة في مجموعة الانحدار العلوي 0.275 (0.193–0.323) ميكرون، ثم شريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل 0.250 (0.220–0.280) ميكرون، ثم الانحدار السفلي وشريطة العنق غير المتناظرة ذات المحور المائل بقيم متقاربة 0.235 (0.210–0.283) و0.235 (0.120–0.250) على الترتيب، ثم البيضوي وغير المنتظم بقيم متقاربة أيضاً 0.220 (0.158–0.273) و0.220 (0.190–0240) ميكرون على الترتيب، ثم الدائري وشريطة العنق المتناظرة ذات المحور العلوي 0.205 (0.160–0.258) و0.205 (0.170–0.263) على الترتيب، ثم غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي 0.190 (0.180–0.230) ميكرون، ثم شريطة العنق المتناظرة 0.180 (0.140–0.215) ميكرون (الجدول 6).

بالمقارنة بين المجموعات بإجراء اختبار كروسكل وليز للعينات المستقلة (Independent–samples Kruskal–Wallis test) لم يتبين وجود ارتباط بين نمط الطبوغرافيا والزوغان الكروي (P=0.075) (الشكل 54).

الجدول 6: الوسيط والمجال بين الربيعات لجذر مربع المتوسطات للزوغان الكروي على دائرة 6 ملم لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا الطبيعية

النمط	RMS (µm) الوسيط (المجال بين الربيعات)
الدائري	0.205 (0.258–0.160)
AB/SS	0.205 (0.263–0.170)
البيضوي	0.220 (0.273–0.158)
SB	0.180 (0.215–0.140)
AB/IS	0.190 (0.230–0.180)
SS	0.275 (0.323–0.193)
AB/SRAX	0.235 (0.250–0.120)
غير المنتظم	0.220 (0240–0.190)
IS	0.235 (0.283–0.210)
SB/SRAX	0.250 (0.280–0.220)

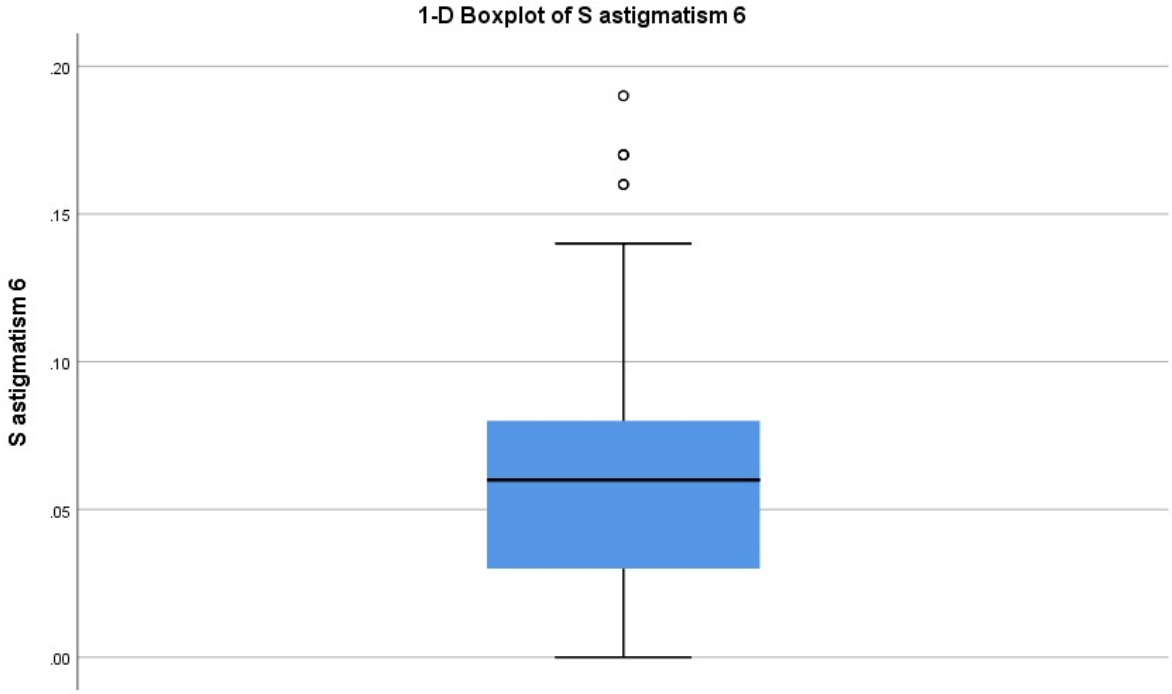


الشكل 54: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS للزوغان الكروي على دائرة 6 ملم بين أنماط الطبوغرافيا، لم يتبين وجود فرق هام إحصائياً بين المجموعات

2-1-7- زوغان الحرج الثانوي الكلي (2±,4) Z:

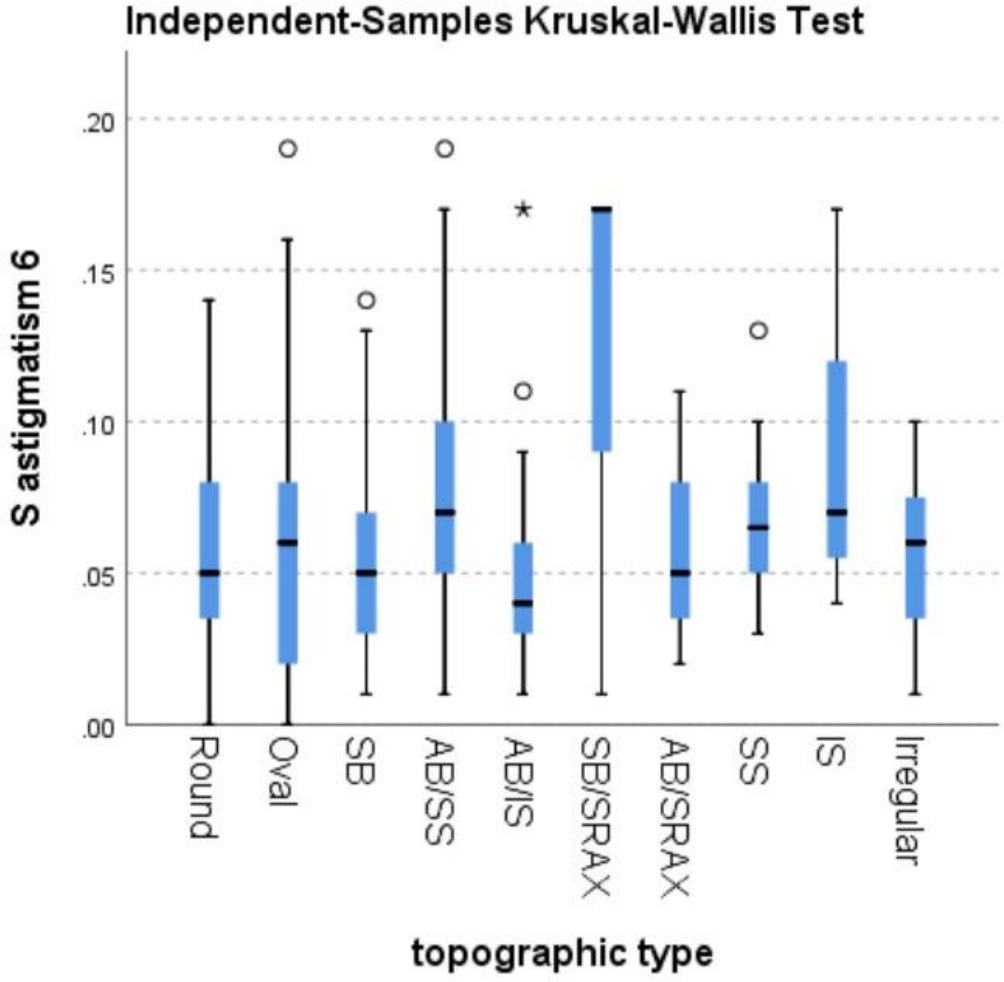
بلغ المتوسط الحسابي لجذر مربع المتوسطات لكل العينة (0.063 ± 0.039) ميكرون، والمجال من أدنى إلى أعلى قيمة (0.00-0.19)، وبلغ الوسيط 0.060 والمجال بين الربيعات (0.030-0.080) ميكرون (الشكل 55).

أما بالنسبة لوسيط كل مجموعة على حدة فكانت أعلى قيمة في مجموعة شريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل 0.170 (0.010-0.170) ميكرون، فالانحدار السفلي وشريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي بقيم متقاربة 0.070 (0.048-0.145) و0.070 (0.048-0.100) على الترتيب، ثم الانحدار العلوي 0.065 (0.050-0.080) ميكرون، ثم البيضوي وغير المنتظم 0.060 (0.020-0.085) و 0.060 (0.030-0.080) ميكرون على الترتيب، ثم الدائري وشريطة العنق المتناظرة وشريطة العنق غير المتناظرة ذات المحور المائل 0.050 (0.033-0.080) و0.050 (0.025-0.070) و0.050 (0.033-0.080) ميكرون على الترتيب، ثم غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي 0.040 (0.030-0.060) ميكرون (الجدول 7).



الشكل 55: مخطط الصندوق والساعدين يمثل الوسيط والمجال بين الربيعات لزوغان الحرج الثانوي على دائرة 6 ملم

بالمقارنة بين المجموعات بإجراء اختبار كروسكل وليز للعينات المستقلة (Independent-samples Kruskal-Wallis test) لم يتبين وجود ارتباط بين نمط الطبوغرافيا وزوغان الحرج الثانوي (P=0.164) (الشكل 56).



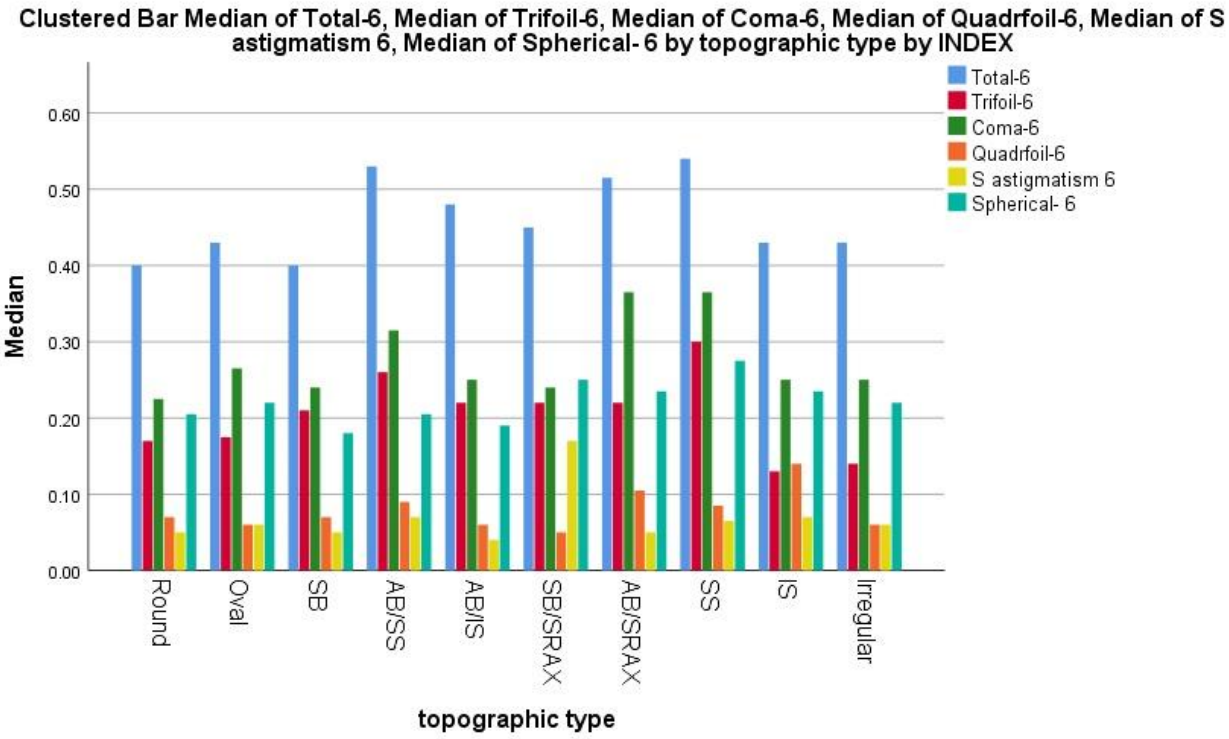
الشكل 56: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS لزوغان الحرج الثانوي على دائرة 6 ملم بين أنماط الطبوغرافيا، لم يتبين وجود فرق هام إحصائياً بين المجموعات

الجدول 7: الوسيط والمجال بين الربيعات لجذر مربع المتوسطات لزوغان الحرج الثانوي على دائرة 6 ملم لكل نمط من أنماط الطبوغرافيا الطبيعية

النمط	RMS (µm) الوسيط (المجال بين الربيعات)
الدائري	0.050 (0.080–0.033)
AB/SS	0.070 (0.100–0.048)
البيضوي	0.060 (0.085–0.020)
SB	0.050 (0.070–0.025)
AB/IS	0.040 (0.060–0.030)
SS	0.065 (0.080–0.050)
AB/SRAX	0.050 (0.080–0.033)
غير المنتظم	0.060 (0.080–0.030)
IS	0.070 (0.145–0.048)
SB/SRAX	0.170 (0.170–0.010)

2-1-8- مقارنة زوغانات الترتيب الثالث والرابع بين أنماط الطبوغرافيا القرنية الطبيعية:

يلخص الشكل التالي قيم جذر مربع المتوسطات لزوغانات الترتيب الثالث (ثلاثي الوريقات والفاصلة) والرابع (الكروي ورباعي الوريقات والحرج الثانوي) والزوغان الكلي عالي الترتيب ويقارنها بين أنماط الطبوغرافيا العشر، نلاحظ وجود اختلاف في الزوغان الكلي بين المجموعات، أعلى قيمة له في مجموعة الانحدار العلوي ثم شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي، كما أن هناك اختلافاً بين المجموعات في الزوغان ثلاثي الوريقات، أعلى قيمة له هي أيضاً في مجموعة الانحدار العلوي يليها شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي، أما بالنظر إلى زوغان الفاصلة فأعلى قيمة له في الانحدار العلوي يليه شريطة العنق غير المتناظرة ذات المحور المائل، بالمقابل نلاحظ أن جذر مربع المتوسطات لزوغان الحرج الثانوي ورباعي الوريقات والكروي متقاربة بين المجموعات، ويمكننا كذلك القول أن نمطي شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي ونمط الانحدار العلوي يترافقان مع قيم أعلى للزوغانات، في حين يميل النمط الدائري وشريطة العنق المتناظرة إلى قيم أقل (الشكل 57).



الشكل 57: اختبار كروسكل وليز يقارن قيم RMS لزوغانات الترتيبين الثالث والرابع بين أنماط الطبوغرافيا العشر

الفصل الثالث:

مناقشة نتائج البحث

3-1- مناقشة عينة الدراسة:

يمكن اعتبار جميع المشاركين في الدراسة منتمين إلى فئة عمرية واحدة (من 19 حتى 40 سنة)، لذا فمن المستبعد أن تكون النتائج متأثرة باختلاف العمر.

وجد في عينتنا أرجحية للإناث على الذكور (نسبة الإناث 66.4%)، لم يثبت وجود علاقة بين الزوغانات القرنية عالية الترتيب والجنس كما أشارت دراسة هاشمي وزملائه التي أجريت على 904 عين (3)، لذا لا يتوقع أن تؤثر هذه الأرجحية على النتائج.

3-2- الزوغان القرني الكلي عالي الترتيب:

بالنسبة لعلاقة الزوغان القرني الكلي عالي الترتيب مع أنماط الطبوغرافيا الطبيعية كان هناك علاقة قوية بينهما (P value < 0.001)، وكانت أعلى قيمة له في مجموعة شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي ومجموعة الانحدار العلوي، في حين كانت أقل قيمة في النمط الدائري وجميعها فروق هامة إحصائياً.

3-3- الزوغان ثلاثي الوريقات:

تبيّن وجود ارتباط هام إحصائياً بين هذا الزوغان ونمط الطبوغرافيا (P=0.002)، حيث كان الزوغان بأعلى قيمه في مجموعة شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي ومجموعة الانحدار العلوي، وبأقل قيمه في النمط الدائري والانحدار السفلي، وكان الفرق بينهما هاماً إحصائياً.

3-4- زوغان الفاصلة:

تبيّن وجود علاقة هامة إحصائياً بين زوغان الفاصلة وأنماط الطبوغرافيا (P=0.001). كانت أعلى القيم في مجموعة الانحدار العلوي ومجموعة شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي، وأقل القيم في النمط الدائري وشريطة العنق المتناظرة.

3-5- الزوغان رباعي الوريقات:

لم يتبين وجود علاقة بين هذا الزوغان وأنماط الطبوغرافيا (P=0.140).

3-6- الزوغان الكروي:

لم يتبين وجود علاقة هامة إحصائياً بين هذا الزوغان وأنماط الطبوغرافيا (P=0.075).

3-7- زوغان الحرج الثانوي:

لم يتبين وجود علاقة بين هذا الزوغان وأنماط الطبوغرافيا (P=0.164).

الفصل الرابع:
مقارنة مع الدراسات العالمية

4-1- مقارنة نسبة انتشار أنماط الطبوغرافيا الطبيعية في العينة:

اعتمدت دراستنا تصنيف رابنويتز المقترح عام 1996 م، يَقسِم هذا التصنيف الأنماط الطبيعية إلى عشرة أقسام كما ذكرنا، كانت أشيع ثلاثة أنماط في دراستنا هي الدائري فشريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي فالبيضوي (بنسبة (25.7%)، (19.3%)، (17.4%) على الترتيب)، وفي دراسة رابنويتز كانت أشيع ثلاثة أنماط هي الدائري فالبيضوي فشريطة العنق المتناظرة ((25.1%)، (20.8%)، (20.3%) على الترتيب)، أما المجموعات ذات المحور المائل (تشمل شريطة العنق المتناظرة وغير المتناظرة ذات المحور المائل) والمجموعات غير المتناظرة الأخرى (الانحدار العلوي والسفلي وشريطة العنق ذات الانحدار السفلي) والمجموعة غير المنتظمة فكانت قليلة الانتشار في دراستنا وفي دراسة رابنويتز (الجدول 8) (9).

الجدول 8: مقارنة توزع أنماط الطبوغرافيا بين دراستنا ودراسات عالمية		
الدراسة	Rabinowitz	الحالية
البلد	أمريكا	سورية
الدائري	25.1%	25.7%
البيضوي	20.8%	17.4%
SB	20.3%	13.3%
AB/SS	2.3%	19.3%
AB/IS	7.4%	8.7%
SS	4.1%	5.5%
IS	12.1%	1.8%
SB/SRAX	1.5%	1.4%
AB/SRAX	0.5%	3.7%
Irregular	5.9%	3.2%

4-2- مقارنة قيم الزوغان القرني الكلي:

في دراستنا كان المتوسط الحسابي للRMS للزوغان القرني الكلي على دائرة 6 ملم هو (0.466 ±0.151)، وهو أعلى مما في دراسة **ميرزجاني** المجراة في إيران (0.3699 ± 0.107) ميكرون (10)، وكذلك أعلى مما في دراسة **السياري** المجراة في السعودية على الفئة العمرية من 15-35 سنة (0.35603 ± 0.0866) ميكرون، وعلى الفئة العمرية من 35-50 سنة (0.39441 ± 0.1247) ميكرون (14)، كلا الدراستين (ميرزجاني والسياري) استخدمتا جهاز بنتاكام، ذكرت دراسة **هيرناديز كامارينا وزملائه** التي أجريت عام 2014 أنه لا يمكن مقارنة الزوغانات القرنية عالية الترتيب بين جهاز السايروس وجهاز البنتاكام، ربما يفسر اختلاف النتائج بين دراستنا والدراستين الأخريين (77).

دراسة **هيراوكا** -التي أجريت على 844 عيناً- كانت تهدف إلى تحديد قيم مرجعية للزوغانات عالية الترتيب في القرنيات الطبيعية، واقترحت المجال: (0.255-0.883) كمجال مرجعي، لا يمكننا اقتراح مجال مرجعي نظراً لأن دراستنا أجريت في مركز واحد ولم يكن حجم العينة كبيراً كفاية، لكن عند حساب المجال: (المتوسط الحسابي ± 2 X الانحراف المعياري) في عينتنا نجد أنه يساوي (0.164-0.768)، أي أنه أقل مما اقترحته دراسة هيراوكا (13)، قد يعود ذلك إلى اختلاف العرق أو اختلاف الفئة العمرية المدروسة (كانت أعمار المشاركين في دراستهم أكبر) أو الجهاز المستخدم (تومي في دراستهم، سايروس في دراستنا)، (الجدول 9) .

الجدول 9: مقارنة بين نتائج دراستنا ودراسات عالمية من حيث قيم RMS للزوغان القرني الكلي على دائرة 6 ملم

اسم الدراسة	البلد	عدد الأعين	العمر	RMS (µm) متوسط حسابي ± انحراف معياري (أدنى قيمة–أعلى قيمة)	الجهاز	السطح القرني المدروس	حتى الترتيب
الدراسة الحالية	سورية	218	40–19	0.151± 0.466 (1.05–0.21)	Sirius	قرني كلي (أمامي + خلفي)	حتى السابع
Mirzajani	إيران	165	35–20	0.107 ± 0.3699	Oculus Pentacam HR	قرني كلي (أمامي + خلفي)	حتى السادس
Hiraoka	يابان	844	22.1 ± 47.6	*0.883–0.255	CASIA SS1000, Tomey	قرني كلي (أمامي + خلفي)	حتى السادس
Al-Sayyari	السعودية	100	35–15	0.0866 ± 0.35603 (0.5980–0.2090)	Pentacam HR (OCULUS, (Germany	لم يذكر	حتى السادس
		100	50–35	0.1247 ± 0.39441 (1.137–0.248)			

*المجال هنا: (المتوسط الحسابي ± 2 X الانحراف المعياري)

4-3- زوغان الفاصلة الكلي (3,±1) Z:

المتوسط الحسابي لجذر مربع المتوسطات لهذا الزوغان في دراستنا يساوي (0.270 ± 0.127) ميكرون، وهو أعلى بقليل منه في دراسة **ميرزجاني** (0.211 ± 0.122) ميكرون (10).

دراسة **هيراوكا** اقترحت المجال المرجعي التالي للقيم الطبيعية: (0.121–0.740) ميكرون، في حين كانت أعلى قيمة لزوغان الفاصلة في عينتنا مساويةً لِـ 0.600 ميكرون، قد يعود هذا إلى اختلاف الفئة العمرية المدروسة (كانت أعمار المشاركين في دراستهم أكبر) أو الجهاز المستخدم (تومي في دراستهم، سايروس في دراستنا)، إضافة إلى أن دراسة هيراوكا درست الزوغان الشبيه بالفاصلة الذي يشمل الترتيبين الثالث والخامس معاً (الجدول 10) (13).

الجدول 10: مقارنة بين نتائج دراستنا ودراسات عالمية من حيث قيم RMS لزوغان الفاصلة القرني على دائرة 6 ملم

الباحث	البلد	عدد الأعين	العمر	RMS (µm) متوسط حسابي ± انحراف معياري (أدنى قيمة– أعلى قيمة)	الجهاز	سطح القرنية المدروس	الزوغان المدروس
الدراسة الحالية	سورية	218	40–19	0.127 ± 0.270 (0.60–0.01)	Sirius	كلي (أمامي +خلفي)	Z (3,±1)
Mirzajani	إيران	165	35–20	0.122 ± 0.211	Oculus Pentacam HR	كلي (أمامي +خلفي)	Z (3,±1) Z (5,±1)
Hiraoka	يابان	844	22.1 ± 47.6	(0.740–0.121)*	CASIA SS1000, Tomey	كلي (أمامي +خلفي)	S(3+5) التوتيب 3 و5

*المجال هنا: (المتوسط الحسابي ± 2 X الانحراف المعياري)

4-4- مقارنة الزوغان الكروي الكلي (4,0) Z:

في دراستنا كان المتوسط الحسابي للRMS للزوغان الكروي هو (0.210 ± 0.065) ميكرون، وهو قريب مما توصلت إليه **دراسة السياري وزملائه** التي أجريت في السعودية على الفئة العمرية من 15-35 سنة (0.2068 ± 0.07151) ميكرون، وأقل مما توصلت إليه هذه الدراسة في الفئة العمرية من 35-50 سنة (0.2370 ± 0.08023)، يمكن تفسير ذلك بأن الفئة العمرية التي تناولناها -(19-40) سنة- أقرب إلى الفئة العمرية الأولى في دراسة السياري (14).

في دراسة **ميرزجاني وزملائه** كان جذر مربع المتوسطات للزوغان الكروي (0.2888 ± 0.077) وهو أعلى قليلاً منه في دراستنا، ننوه هنا أن دراستهم جمعت الزوغان الكروي من الترتيبين الرابع والسادس مما يفسر هذا الاختلاف إضافة إلى اختلاف الجهاز المستخدم (10).

أما في دراسة **بيكو** المجراة في كندا على مشاركين تراوحت أعمارهم من19 حتى 94 عاماً فكان جذر مربع المتوسطات مساويا لِـ (0.274 ± 0.089) ميكرون، أي أنه أعلى مما في دراستنا، ومجدداً كان لاختلاف العمر المدروس دور في تبرير الاختلاف (15).

دراسة **هيراوكا** التي أجريت على 844 عيناً اقترحت المجال المرجعي التالي للزوغان الكروي: (0.136-0.577)، لا يمكننا اقتراح مجال مرجعي نظراً لصغر حجم عينتنا لكن نلاحظ أن قيمنا لم تخرج عن هذا المجال (13)، يلخص الجدول 11 أهم القيم التي ذكرته الدراسات العالمية لزوغان الفاصلة (الجدول 11).

الجدول 11: مقارنة بين نتائج دراستنا ودراسات عالمية من حيث قيم RMS للزوغان الكروي القرني الكلي على دائرة 6 ملم

الباحث	البلد	عدد الأعين	العمر	RMS (µm) متوسط حسابي ± انحراف معياري (أقل قيمة–أعلى قيمة)	الجهاز	سطح القرنية المدروس	الزوغان المدروس
الدراسة الحالية	سورية	218	40–19	0.065 ± 0.210 (0.38–0.01)	Sirius	كلي (أمامي +خلفي)	Z(4, 0)
Mirzajani	إيران	165	35–20	0.077 ± 0.2888	Oculus Pentacam	كلي (أمامي +خلفي)	Z(4, 0) Z(6, 0)
Al–Sayyari	السعودية	100	35–15	0.07151 ± 0.2068 (0.388–0.053)	Oculus Pentacam HR	لم يذكر	Z(4, 0)
		100	50–35	0.08023 ± 0.2370 (0.433–0.054)			
Hiraoka	يابان	844	22.1 ± 47.6	*0.577–0.136	CASIA SS1000, Tomey	كلي (أمامي +خلفي)	S(4+6) ترتيب4 و6
Beiko	كندا	696	15.9 ± 65.6	0.089 ± 0.274 (0.632–0.041)	Easygraph (Oculus)	لم يذكر	Z(4, 0)

*المجال هنا: (المتوسط الحسابي ± 2 X الانحراف المعياري)

4-5- مقارنة علاقة الزوغانات القرنية عالية الترتيب بأنماط الطبوغرافيا الطبيعية:

توصلت دراستنا إلى وجود علاقة بين الزوغان القرني الكلي عالي الترتيب ونمط الطبوغرافيا (P value < 0.001)، حيث يزداد هذا الزوغان في نمط شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي والانحدار العلوي، أما دراسة **ميرزجاني وزملائه** فكان الزوغان أعلى بفرق هام إحصائياً في شريطة العنق غير المتناظرة والنمط غير المنتظم، وعلينا هنا ألا ننسى اختلاف التصنيف المتبع، فدراسة ميرزجاني اتبعت تصنيف بوغان الذي يحوي خمسة أنماط فقط كما بيّنّا سابقاً، فشريطة العنق غير المتناظرة –في تصنيف بوغان– تشمل ذات الانحدار العلوي وذات الانحدار السفلي وفق تصنيف رابينوفتز، كما أن النمط غير المنتظم –في تصنيف بوغان– كان يشمل أنماطاً أخرى كالانحدار العلوي والانحدار السفلي في التصنيف الأحدث، وبهذا يمكن أن تكون نتائجنا متقاربة، وهي أن الزوغان القرني الكلي عالي الترتيب تختلف قيمته تبعاً لنمط طبوغرافيا القرنية، وتزداد قيمته بشكل هام في نمطي الانحدار العلوي (SS) وشريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي (AB/SS).

بالنسبة للزوغان ثلاثي الوريقات الكلي وجدنا علاقة هامة إحصائياً بينه وبين نمط الطبوغرافيا (P=0.002)، إذ يزداد هذا الزوغان في شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي والانحدار العلوي، في حين وجدت دراسة ميرزجاني أنه أعلى بشكل هام في النمط غير المنتظم، الذي يشمل نمط الانحدار العلوي كما ذكرنا.

بالانتقال إلى زوغان الفاصلة الكلي، توصّلت دراستنا إلى وجود علاقة هامة إحصائياً بينه وبين نمط الطبوغرافيا (P=0.001)، فيزداد هذا الزوغان في نمط الانحدار العلوي وشريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي، **دراسة ميرزجاني** بيّنت كذلك أن هذا الزوغان أعلى بفارق هام إحصائياً في نمط شريطة العنق غير المتناظرة، والتي قلنا إنها تشمل كل من ذات الانحدار العلوي وذات الانحدار السفلي.

أما عن الزوغان الكروي والزوعان رباعي الوريقات وزوغان الحرج الثانوي فلم يتبين وجود علاقة بين أي منها وبين أنماط الطبوغرافيا (P value > 0.05)، وتخالف دراستنا في ذلك **دراسة ميرزجاني** التي وجدت علاقة لكل منها مع النمط غير المنتظم، قد يكون هذا الاختلاف ناتجاً عن اختلاف التصنيف (رابينوفيتز في دراستنا وبوغان في دراستهم)، أو إلى اختلاف الجهاز المستخدم (سايروس في دراستنا، بنتاكام في دراستهم)، أضف إلى ذلك –فيما يخص الزوغان الكروي– أنّ دراستهم جمعت الزوغان الكروي من الترتيبين الرابع والسادس، في حين اقتصرت دراستنا على الرابع نظراً لأن الترتيبين الثالث والرابع هما الأهم سريرياً كما ذكرنا، أما فيما يخص الزوغان رباعي الوريقات فقد أشارت إحدى الدراسات إلى ضعف موثوقية جهاز البنتاكام في حساب هذا الزوغان تحديداً (78).

الجدول 12: يقارن بين دراستنا ودراسة ميرزجاني فيما يخص العلاقة بين الزوغانات عالية الترتيب وأنماط الطبوغرافيا الطبيعية، وأهم الأنماط التي تزداد فيها الزوغانات

الزوغان	الدراسة الحالية	دراسة ميرزجاني
الكلي	• توجد علاقة هامة إحصائياً • AB/SS* –SS**	• توجد علاقة هامة إحصائياً • AB*** –غير المنتظم
ثلاثي الوريقات	• توجد علاقة هامة إحصائياً • AB/SS– SS	• توجد علاقة هامة إحصائياً • غير المنتظم
الفاصلة	• توجد علاقة هامة إحصائياً • AB/SS– SS	• توجد علاقة هامة إحصائياً • AB
رباعي الوريقات	لم يتبين جود علاقة هامة إحصائياً	• توجد علاقة هامة إحصائياً • غير المنتظم
الكروي	لم يتبين جود علاقة هامة إحصائياً	• توجد علاقة هامة إحصائياً • غير المنتظم
الحرج الثانوي	لم يتبين جود علاقة هامة إحصائياً	• توجد علاقة هامة إحصائياً • غير المنتظم

*شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي، ** الانحدار العلوي، ***شريطة العنق غير المتناظرة

الجزء الثالث: الخاتمة

1-1-الاستنتاجات:

بينت دراستنا وجود علاقة بين الزوغانات القرنية الكلية عالية الترتيب وأنماط الطبوغرافيا الطبيعية، حيث يزداد الزوغان القرني الكلي عالي الترتيب وزوغان الفاصلة والزوغان ثلاثي الوريقات في بعض الأنماط أهمها شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي والانحدار العلوي، ويجب أخذ هذه العلاقة بعين الاعتبار قبل إجراء جراحة انكسارية، فوجود نمط طبوغرافي معين لدى المريض يعني أن بعض الزوغانات لديه ذات قيم عالية، فيجب الحذر كي لا تزداد هذه الزوغانات إلى قيم لا يمكن تحملها بعد إجراء الجراحة الانكسارية.

لاحظنا أن بعض القيم الطبيعية للزوغانات عالية الترتيب في دراستنا مختلفة عن الدراسات العالمية، مما يوحي أن المجالات المرجعية المذكورة عالمياً قد لا تكون مناسبة للممارسة المحلية نظراً لاختلاف العرق وللعلاقة المثبتة بين الزوغانات عالية الترتيب والعرق.

1-2-محددات البحث:

1) أجريت هذه الدراسة في مركز واحد هو مشفى المواساة الجامعي، الأمر الذي قد يؤثر على إمكانية تعميم نتائج الدراسة.
2) ضمَّت الدراسة أعماراً متقاربة، لذا لا يمكن تعميم نتائجها على مختلف الفئات العمرية.
3) لم تأخذ هذه الدراسة أسواء الانكسار بعين الاعتبار، كما أنها استبعدت أسواء الانكسار العالية.
4) لم يكن عدد العيون في المجموعات العشرة متساوياً، الأمر الذي ربما أثر على دقة دراسة الزوغانات في المجموعات الصغيرة.

1-3-التوصيات:

1- نوصي بالنظر إلى نمط طبوغرافيا القرنية قبل إجراء جراحة انكسارية، فإن كان لدى المريض أحد الأنماط التي تترافق بزوغانات عالية (الأشكال غير المتناظرة أهمها شريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي أو الانحدار العلوي) فعلى الطبيب أن يكون حذراً لئلا تزداد هذه الزوغانات إلى قيم مَرَضية غير محمولة بعد الجراحة.

1-4-الاقتراحات المستقبلية:

1- نقترح إجراء دراسة متعددة المراكز في سوريا، تمكننا من اقتراح مجالات مرجعية دقيقة.

2- نقترح إجراء دراسة تتناول أثر نمط الطبوغرافيا وسوء الانكسار معاً على الزوغانات عالية الترتيب.

3- نقترح إجراء دراسة تتناول أثر نمط الطبوغرافيا على الزوغانات عالية الترتيب قبل وبعد إجراء جراحة انكسارية.

4- نقترح دراسة علاقة الزوغانات القرنية عالية الترتيب بأنماط الطبوغرافيا الطبيعية على الفئات العمرية التي لم تشملها دراستنا.

المراجع

.1 Brar, V. S. (2020). 2020-2021 Basic and Clinical Science Course. Section 02 : Fundamentals and Principles of Ophthalmology. American Academy Of Ophthalmology, Cop.

.2 Kligman BE, Baartman BJ, Dupps WJ, Jr. Errors in Treatment of Lower-order Aberrations and Induction of Higher-order Aberrations in Laser Refractive Surgery. Int Ophthalmol Clin. 2016;56(2):19-45.

.3 Hashemi H, Khabazkhoob M, Jafarzadehpur E, Yekta A, Emamian MH, Shariati M, et al. Higher order aberrations in a normal adult population. Journal of current ophthalmology. 2015;27(3-4):115-24.

.4 Sinjab MM. Corneal tomography in clinical practice (pentacam system) 3ed. Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers 2019. 241 p.

.5 Lombardo M, Lombardo G. Wave aberration of human eyes and new descriptors of image optical quality and visual performance. Journal of cataract and refractive surgery. 2010;36(2):313-31.

.6 Liang J, Williams DR. Aberrations and retinal image quality of the normal human eye. Journal of the Optical Society of America A, Optics, image science, and vision. 1997;14(11):2873-83.

.7 Kandel S, Chaudhary M, Mishra SK, Joshi ND, Subedi M, Puri PR, et al. Evaluation of corneal topography, pachymetry and higher order aberrations for detecting subclinical keratoconus. Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists). 2022;42(3):594-608.

.8 Bogan SJ, Waring GO, 3rd, Ibrahim O, Drews C, Curtis L. Classification of normal corneal topography based on computer-assisted videokeratography. Arch Ophthalmol. 1990;108(7):945-9.

.9 Rabinowitz YS, Yang H, Brickman Y, Akkina J, Riley C, Rotter JI, et al. Videokeratography database of normal human corneas. Br J Ophthalmol. 1996;80(7):610-6.

.10 Mirzajani A, Aghataheri S, Ghoreishi M, Jafarzadepour E, Mohammadinia M. Evaluation of corneal higher order aberrations in normal topographic patterns. Journal of current ophthalmology. 2016;28(2):75-80.

.11 Prakash G, Srivastava D, Choudhuri S, Bacero R. Comparison of Ocular Monochromatic Higher-order Aberrations in Normal Refractive Surgery Candidates of Arab and South Asian Origin. Middle East African journal of ophthalmology. 2016;23(1):115-21.

.12 Chay IW, Lin ST, Lim EW, Heng WJ, Bin Ismail MA, Tan MC, et al. Higher order aberrations and visual function in a young Asian population of high myopes. Heliyon. 2023;9(4):e14901.

.13 Hiraoka T, Kiuchi G, Ueno Y, Oshika T. An attempt to determine normal range of corneal higher-order aberrations. Investigative ophthalmology & visual science. 2018;59.-5801:(9)

.14 Al-Sayyari TM, Fawzy SM, Al-Saleh AA. Corneal spherical aberration in Saudi population. Saudi journal of ophthalmology : official journal of the Saudi Ophthalmological Society. 2014;28(3):207-13.

.15 Beiko GH, Haigis W, Steinmueller A. Distribution of corneal spherical aberration in a comprehensive ophthalmology practice and whether keratometry can predict aberration values. Journal of cataract and refractive surgery. 2007;33(5):848-58.

.16 Hered, R. W. (2022). 2022-2023 BASIC AND CLINICAL SCIENCE COURSE, SECTION 06 : pediatric ophthalmology and... strabismus print. Amer Academy Of Ophthalmo.

.17 DelMonte DW, Kim T. Anatomy and physiology of the cornea. Journal of cataract and refractive surgery. 2011;37(3):588-98.

.18 Maurice DM. The transparency of the corneal stroma. Vision research. 1970;10(1):107-8.

.19 Gipson I, Stepp M. Anatomy and Cell Biology of the Cornea, Superficial Limbus, and Conjunctiva. 2022. p. 3-30.

.20 Dua HS, Faraj LA, Said DG, Gray T, Lowe J. Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet's layer (Dua's layer). Ophthalmology. 2013;120(9):1778-85.

.21 Santhiago MR, Giacomin NT, Smadja D, Bechara SJ. Ectasia risk factors in refractive surgery. Clinical ophthalmology (Auckland, NZ). 2016;10:713-20.
.22 Belin M, Khachikian S, Jr R. ELEVATION BASED CORNEAL TOMOGRAPHY2012.
.23 Salz J TW. Cornea – Fundamentals, Diagnosis and Management. 3 ed2011 2011.
.24 Hwang ES, Perez-Straziota CE, Kim SW, Santhiago MR, Randleman JB. Distinguishing Highly Asymmetric Keratoconus Eyes Using Combined Scheimpflug and Spectral-Domain OCT Analysis. Ophthalmology. 2018;125(12):1862-71.
.25 Tabacaru B, Stanca HT. Scheimpflug topographical changes after Femtosecond LASIK for mixed astigmatism - theoretical aspects and case study. Romanian journal of ophthalmology. 2017;61(1):69-75.
.26 Jhanji V, Yang B, Yu M, Ye C, Leung CK. Corneal thickness and elevation measurements using swept-source optical coherence tomography and slit scanning topography in normal and keratoconic eyes. Clinical & experimental ophthalmology. 2013;41(8):735-45.
.27 Hashemi H, Mehravaran S. Day to Day Clinically Relevant Corneal Elevation, Thickness, and Curvature Parameters Using the Orbscan II Scanning Slit Topographer and the Pentacam Scheimpflug Imaging Device. Middle East African journal of ophthalmology. 2010;17(1):44-55.
.28 Ghemame M, Charpentier P, Mouriaux F. Corneal topography in clinical practice. Journal francais d'ophtalmologie. 2019;42(10):e439-e51.
.29 BRODIE, S.E. (2022) 2022-2023 BASIC AND CLINICAL SCIENCE COURSE, SECTION 03.
.30 Aao (2019) 2019-20 Basic and Clinical Science Course SRS.
.31 Sinjab MM. Five Steps to Start Your refractive surgery. 1 ed. India: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2014. 368 p.
.32 Artal P, Guirao A, Berrio E, Williams DR. Compensation of corneal aberrations by the internal optics in the human eye. Journal of vision. 2001;1(1):1-8.
.33 Lee JM, Lee DJ, Jung WJ, Park WC. Comparison between anterior corneal aberration and ocular aberration in laser refractive surgery. Korean journal of ophthalmology : KJO. 2008;22(3):164-8.
.34 Barbero S, Marcos S, Merayo-Lloves J, Moreno-Barriuso E. Validation of the estimation of corneal aberrations from videokeratography in keratoconus. Journal of refractive surgery (Thorofare, NJ : 1995). 2002.70-263:(3)18;
.35 Lu N, Lin F, Huang Z, He Q, Han W. Changes of Corneal Wavefront Aberrations in Dry Eye Patients after Treatment with Artificial Lubricant Drops. Journal of ophthalmology. 2016;2016:1342056.
.36 Montés-Micó R, Alió JL, Charman WN. Dynamic changes in the tear film in dry eyes. Investigative ophthalmology & visual science. 2005;46(5):1615-9.
.37 Paquin MP, Hamam H, Simonet P. Objective measurement of optical aberrations in myopic eyes. Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry. 2002;79(5):285-91.
.38 Charman WN. Wavefront technology: Past, present and future. Contact Lens and Anterior Eye. 2005;28(2):75-92.
.39 Artal P, Berrio E, Guirao A, Piers P. Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age. Journal of the Optical Society of America A, Optics, image science, and vision. 2002;19(1):137-43.
.40 Wang Y, Wang Z-Q, Guo H-Q, Wang Y, Zuo T. Wavefront aberrations in the accommodated human eye based on individual eye model. Optik. 2007;118(6):271-7.
.41 Atchison DA, Collins MJ, Wildsoet CF, Christensen J, Waterworth MD. Measurement of monochromatic ocular aberrations of human eyes as a function of accommodation by the Howland aberroscope technique. Vision research. 1995;35(3):313-23.
.42 Hofer H, Artal P, Singer B, Aragón JL, Williams DR. Dynamics of the eye's wave aberration. Journal of the Optical Society of America A, Optics, image science, and vision. 2001;18(3):497-506.

.43 Namba H, Kawasaki R, Sugano A, Murakami T, Nishitsuka K, Kato T, et al. Age-Related Changes in Ocular Aberrations and the Yamagata Study (Funagata). Cornea. 2017;36 Suppl 1:S34-s40.
.44 Smith G, Cox MJ, Calver R, Garner LF. The spherical aberration of the crystalline lens of the human eye. Vision research. 2001;41(2):235-43.
.45 Rawer R, Stork W, Spraul CW, Lingenfelder C. Imaging quality of intraocular lenses. Journal of cataract and refractive surgery. 2005;31(8):1618-31.
.46 Anbar M, Mohamed Mostafa E, Elhawary AM, Awny I, Farouk MM, Mounir A. Evaluation of Corneal Higher-Order Aberrations by Scheimpflug-Placido Topography in Patients with Different Refractive Errors: A Retrospective Observational Study. Journal of ophthalmology. 2019;2019:5640356.
.47 Salman A, Kailani O, Ghabra M, Omran R, Darwish TR, Shaaban R, et al. Corneal higher order aberrations by Sirius topography and their relation to different refractive errors. BMC ophthalmology. 2023;23(1):104.
.48 Thibos LN, Applegate RA, Schwiegerling JT, Webb R. Standards for reporting the optical aberrations of eyes. Journal of refractive surgery (Thorofare, NJ : 1995). 2002;18(5):S652-60.
.49 Atchison DA. Recent advances in representation of monochromatic aberrations of human eyes. Clinical & experimental optometry. 2004;87.48-138:(3)
.50 Thibos LN, Applegate RA, Schwiegerling JT, Webb R. Report from the VSIA taskforce on standards for reporting optical aberrations of the eye. Journal of refractive surgery (Thorofare, NJ : 1995). 2000;16(5):S654-5.
.51 Kelechava B. ANSI Z80 :2022-28·Ophthalmics – Methods of Reporting Optical Aberrations of Eyes 2022 [Available from: https://blog.ansi.org/ansi-z80-28-2022-ophthalmics-optical-aberrations./
.52 Bayhan HA, Aslan Bayhan S, Muhafiz E, Can I. Repeatability of aberrometric measurements in normal and keratoconus eyes using a new Scheimpflug-Placido topographer. Journal of cataract and refractive surgery. 2014;40(2):269-75.
.53 Gatinel D, Malet J, Dumas L. Polynomial decomposition method for ocular wavefront analysis. Journal of the Optical Society of America A, Optics, image science, and vision. 2018;35(12):2035-45.
.54 Mahajan VN. Strehl ratio for primary aberrations in terms of their aberration variance. J Opt Soc Am. 1983;73(6):860-1.
.55 Thibos LN. Retinal image quality for virtual eyes generated by a statistical model of ocular wavefront aberrations. Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists). 2009;29(3):288-91.
.56 Gatinel D, Rampat R, Dumas L, Malet J. An Alternative Wavefront Reconstruction Method for Human Eyes. Journal of refractive surgery (Thorofare, NJ : 1995). 2020;36(2):74-81.
.57 Xu R, Bradley A, López Gil N, Thibos LN. Modelling the effects of secondary spherical aberration on refractive error, image quality and depth of focus. Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists). 2015;35(1):28-38.
.58 LASIK Quality of Life Collaboration Project: FDA; [updated 06/17/2021. Available from: https//:www.fda.gov/medical-devices/lasik/lasik-quality-life-collaboration-project.
.59 Schallhorn SC, Farjo AA, Huang D, Boxer Wachler BS, Trattler WB, Tanzer DJ, et al. Wavefront-guided LASIK for the correction of primary myopia and astigmatism a report by the American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology. 2008;115(7):1249-61.
.60 He R, Qu M, Yu S. Comparison of NIDEK CATz wavefront-guided LASIK to traditional LASIK with the NIDEK CXII excimer laser in myopia. Journal of refractive surgery (Thorofare, NJ .(1995 : 5)21;2005Suppl):S646-9.
.61 Tran DB, Shah V. Higher order aberrations comparison in fellow eyes following intraLase LASIK with wavelight allegretto and customcornea LADArvision4000 systems. Journal of refractive surgery (Thorofare, NJ : 1995). 2:(9)22;006S961-4.

.62 Kim J, Choi SH, Lim DH, Yang CM, Yoon GJ, Chung TY. Topography-guided versus wavefront-optimized laser in situ keratomileusis for myopia: Surgical outcomes. Journal of cataract and refractive surgery. 2019;45(7):959-65.
.63 Tawfik A ,Eid AM, Hasanen R, Moftah IA. Q-value customized ablation (custom-Q) versus wavefront optimized ablation for primary myopia and myopic astigmatism. International ophthalmology. 2014;34(2):259-62.
.64 Holladay JT, Piers PA, Koranyi G, van der Mooren M, Norrby NE. A new intraocular lens design to reduce spherical aberration of pseudophakic eyes. Journal of refractive surgery (Thorofare, NJ : 1995). 2002;18(6):683-91.
.65 Eppig T, Schrecker J, Messner A, Langenbucher A. Aberration Correction with Aspheric Intraocular Lenses. 2019.
.66 Nochez Y, Majzoub S, Pisella PJ. Effect of residual ocular spherical aberration on objective and subjective quality of vision in pseudophakic eyes. Journal of cataract and refractive surgery. 2011;37(6):1076-81.
.67 Madrid-Costa D, Ruiz-Alcocer J, Ferrer-Blasco T, García-Lázaro S, Montés-Micó R. In vitro optical performance of a new aberration-free intraocular lens. Eye. 2014;28(5):614-20.
.68 Erdinest N, London N, Landau D, Barbara R, Barbara A, Naroo SA. Higher order aberrations in keratoconus .International ophthalmology. 2024;44(1):172.
.69 Bühren J, Kühne C, Kohnen T. Defining subclinical keratoconus using corneal first-surface higher-order aberrations. American journal of ophthalmology. 2007;143(3):381-9.
.70 Maeda N, Fujikado T, Kuroda T, Mihashi T, Hirohara Y, Nishida K, et al. Wavefront aberrations measured with Hartmann-Shack sensor in patients with keratoconus. Ophthalmology. 2002;109(11):1996-2003.
.71 Ortiz-Toquero S, Fernandez I, Martin R. Classification of Keratoconus Based on Anterior Corneal High-order Aberrations: A Cross-validation Study. Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry. 2020;97(3):169-77.
.72 Pantanelli S, MacRae S, Jeong TM, Yoon G. Characterizing the wave aberration in eyes with keratoconus or penetrating keratoplasty using a high-dynamic range wavefront sensor. Ophthalmology. 2007;114(11):2013-21.
.73 Silverman JIM, Huffman JM, Zimmerman MB, Ling JJ, Greiner MA. Indications for Wear, Visual Outcomes, and Complications of Custom Imprint 3D Scanned Scleral Contact Lens Use. Cornea. 2021;40(5):596-602.
.74 Nguyen MTB, Thakrar V, Chan CC. EyePrintPRO therapeutic scleral contact lens: indications and outcomes. Canadian journal of ophthalmology Journal canadien d'ophtalmologie. 2018;53(1):66-70.
.75 Shaheen MS, Shalaby Bardan A, Piñero DP, Ezzeldin H, El-Kateb M, Helaly H, et al. Wave Front-Guided Photorefractive Keratectomy Using a High-Resolution Aberrometer After Corneal Collagen Cross-Linking in Keratoconus. Cornea. 2016;35(7):946-53.
.76 Jain R, Shuaib Y, Mohan N, Mittal V. Outcomes of topography-guided PRK/CXL in keratoconus using the NIDEK CXIII system-"Bharat Protocol" (Pilot study). Indian journal of ophthalmology. 2023;71(9):3203-9.
.77 Hernández-Camarena JC, Chirinos-Saldaña P, Navas A, Ramirez-Miranda A, de la Mota A, Jimenez-Corona A, et al. Repeatability, reproducibility, and agreement between three different Scheimpflug systems in measuring corneal and anterior segment biometry. Journal of refractive surgery (Thorofare, NJ : 1995). 2014;30(9):616-21.
.78 Read SA, Collins MJ, Iskander DR, Davis BA. Corneal topography with Scheimpflug imaging and videokeratography: Comparative study of normal eyes. Journal of Cataract & Refractive Surgery . .81-1072:(6)35;2009

الملحقات

الموافقة المستنيرة على المشاركة بالبحث الذي عنوانه

تقييم علاقة الزوغانات القرنية عالية الترتيب بأنماط الطبوغرافيا الطبيعية

– أنا الطبيبة رهف وليد العك طالبة الدراسات العليا (ماجستير) في اختصاص أمراض العين وجراحتها في كلية الطب البشري في جامعة دمشق، أنفّذ هذا البحث الذي يهدف إلى دراسة العلاقة بين الزوغانات القرنية عالية الترتيب بأنماط الطبوغرافيا الطبيعية.

– يتضمن هذا البحث إجراء الاستقصاءات التالية:

1. أخذ قصة سريرية عينية وجهازية
2. فحص عيني شامل: قياس حدة الإبصار المصححة وفحص الأقسام الأمامية للعين بواسطة المصباح الشقي وقياس سوء الانكسار والقوة الكاسرة للقرنية بواسطة جهاز قياس أسواء الانكسار بعد شل المطابقة وفحص الأقسام الخلفية للعين باستخدام تنظير قعر العين غير المباشر وقياس ضغط العين وإجراء صورة طبوغرافيا قرنية .
3. تقسيم المرضى بحسب صورة الطبوغرافيا إلى 10 مجموعات: (الكروي والبيضوي والانحدار العلوي والانحدار السفلي وشريطة العنق المتناظرة وشريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار العلوي وشريطة العنق غير المتناظرة ذات الانحدار السفلي وشريطة العنق المتناظرة ذات المحور المائل وغير المتناظرة ذات المحور المائل وغير المنتظم)

- سنقوم في هذه البحث بـ:

بدراسة العلاقة بين المجموعات العشرة السابقة وقيم جذر مربع المتوسطات (root mean squre RMS) لأهم الزوغانات القرنية عالية الترتيب.

– إن موافقتكم على الاشتراك في بحثنا هذا يعني تزويدنا بالمعلومات المتعلّقة بسوابقكم العينية والمرضية لملء استبيان خاص بالبحث، وأودّ أن أؤكد أن هذه المعلومات ستبقى سرّية ولا يمكن لأحد الاطلاع عليها، كما سيتم ترميز المشاركين (إعطاؤهم أرقام دون ذكر الأسماء).

– أتعهّد بعدم إجراء أي استقصاء غير ضروري وعدم إعطاء أي دواء تجريبي أو أي تداخل دوائي أو استقصائي من شأنه أن يؤذي المريض بقصد أو بغير قصد.

– كما أودّ أن أشير إلى أن المشارك لن يحصل على أيّة تعويضات أو أي مقابل مادي، كما أن رفض المشاركة ليس له أية تبعات وسينال حقه من العناية الطبية اللازمة.

– وعليه فإن المشاركة ليست إلزامية ولك الحرية الكاملة في اختيار المشاركة من عدمها ولك حق الانسحاب متى شئت، فمن يرغب بالمشاركة فليسجل اسمه مع التوقيع أسفل هذه الاستمارة.

- **المخاطر والفوائد:**

– لا توجد أي مخاطر للفحوص المجراة لدى المرضى المشاركين في البحث.

– الفوائد تكمن في إجراء فحص عيني شامل تطمئن من خلاله إلى صحة عينك، إضافة إلى معرفة العلاقة بين الزوغانات القرنية عالية الترتيب وأنماط الطبوغرافيا الطبيعية، فلهذه العلاقة تطبيقات سريرية متعددة.

- **الموافقة على المشاركة:**

لقد اطلعتُ وأدركتُ محتوى الموافقة المستنيرة وأوافق طوعاً على أن أكون مشاركاً في هذا البحث وأدرك أنني أملك فرصة الاستفسار عن أيّ أمر وأن الإجابة عن تساؤلاتي من واجب الطبيب، كما وأملك حقّ الانسحاب في أيّ وقت أشاء ودون أن يعرضني ذلك لأي ضرر، وعليه أوقع.

الرقم المتسلسل للمشارك ( )

التوقيع.....

التاريخ: / /

د. رهف وليد العك: 0954638534

البريد الالكتروني: rahafalek@gmail.com

Abstract

Aim: Corneal Higher-order aberrations have been given increasing attention with the advancement of refractive surgery. This study aims to investigate the relationship of the most important higher-order aberrations in healthy eyes with normal topographic patterns according to Rabinowitz's classification. It also aims to compare the local values of these aberrations with the global ones.

Methods: A cross-sectional study was conducted in Al-Mouwasat University Hospital. The participants aged between 19-40 years, and all of them had healthy eyes. Total corneal higher-order aberrations were measured, in addition to third-order (coma and trifoil) and fourth-order aberrations (tetrafoil, spherical, and secondary astigmatism) in 6 mm circle with Sirius device.

Results: The study included 218 eyes. We found a statistically significant relationship between each of the total corneal, coma, and trifoil aberrations with normal topographic patterns, while there wasn't significant relationship between any of the tetrafoil, spherical, and secondary astigmatism aberrations with these patterns. When comparing the values of these aberrations in our study with international values, there were differences in most of them. This may be due to the difference in race or the used device.

Conclusion: This study showed that the topographic pattern is one of the factors that influences higher-order aberrations in normal corneas. This has a clinical importance in refractive surgery. It also showed that the international reference ranges for the most important higher-order aberrations may not be suitable for local practice.

Key words: Corneal higher order aberrations- Sirius- normal topographic pattern

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Medicine
Department of Ophthalmology

Evaluation of The Relationship Between Corneal Higher Order Aberrations and Normal Topographic Patterns

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

By:

Dr. Rahaf Alok

Supervisor:

Prof. Sameh Issa

2024