

Color Handbook of
Corneal Topography

MAZEN SINJAB
MD MS CABOphth
Consultant Ophthalmologist
Ophthalmology Department
Al Mouasat Institute
Faculty of Medicine
Damascus, SAR



الوافي في التصوير الطبوغرافي

نصوص وإطللس ملون

الدكتور
مازن محمد سنجاب
استشاري بأمراض العيون وجراحاتها
MD MS CABOphth
قسم أمراض العين وجراحاتها
مشفى المواساة الجامعي
عضو الهيئة التدريسية في كلية الطب البشري
جامعة دمشق

بسم الله الرحمن الرحيم

ومما يعطي هذا الكتاب أهمية خاصة، هو طريقة طرح المادة العلمية الواردة فيه، فجاءت بشكل مدرسي منهجي وعلى نمط موحد. إذ يبدأ كل بحث بسرد الأساسيات، ثم الانتقال للتطبيقات السريرية مدعماً بالصور الملونة الناطقة ذات العلاقة.

إن اللغة العربية هي لغة أصيلة، ولسنا بحاجة إلى برهان على ذلك، إذ يكفي أن القرآن الكريم نزل بلسان عربي مبين، ولذلك وانطلاقاً من عشقي للغتي العربية، ألقت هذا الكتاب باللغة العربية أولاً، ثم باللغة الإنكليزية، وأردت إخراجها بالشكل الحالي كي يكون معيناً لكل طبيب درس الطب باللغة الإنكليزية، حتى يعرف المرادف العربي، والعكس صحيح لمن درس الطب باللغة العربية. ولا بد من التنويه إلى أن المصطلحات الطبية في هذا الكتاب اعتمدت بشكل كبير على المعجم الطبي الموحد.

ويطيب لي في ختام هذا التصدير الموجز، أن أتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من ساهم في تصميم وإخراج هذا الكتاب وطباعته، وإلى السادة الأجراء في منظمة الصحة العالمية كاقعة - المكتب الإقليمي لشرق المتوسط - العاملين على إصدار المعجم الطبي الموحد، راجياً المولى أن يوفق الجميع إلى خدمة الطب والعلوم الأخرى من خلال اللغة العربية المجيدة.

المؤلف

د. مازن محمد سنجاب

دمشق 30 رجب 1429

1 آب 2008

لقد طرأ في السنوات الأخيرة تقدم هائل على الجراحة الانكسارية الليزرية، وازدادت الاستطابات العلاجية لها. ومن المعلوم أن القرار في هذا النوع من الجراحة يعتمد بشكل كلي على الدراسة المتكاملة للمريض والتي يُعدُّ التصوير الطبوغرافي أحد دعائمها الأساسية.

إن أجهزة التصوير الطبوغرافية عديدة، وتتطور يوماً بعد يوم، إلا أن معظمها يعتمد المبادئ العامة نفسها. ولقد استعرضت الأجهزة فرأيت أن أكثرها تطوراً وانتشاراً في الوقت الحالي هو جهاز البنيتاكام، حيث يعطي هذا الجهاز العديد من الصور والمخططات البيانية والمشعرات والمؤشرات. لكن لا بد من فهم كيفية قراءة هذه الصور، وإسقاط المخططات البيانية سريرياً، وتحليل المشعرات والمؤشرات من أجل الوصول لقرار صحيح، واستبعاد عوامل الخطورة، وذلك من أجل الوقاية من اختلالات ما بعد الجراحة الانكسارية الليزرية.

من أجل ذلك كله، بدأت رحلة البحث في دليل المستخدم الخاص بالجهاز، وفي المراجع، وفي المجلات الطبية التي تُعنى بالجراحة الانكسارية، وفي المؤتمرات والندوات الدولية، وراست وقابلت العديد من أساتذة الجراحة الانكسارية، فجمعت كما لا بأس به من المعلومات، ثم وضعتها في هذا الكتاب المتواضع. كما أنني لم أغفل الخبرة الشخصية التي أضفيتها على العديد من فصول الكتاب، وخاصة فيما يتعلق بالصور الإيضاحية.

الطبعة العربية الأولى

حقوق الطبع محفوظة

الإشراف الفني: عرفان علي عبيد

يمنع نسخ أو مسح أو استعمال أي جزء من هذا الكتاب بأي وسيلة تصويرية أو إلكترونية أو ميكانيكية، بما فيه النسخ الفوتوغرافي والتسجيل على أشرطة أو أقراص قرآنية، أو أي وسيلة أخرى، أو حفظ المعلومات واسترجاعها دون إذن خطي مسبق من المؤلف.

دار القدس للعلوم ص.ب ٢٩١٣٠ دمشق - الجمهورية العربية السورية
فاكس ٦٣٤٦٢٣٠ هاتف ٦٣٤٥٣٩١

E-mail: daralquds@dar-alquds.net

الوفاي في التصوير الطبوغرافي: نصوص وأطلس ملون =
/ Color Handbook of Corneal Topography
مازن محمد سنجاب - [دمشق: د. ن. ٢٠٠٨] -
٧١، ٧١ ص: مص: ٢٦ سم.

النص بالعربية والإنكليزية.

١- ٦١٧، ٧١٥ س ن ج و ٢- العنوان ٣- العنوان
الموازي ٤- سنجاب مكتبة الأسد

مديرية حماية حقوق المؤلف، سجل علمي رقم (١٤٥٩) سنة ٢٠٠٨ م، دمشق ٢٠٠٨/٨/١٤

Copyright © 2008

All rights reserved. The author retains all rights in relation to the information provided via this book (including all texts, graphics and logos). No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means without the prior written consent of the author.

You may not copy, scan, photo, distribute or reproduce any of the information in any form without the prior written consent of the author.

Any person who does any unauthorized act in relation to this publication may be liable to criminal prosecution and civil claims for damages.

تنويه

إن كل ما يرد في هذا الكتاب من معلومات، وشروح، وتوصيات، لا تعدو عن كونها اقتراحات تفيد الطبيب في التوجه للتشخيص المناسب، ومن ثم اتخاذ القرار المناسب. وبالتالي، فإن المؤلف غير مسؤول عن أية نتائج تتعلق بهذا النوع من الجراحات، إذ إن العلاج الصحيح لا يعتمد فقط على التصوير الطبوغرافي، بل يعتمد أيضاً على الفحص السريري الدقيق والمتكامل من أجل الوصول للنتائج المتوخاة.

Notification

The information provided via this book is intended for general information purposes.

The information provided via this book is published to assist you, but it is not to be relied upon as authoritative.

The author accepts no liability whatsoever for any direct or consequential loss arising from any use of the information contained in this book.

Preface

Tacking the right decision in laser refractive surgery depends to a great extent on good reading of corneal topography and its clinical interpretation. This is very important for having the aimed results and avoiding post operative complications.

Data in this book were obtained and gathered from the user manual of the Pentacam, international conferences, refractive journals, personal contacts with many refractive professors and of course self experience.

The strategy in compiling this little book is combining excellence in pictorial quality with a concise but ordered text.

I have aimed the book at all those who need some initial assistance in reading and clinical interpretation of corneal topography. There are sure to be some errors, as the ophthalmology editor, I take full responsibility for these and look forward to being further educated.

Dr. MAZEN SINJAB

36	..... خارطة قوّة الانحراف القياسيّ القرني
38	..... تحليل الصفحة الرئيسية
39	..... الوجه الأمامي للقرنية
40	..... الإسقاطات السريرية
42	..... الوجه الخلفي للقرنية
43	..... إحدائيات ثخانة القرنية
43	..... متفرقات
45	..... منحني مشعر القرنية المخروطية
45	..... مخطط علاقة ثخانة القرنية مع الموقع
46	..... منحني نسبة تزايد الثخانة بالنسبة للموقع
48	..... جدول
49	..... مشعر التزايد
50	..... مشعرات انتظام القرنية
50	..... مرحلة القرنية المخروطية
52	..... حجم القرنية
53	..... تحليل زرنكه
55	..... خيالات شايمفلوغ وقياس الكثافات
57	..... دراسة حالات سريرية
57	..... القرنية المخروطية
57	..... قانون رابينوفيتش I-S
57	..... المعايير الطبوغرافية للقرنية المخروطية حسب قاعدة راوسي ذات الرقم اثنين
58	..... معايير أخرى مهمة للقرنية المخروطية
58	..... التشخيص التفريقي الطبوغرافي للقرنية المخروطية
58	..... دراسة حالة سريرية
63	..... متفرقات
63	..... إزالة التمرکز أو إعادة التمرکز
63	..... زاوية كابتا
65	..... تأثير عدم التثبيت الدقيق على نتائج التصوير الطبوغرافي
68	..... البقعة الحارة
69	..... اضطرابات فلم الدمع
70	..... عدم تطابق الحرج الطبوغرافي مع الحرج السريري الظاهري
71	..... المصادر

3	..... مقدمة
3	..... الأوساط الكاسرة في عين الإنسان
3	..... القرنية
6	..... أساسيات في طبوغرافية القرنية
6	..... تضاريس القرنية
6	..... الخرائط التحديدية
6	..... المبدأ
7	..... طرق القياس
7	..... الطريقة السهمية
8	..... الطريقة التماسية
9	..... المحور المرجعي
10	..... أنماط التحدب القرني
14	..... الفروق السريرية بين الخارطة السهمية والخارطة التماسية
15	..... خرائط الارتفاعات
15	..... المبدأ
16	..... الجسم المرجعي
16	..... المبدأ
17	..... الأنواع
20	..... الإسقاطات السريرية
21	..... الجسم المرجعي الكروي المحسن
24	..... ثخانة القرنية والثخانة النسبية
24	..... خارطة ثخانة القرنية
24	..... المبدأ
24	..... الإسقاطات السريرية
25	..... العناصر الرئيسية
26	..... الإسقاطات السريرية
27	..... خارطة الثخانة النسبية
28	..... منحدر القرنية
28	..... اللاكروية
28	..... أساسيات
30	..... طريقة قياس اللاكروية
31	..... قيم Q
31	..... الزوغانات الكروية الناتجة عن قيم Q غير السوية
32	..... الخارطة الانحدارية
33	..... الأهمية السريرية
35	..... الخرائط الأخرى
35	..... خارطة القوة الانكسارية
36	..... خارطة القوّة الصرفة

Contents

Introduction	3
The Refractive Media of the Human Eye	3
The Cornea	3
Fundamentals on Corneal Topography	6
Topographical Features of the Cornea	6
Curvature Maps	6
Principle	6
Methods of Measurement	7
The Sagittal (Axial Method)	7
The Tangential (Local Method)	8
Reference Axis	9
Patterns of Corneal Curvature	10
Clinical Differences between Sagittal and Tangential Curvature Maps	14
Elevation Maps	15
Principle	15
Reference Body	16
Principle	16
Types	17
Clinical Interpretations	20
The Enhanced Spherical Reference Body	21
Corneal Thickness Map and Relative Thickness Map	24
Corneal Thickness Map	24
Principle	24
Clinical Interpretations	24
Main Elements	25
Clinical Interpretations	26
Relative Thickness Map	27
Corneal Slope –Topometry	28
Asphericity	28
Basics	28
Measurement of Asphericity	30
Q-value	31
Spherical Aberrations resulting from Abnormal Q-value	31
Slope or Topometric Map	32
Clinical Interpretations	33
Other Maps	35
Refractive Power Map	35
True Net Power Map	36

Contents

Keratometric Power Deviation Map	36
Main Page Analysis	38
Cornea Front Surface	39
Clinical Interpretations	40
Cornea Back Surface	42
Coordinates of the Corneal Thickness	43
Miscellaneous	43
Keratoconus Curvature Index	45
Diagram of the Relation between Corneal Thickness and Location	45
Diagram of the Relation between Thickness Increment and Location	46
Table	48
Progression Index	49
Indices of Corneal Irregularity	50
Keratoconus Level	50
Corneal Volume	52
Zernike Analysis	53
Scheimpflug Images and Densitometry	55
Case Study	57
Keratoconus:	57
I-S Rabinovich Law	57
Keratoconus Topographic Indices According to Rowsey's Rule of 2's	57
Other Important Criteria of Keratoconus	58
Topographic Differential Diagnosis of Keratoconus	58
Case Study	58
Miscellaneous	63
Decentration / Offset Pupil	63
Angle Kappa	63
The Effect of Misalignment on Corneal Topography	65
Hot Spot	68
Tear Film Disturbance	69
Incongruence of Topographic and Clinical Manifest Astigmatism	70
References	71

INTRODUCTION

The Refractive Media of the Human Eye

The eye manifests its refractive power via several curved surfaces; each is separated by a media with different indices of refraction. The most significant refractive surfaces are the anterior and posterior surfaces of the cornea and crystalline lens, the aqueous and the vitreous humors play the role of passages.

In the emmetropic eye (without any refractive error), the range of corneal refracting power is between 39 and 48 diopters, while the refracting power of the crystalline lens is between 15 and 24 diopters. In the emmetropic eye, the axial length (from the posterior corneal surface to the retina) varies from 22 to 26 mm.

The following are the clear ocular media (through which light passes) and their respective indices of refraction: tear film 1.33, cornea 1.37, aqueous humor 1.33, crystalline lens 1.41, and vitreous humor 1.33. The important features which determine their refractive power are the radius of curvature, the refractive index and the distance between various interfaces.

The Cornea

Maximum refraction in the eye occurs at the anterior surface of the cornea due to its high curvature and due to the large difference between the refractive indices of media on its two sides (air 1 and corneal substance 1.37). Refraction occurring at the posterior surface of the cornea is not very significant as its

refractive index is quite similar to that of the aqueous humor (1.37 and 1.33).

Before we discuss the optical properties of the cornea, it is important to discuss its shape, which also has a bearing on its optical properties.

Shape: The cornea comprises the central sixth of the outer wall of the eye. It is oval in shape, the average vertical and horizontal diameter being 11.7 and 12.6 mm respectively.

It is a well-known fact that the cornea is not spherical in shape. Thus the central 4 mm or so is supposed to be spherical, and according to this assumption the keratometer is based. However, even this area shows a small degree of astigmatism and therefore it is strictly speaking toroidal in shape. It is also known that the cornea is flatter in the periphery and becomes progressively flatter as one goes away from the center. This is one of the factors that correct the problem of spherical aberration in the eye, the other factor being the structure of the lens. However, the peripheral part of the cornea is irregular and radially asymmetric and does not conform to any specific geometrical shape. It is therefore usual to divide the cornea into two parts: the central zone of about 4 mm, also called the optical or the apical zone, and the peripheral or basilar zone. The apical zone is classically defined as all those areas of the cornea which vary in power by no more than one diopter in normal eyes. Curiously, the shape of the cornea may apparently vary with time, e.g. the cornea is relatively flatter during early mornings.

قرينة انكسار مادة القرنية 1.37، والخلط المائي 1.33.

وقبل أن نشرح الخواص البصرية للقرنية، لابد من أن نوضح نقاطاً مهمة في شكل القرنية والذي له الدور الأكبر في خواصها البصرية. الشكل: تشكل القرنية السدس المركزي للجدار الخارجي للعين، ولها شكل بيضاوي بقطر عمودي يقيس وسطياً 11.7 ملم، وقطر أفقي يقيس وسطياً 12.6 ملم.

ومن المعلوم أن القرنية لا تأخذ الشكل الكروي، فكل منطقة من القرنية تأخذ شكلاً مختلفاً. فالمنطقة المركزية ذات القطر 4 ملم تقريباً تُعدّ كروية، وبناءً على هذا يعمل مقياس التحذب، إلا أن هذه المنطقة تبدي درجة وإن كانت صغيرة من حرج البصر، وبالتالي فهي ملتوية إلى حدٍّ ما. كما أن القرنية مسطحة في المحيط نسبة للمركز ويزداد التسطح بالابتعاد عن المركز، وهذا من العوامل المهمة التي تصحح مشكلة الزوغان الكروي للعين، ويُتم الجسم البلوري هذه المهمة. على أية حال، فإن القسم المحيطي من القرنية غير منتظم وغير متناظر شعاعياً ولا يتناسب مع أي شكل هندسي معين. وبالتالي، تقسم القرنية إلى منطقتين: مركزية بقطر 4 ملم تقريباً، ويطلق عليها تسميات عدّة كالمناطق البصرية والمنطقة القميّة، ومحيطية وتسمى أيضاً المنطقة القاعدية. تعرّف المنطقة المركزية بأنها تلك المناطق من القرنية التي لا تختلف القوة الكاسرة بينها بأكثر من كسيرة واحدة وذلك في العيون السوية. ينبغي أن نعلم أخيراً أن شكل القرنية قد يختلف مع أوقات النهار، فالقرنية تكون أكثر تسطحاً خلال الساعات الأولى من الصباح.

مقدمة

الأوساط الكاسرة في عين الإنسان

تأخذ العين قوتها الكاسرة من خلال سطوح محدّبة عدّة، تفصل بينها أوساط كاسرة ذات قرائن انكسار مختلفة. يلعب السطحان الأمامي والخلفي للقرنية وكذلك للجسم البلوري الدور الأكبر في القوة الكاسرة للعين. أما الخلط المائي والخلط الزجاجي فهما ممران للضوء فقط.

عندما تكون العين سديدة (لا يوجد أي سوء انكسار)، تتراوح القوة الكاسرة للقرنية ما بين 39 و48 كسيرة، في حين تتراوح القوة الكاسرة للجسم البلوري ما بين 15 و24 كسيرة، وتتراوح القطر الأمامي الخلفي للعين (من الوجه الخلفي للقرنية حتى الشبكية) ما بين 22 و26 ملم. وفيما يلي الأوساط الكاسرة التي يمر عبرها الضوء الداخل إلى العين مع قرينة انكسار كل منها: فلم الدمع 1.33، القرنية 1.37، الخلط المائي 1.33، الجسم البلوري 1.41، الخلط الزجاجي 1.33. إن أهم ما يحدد القوة الكاسرة للأوساط الكاسرة المذكورة هو: نصف قطر تحذب السطح، وقرينة الانكسار، والمسافة الفاصلة ما بين السطوح.

القرنية

يحدث الانكسار الأعظمي في العين عند الوجه الأمامي للقرنية، نظراً لتحذبها العالي وللاختلاف الكبير في قرينة الانكسار على طرفيه (الهواء 1 ومادة القرنية 1.37)، أما الانكسار الذي يحدث عند الوجه الخلفي للقرنية، فهو أقل أهمية، نظراً للتقارب بين

Geography: The cornea is divided into four geographical zones:

1. The central zone (4 central millimeters): it overlies the pupil and is responsible for the high definition vision. The central part is almost spherical and is called the apex.
2. The Para central zone: where the cornea begins to flatten.
3. The peripheral zone.
4. The limbal zone.

Curvature: The central 4mm, or the axial zone of the cornea, has a radius of curvature of 7.8mm. The radius of curvature of the posterior surface of the cornea is 6.7mm. Changes in curvature of the cornea have profound effect on the refractive status of the eye, e.g. a 1 mm change in the radius of curvature of the cornea causes 6 diopters change in refractive power.

Power: The refractive index of the cornea is 1.376. By using the radius of curvature and the refractive index, we can calculate the power of both surfaces of the cornea. The refractive power of normal cornea is 49 diopters at the anterior surface and -6 diopters at the posterior surface; because it plays the role of a concave lens, therefore, the total refractive power of the cornea is 43 diopters in average.

Other parameters: Thickness of the cornea is about 0.52 mm in the axial area and is about 0.66 mm in the peripheral part. Therefore, the curvature of the posterior surface of the cornea is higher than that of the anterior surface.

مقاييس أخرى: تبلغ ثخانة القرنية في المنطقة المحورية 0.52 ملم تقريباً، وفي المنطقة المحيطة حوالي 0.66 ملم، ومن هنا يظهر لنا أن تحدب الوجه الخلفي للقرنية أكبر من تحدب الوجه الأمامي.

الجغرافية: تقسم القرنية إلى أربع مناطق جغرافية:

1. المنطقة المركزية: بقطر 4 ملم، وتقع أمام الحدقة، وهي مسؤولة عن القسم الأهم من الرؤية. المنطقة المركزية كروية تقريباً وتسمى أيضاً قمة القرنية.
2. المنطقة ما حول المركزية: حيث تبدأ القرنية بالتسطح.
3. المنطقة المحيطة.
4. المنطقة الحوفية.

التحدب: يأخذ الوجه الأمامي للمنطقة المركزية أو المحورية نصف قطر تحدبي 7.8 ملم، في حين يأخذ الوجه الخلفي نصف قطر تحدبي 6.7 ملم. يوجد تأثير عميق لتغيرات تحدب القرنية على القوة الانكسارية للعين، إذ إن كل 1 ملم تغير في نصف القطر يوافق تغير في القوة الكاسرة مقداره 6 كسيرات.

القوة: تبلغ قرينة انكسار القرنية 1.376، ومع معرفة نصف القطر التحدبي، يمكننا أن نحسب القوة الكاسرة لوجهي القرنية. تبلغ القوة الكاسرة للقرنية السوية عند وجهها الأمامي 49 كسيرة، وعند وجهها الخلفي -6 كسيرة باعتبار أن الوجه الخلفي يلعب دور عدسة مقعرة، وبالتالي تكون القوة الكاسرة الإجمالية للقرنية 43 كسيرة وسطياً.

Astigmatism: The seat of astigmatism is usually in the cornea. A small degree of curvature astigmatism due to anterior corneal surface, around 0.25 diopters, is due to the fact that the vertical meridian is steeper than the horizontal meridian, and is known as "with-the-rule astigmatism". At birth the cornea is almost spherical; 68% of kids at 4 years and 95% at 7 years have with-the-rule astigmatism. In old age, this WTR astigmatism disappears or may even become inverse astigmatism. This change with age is considered to be a result of the pressure of the lids or the tone of the orbicularis muscle, which changes with age. Acquired astigmatism may occur after surgery including cataract, inflammation, ulceration, trauma and lid lesions, which may all alter the shape of the cornea.

Transmittance of light: The cornea transmits radiation from approximately 310nm in the ultraviolet to 2500nm in the infrared region. The cornea is extremely sensitive to UV radiation at 270nm and corneal absorption of this radiation results in photokeratitis after exposure to welding arcs. UV light reflected from the snow also causes corneal damage in contrast to the normal UV radiation from overhead sunlight which is shielded by the brows and upper lids.

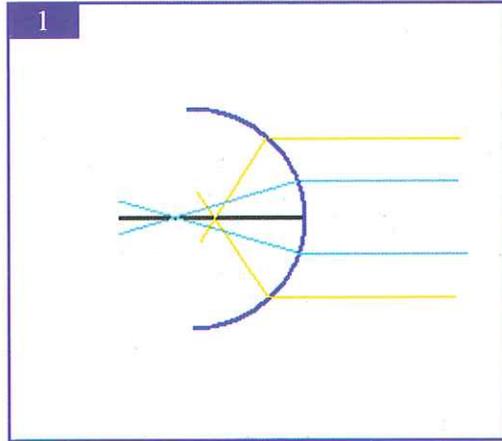
The transparency of the cornea is crucial to the functioning of the eye and this is maintained by various factors, among them the crystalline lattice arrangement of the collagen fibrils, the avascularity of the cornea, the demyelinated corneal nerves and the Na/K pump of the corneal endothelium.

Nutrition: Corneal nutrition depends mainly on the aqueous humor, which provides substrates and removes metabolites.

إن شفافية القرنية لها أهمية جمة في وظيفة العين. تتبع هذه الشفافية من الترتيب الحزمي المنظم للليفات الغراء، ومن انعدام الأوعية الدموية في القرنية، ومن تجرد الألياف العصبية من غمد النخاعين، ومن وجود مضخة صوديوم / بوتاسيوم في بطانة القرنية. **التغذية:** تعتمد تغذية القرنية على الخلط المائي بشكل رئيسي، من حيث تزويدها بالمركبات أو إزالة المستقلبات.

حرج البصر: وحرج البصر فمستقره القرنية، ولوجهها الأمامي حرج خفيف يتراوح حول 0.25 كسيرة وهو نابغ من كون القطر العمودي للقرنية أكثر تحدياً من قطرها الأفقي، وهو ما يسمى حرج البصر الموافق للقاعدة. تكون القرنية عند الولادة كروية تقريباً، لكن 68% من الأطفال بعمر 4 سنوات و95% بعمر 7 سنوات لديهم هذا الحرج. ومع التقدم بالعمر قد يزول هذا الحرج بل قد ينقلب إلى مخالف للقاعدة. يُعتقد أن الحرج الموافق للقاعدة ناجم عن ضغط الأجنان أو بسبب مقوية العضلة الدويرية العينية والتي تتغير مع العمر. قد يُكتسب الحرج بسبب جراحة على القرنية كالساد، أو بسبب التهابات، أو التقرحات، أو الرضوض، أو آفات الأجنان، مما قد يغير من شكل القرنية.

الناقلية للضوء: تسمح القرنية بعبور الإشعاعات ذات طول الموجة 310 نانومتر (فوق البنفسجي) (إلى 2500 نانومتر) تحت الحمراء). القرنية حساسة جداً من الأشعة فوق البنفسجية (270 نانومتر) حيث إن امتصاص هذه الأشعة يؤدي لالتهاب القرنية الضوئي بعد التعرض لجهاز اللحام. كذلك فإن التعرض للأشعة المنعكسة عن سطح ثلجي يؤدي لأذية في القرنية، في حين أن التعرض للأشعة نفسها من أعلى الرأس لا يؤدي لأن الحاجب والأهداب تقوم بدور الوقاية.



FUNDAMENTALS ON CORNEAL TOPOGRAPHY

Main Items in Evaluating the Corneal Surface:

- Topographical features of the cornea
 1. Curvatures
 2. Elevations and depressions
- Corneal thickness
- Corneal slope

Topographical Features of the Cornea

I. Curvature Maps (known also as corneal power maps):

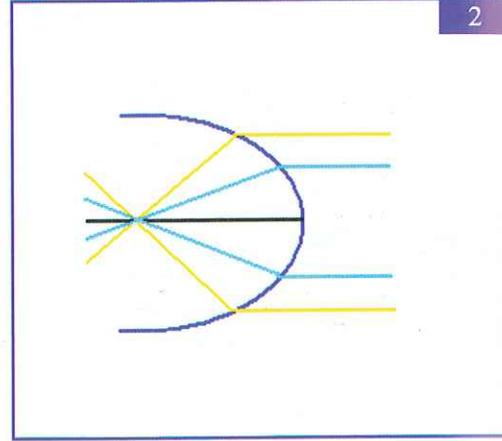
1. Principle:

To calculate the refractive power of any spherical refractive surface, the following equation is used:

$$\text{Power} = (n_1 - n_2) / r$$

$$= (1.376 - 1) / 7.5\text{mm} = 45 \text{ diopters}$$

(D) @ all points



Where:

n_1 is the refractive index of the spherical refractive surface, supposed to be the surface of the cornea.

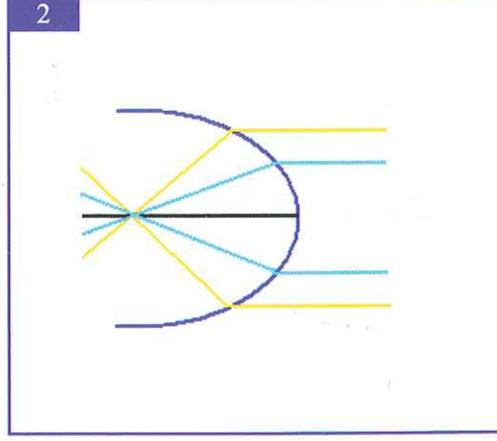
n_2 is the refractive index of air, in front of the cornea.

r is the curvature radius of the refractive spherical surface, supposed to be the surface of the cornea, which means that the refractive power of the cornea is 45D at all points, but this is not realistic.

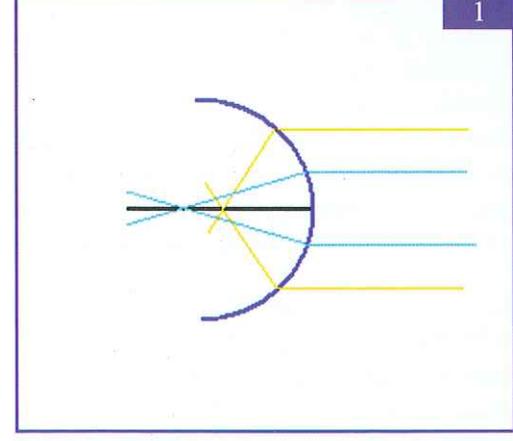
What happens if the cornea is spherical? (1)

When light rays pass through a spherical refractive surface, para-axial rays will be refracted less than the peripheral rays. This will form a group of foci, which are responsible of what is known as "spherical aberration."

For this reason, the cornea is created in a pattern that it can overcome this kind of aberration, known as "aspheric pattern" (2). This will be discussed later in details.



حيث:
 n_1 : هي قرينة انكسار السطح الكاسر الكروي، ويُفترض أنه سطح القرنية.
 n_2 : هي قرينة انكسار الهواء، أمام القرنية.
 r : هي نصف قطر تحدب السطح الكاسر الكروي، ويُفترض أنه سطح القرنية، مما يعني أن القوة الكاسرة للقرنية هي 45 كسيرة في كل النقاط، ولكن هذا غير حقيقي. ما الذي يحدث لو كانت القرنية كروية؟ (1)
 عندما تمر الأشعة الضوئية عبر كاسر كروي، فإن الأشعة قرب المحورية ستتكسر بشكل أقل من الأشعة المحيطية، مما يؤدي إلى تشكل مجموعة من البؤر، وهذا بدوره يكون مسؤولاً عن الزوغان الكروي. من أجل ذلك؛ خلقت القرنية بشكل يتغلب على هذا النوع من الزوغان، وهو ما يسمى الشكل اللاكروي (2)، وسيأتي التفصيل فيه فيما بعد.



أساسيات في طبوغرافية القرنية

العناصر الأساسية في تقييم سطح القرنية:

- تضاريس القرنية:
 1. التحدبات.
 2. الارتفاعات والانخفاضات.
- ثخانة القرنية.
- منحدر القرنية.

تضاريس القرنية

أولاً - الخرائط التحديدية (تسمى أيضاً خرائط قوة القرنية):

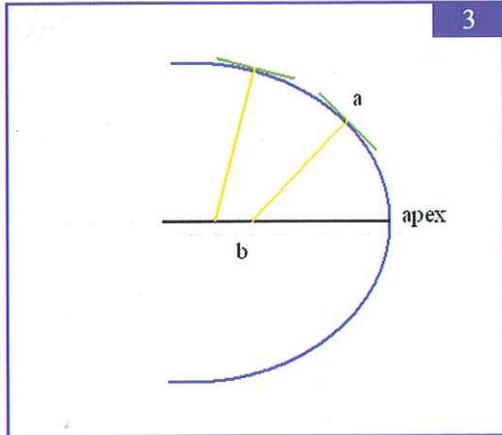
1. المبدأ:

لحساب القوة الكاسرة لأي سطح كاسر كروي، فإننا نستخدم المعادلة التالية:

$$\text{القوة} = (n_1 - n_2) / r$$

$$= (1.376 - 1) / 7.5 \text{ م} = 45 \text{ كسيرة}$$

في كل النقاط



2. Methods of Measurement:

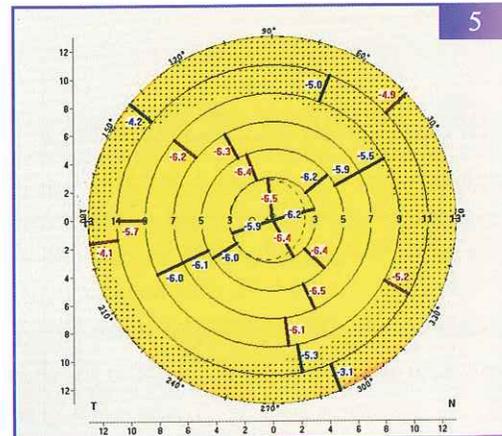
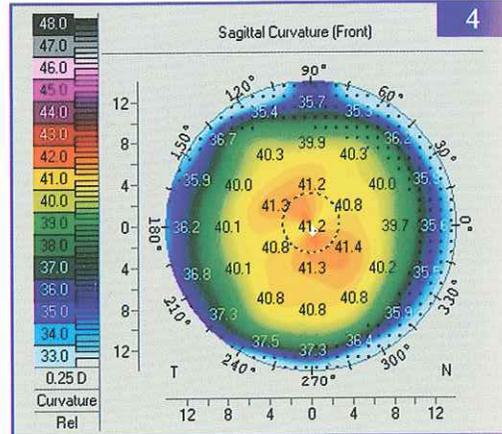
Since the cornea is aspheric, the radius of curvature (r) is not equal at all points. Therefore, it was necessary to find a way to measure the radius of curvature, in order to measure the refractive power of the cornea at any given point.

There are two methods of measurement:

- The sagittal (the axial method).
- The tangential (the local method).

• The Sagittal (axial method):

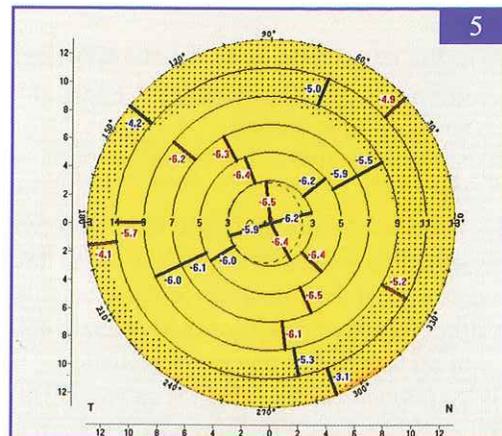
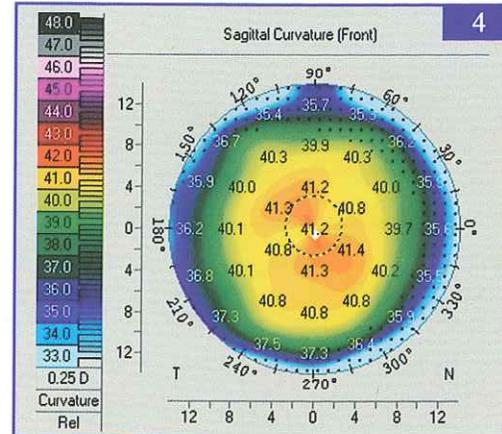
To measure the refractive power at point "a" (3), we have to draw a tangent on the surface of the cornea at that point, then we take the "normal" of the tangent at that point, which intersects with a reference axis at point "b"; taking into consideration that the reference axis is the anatomical axis of the cornea, i.e. it passes through its apex. Namely, segment "ab" is the curvature radius (r) of the cornea at point "a". The previous equation is applied to calculate the refractive power of the cornea at that point, and in the same way, at other points. The computer displays this power as a colored map with the used color scale beside (4).



This is applied on either the front or back surfaces of the cornea.

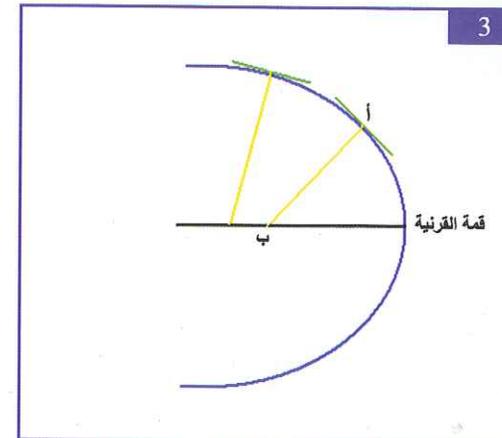
Values of the back corneal surface power are displayed as negative digits, because this surface functions as a concave surface (5).

This will be discussed later in details.



الكاسرة لسطح القرنية في تلك النقطة، وبالطريقة نفسها في بقية النقاط، ثم يعبر الحاسب عن هذه القوة بخارطة لونية وإلى جانبها المقياس اللوني المستخدم (4). يُطبَّق ما سبق على كل من الوجهين الأمامي والخلفي للقرنية.

تظهر القيم على الوجه الخلفي للقرنية سالبة الإشارة، بسبب أن الوجه الخلفي يلعب دور عدسة مقعرة (5)، وسيأتي تفصيل ذلك فيما بعد.



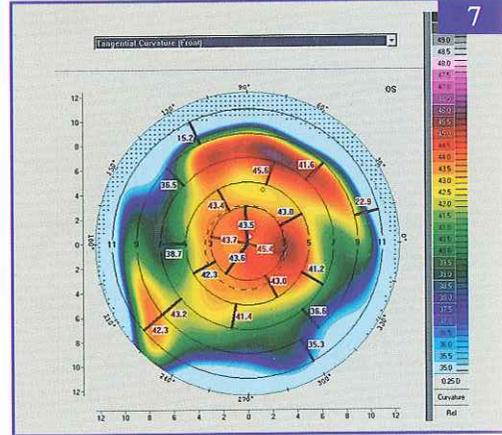
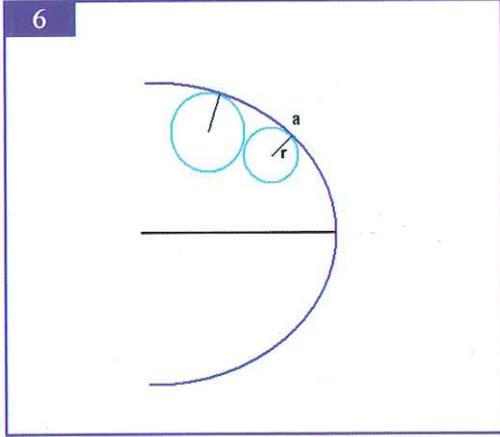
2. طرق القياس:
تأخذ القرنية شكلاً لا كروياً، لذلك فإن نصف قطر التحدب (r) مختلف من نقطة لأخرى في القرنية، مما يستدعي ابتكار طريقة تقيس نصف قطر التحدب، من أجل الوصول للقوة الكاسرة للقرنية في النقطة المقاسة وبالتالي في كل النقاط.

هناك طريقتان للقياس:

- الطريقة السهمية، وتسمى أحياناً الطريقة المحورية.
- الطريقة التماسية، وتسمى أحياناً الطريقة الموضعية.

• الطريقة السهمية (المحورية):

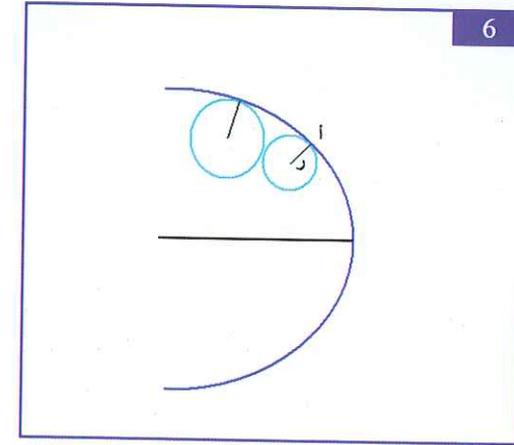
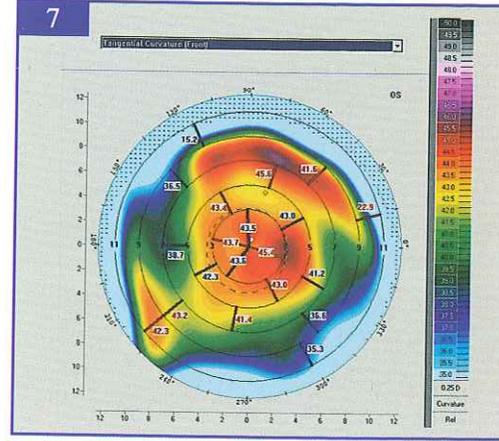
لقياس القوة الكاسرة في النقطة "أ" (3)، نرسم مماساً لسطح القرنية في تلك النقطة، ثم نأخذ الناظم على المماس في تلك النقطة، فيتقاطع المماس مع المحور المرجعي في النقطة "ب". أما المحور المرجعي، فيفترض أن يكون هو المحور التشريحي للقرنية، أي: الذي يمر من قمة القرنية. إن القطعة المستقيمة "أب" هي نصف قطر تحدب القرنية "ر" في النقطة "أ". يطبق القانون السابق من أجل الوصول للقوة



• The Tangential (local method):

This method uses circles tangential to the examined corneal surface at the points to be measured. The radius of the tangential circle is considered as the curvature radius, on which the equation can be applied. Radii of circles differ according to surface changes (6).

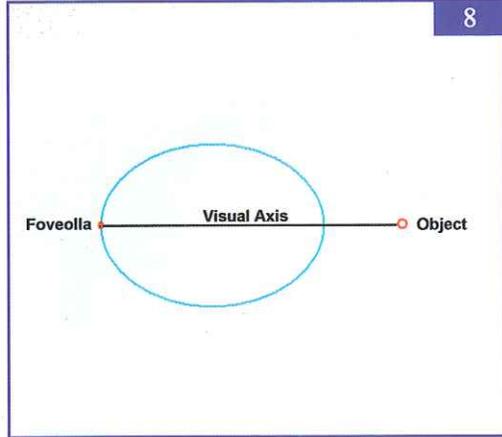
Geometrically, the specifications of the tangent circles are more accurate than those of the tangent lines. Consequently, this method can highlight any irregularity in the cornea whatever small it is (7). Again, the values of the back surface are displayed as negative digits, since this surface plays the role of a concave surface.



ومن الناحية الهندسية، يُعدّ التوصيف الذي تقوم به الدوائر، أدق من ذلك الذي تقوم به المستقيمات، وبالتالي تستطيع هذه الطريقة إظهار أي عدم انتظام في القرنية، حتى وإن كان خفيفاً جداً (7). وكذلك هنا، تظهر القيم على الوجه الخلفي سالبة، بسبب أن الوجه الخلفي للقرنية يلعب دور عدسة مقعرة.

• الطريقة التماسية (الموضعية):

تعتمد هذه الطريقة على استخدام دوائر تمس سطح القرنية في النقاط المراد قياس تحدبها، حيث يُعدّ نصف قطر الدائرة المماسية، هو نصف القطر التحديبي ويطبق عليه القانون السابق، وتختلف أنصاف أقطار الدوائر اعتماداً على تغيرات التضاريس (6).



• Reference Axis:

As mentioned before, the sagittal or axial method depends on an axis used as a reference in measuring the curvature radii.

What is the reference axis?

There are three important axes in the cornea:

1. The visual axis (8):

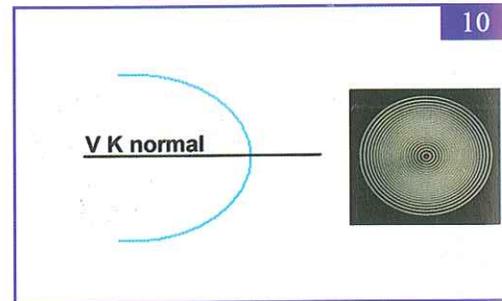
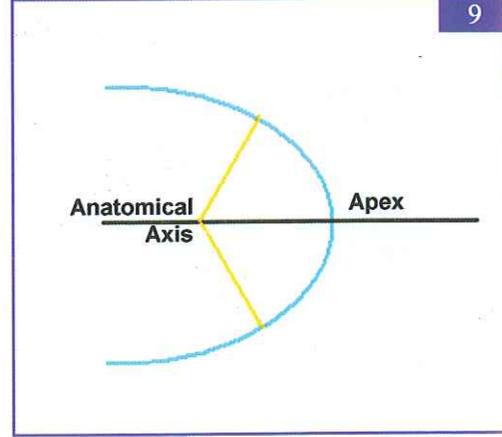
It virtually connects the seen object with the foveolla.

2. The anatomical axis (9):

It is the symmetric rotational axis, ω_{553} passes through the apex of the cornea, and not necessarily through the foveolla.

3. The video keratoscope normal (VK normal) (10):

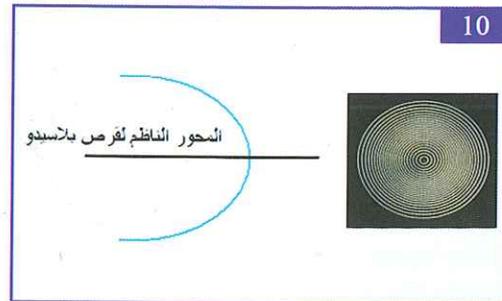
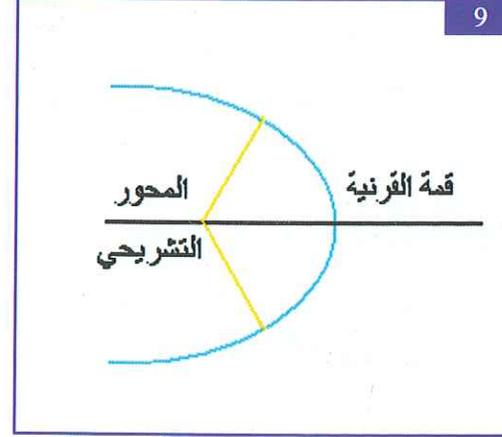
Some topographic systems use light rings known as Placido disk to measure the curvature of the cornea according to the shape of reflected rings against the front surface of the cornea. These systems consider the normal of Placido disk center as the symmetric rotational axis of the cornea.



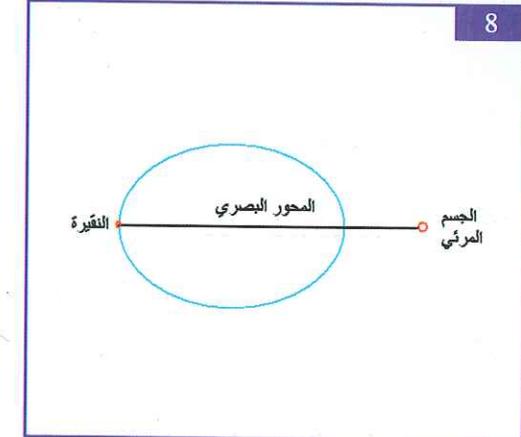
Which is the real reference axis?

Of course, the anatomical axis which passes through the corneal apex is the real reference axis. But, all topographic systems adopt the VK normal or it's similar in principle, considering that the three axes are identical.

This misconception leads to invalidity of curvature maps due to misalignment during taking the capture. This leads, of course, to wrong diagnosis and wrong decision of treatment. Misalignment patterns and their effects will be discussed later in details.



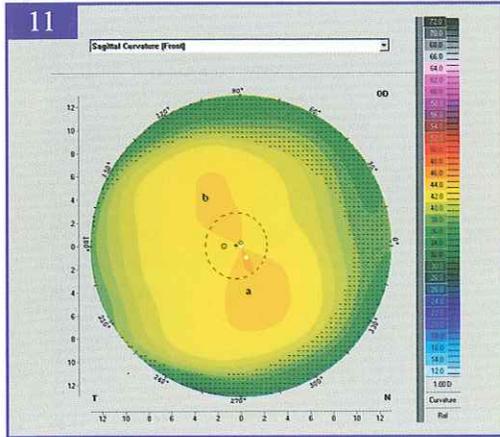
لكن ما هو المحور المرجعي الحقيقي بينها؟ إن المحور التشريحي المارّ من قمة القرنية، هو المحور المرجعي الحقيقي، إلا أن كل أجهزة التصوير الطبوغرافي تعتمد المحور الناظم لمسقط أقراص بلاسيديو-أو ما يشابهه من حيث المبدأ- محوراً مرجعياً، معتبرة أن المحاور الثلاثة متطابقة! يؤدي هذا الاعتبار الخاطئ إلى اختلاف الخارطة التحديدية عند عدم التثبيت الجيد أثناء التقاط الصورة، وهذا بالطبع يقود لخطأ فادح في التشخيص وفي قرار العلاج، وسيأتي الحديث عن أنواع سوء التثبيت وتأثيره لاحقاً وبشكل مفصل.



• المحور المرجعي:
ذكرنا أن الطريقة السهمية تعتمد على وجود محور مرجعي، تُقاس بالنسبة إليه أنصاف أقطار التحذب.
ولكن ما هو المحور المرجعي؟
هناك ثلاثة محاور مهمة في القرنية:
1. المحور البصري: (8) وهو الذي يصل ما بين الجسم المرئي والنقيرة.

2. المحور التشريحي: (9) وهو محور التناظر الدوراني للقرنية، ويمر عبر قمة القرنية دون أن يمر بالضرورة عبر النقيرة.
3. المحور الناظم لمسقط أقراص بلاسيديو: (10)

تستخدم بعض أجهزة التصوير الطبوغرافي حلقات ضوئية، تعرف بقرص بلاسيديو وتقيس تحذب القرنية بناءً على شكل الحلقات المنعكسة عن السطح الأمامي للقرنية ويُعد المحور الناظم في مركز الحلقات هو محور القرنية.

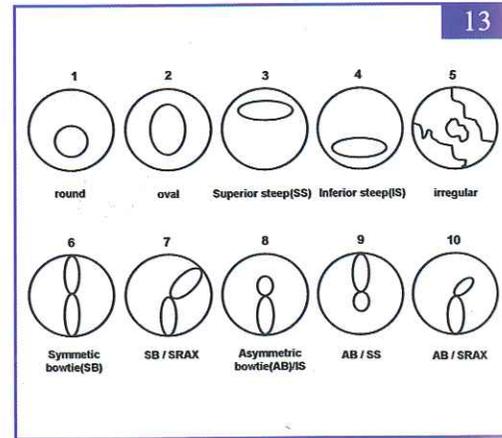
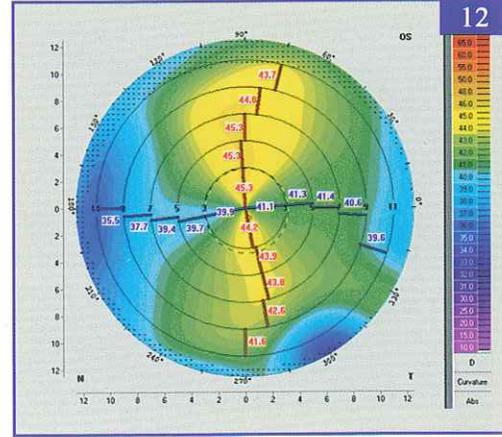


3. Patterns of Corneal Curvature:

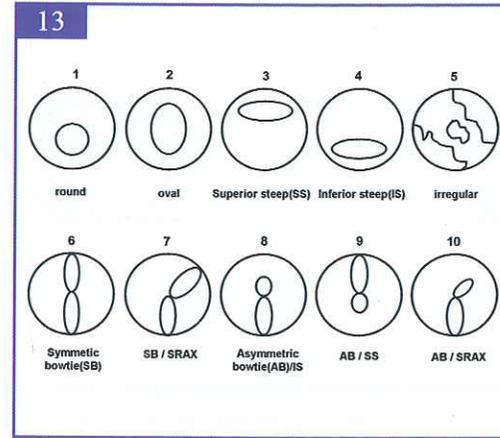
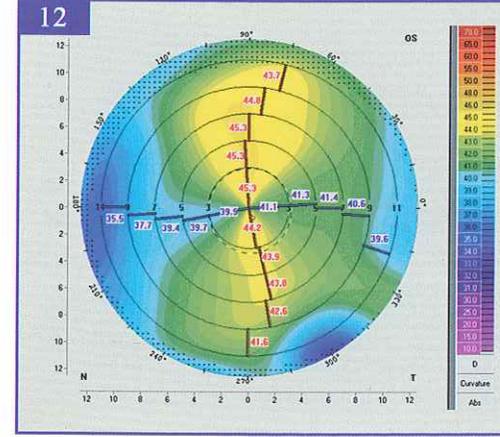
There are several patterns of corneal curvature, some can be accepted, others are considered risky or indicators of keratoconus.

Every human being has a certain amount of astigmatism, though minimal. The rule is that the vertical meridian of the cornea is slightly steeper than the horizontal.

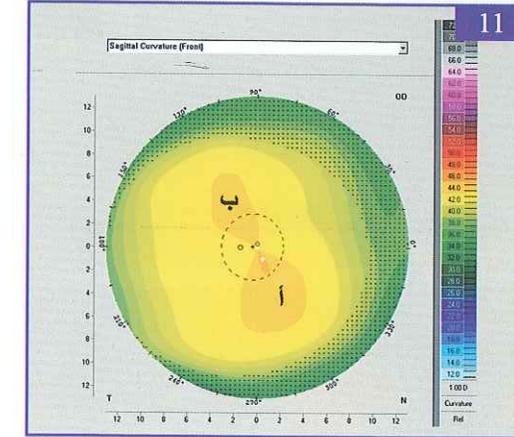
This is known as with-the-rule astigmatism. Figure (11) shows the symmetry between segments "a" and "b". They are also equal in size. That is the normal pattern, it is known as "Symmetric Bowtie (SB)", see also figure (13).



When studying the pattern of corneal curvature, it is important to study the single enlarged map choosing the option of projected circles and the two major axes of curvature, in order to easily compare values in the same eye, and with the fellow eye (12).



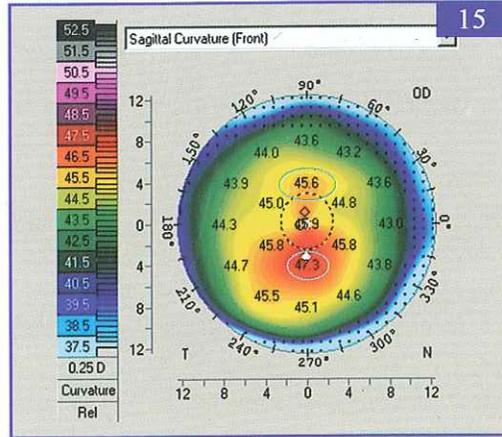
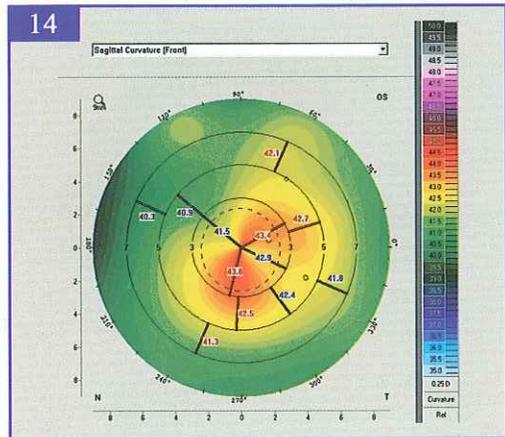
من المهم عند دراسة نمط التحبد القرني، أن ندرس الخارطة منفردة بشكلها المكبر مع إسقاط كل من الدوائر الترسيمية ومحوري التحبد عليها، لتسهيل علينا المقارنة بين الأرقام في العين ذاتها وبين العين ونظيرتها على الدوائر نفسها (12).



3. أنماط التحبد القرني:

هناك نماذج متعددة للتحبد القرني، منها ما هو مقبول، ومنها ما يُعد من مؤشرات الخطورة، أو من مشعرات القرنية المخروطية.

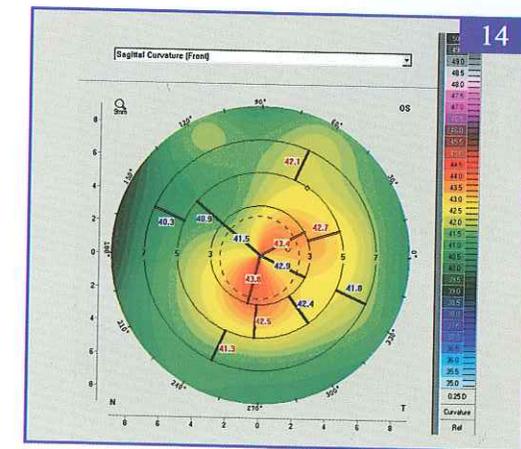
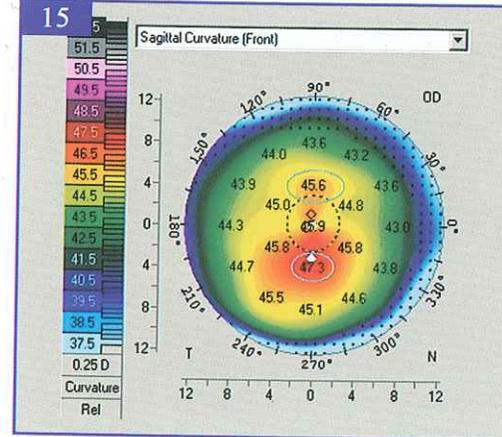
إذا ما من إنسان إلا لديه حرج بصر، وإن كان خفيفاً، والقاعدة: أن يكون المحور العمودي للقرنية أكثر تحبداً من المحور الأفقي، مما يعني حرجاً موافقاً للقاعدة، وهذا ما يظهر في الشكل (11)، حيث يظهر التناظر بين قطعتي التحبد (أ) و (ب) مع تساوي حجميهما، وهو النموذج السوي، ويُعرف أيضاً بنمط ربطة العنق المتناظرة (SB)، أنظر أيضاً إلى الشكل (13).



Topographic Shape Patterns which Characterize Irregularity (13):

- Pattern 1: Round.
- Pattern 2: Oval.
- Pattern 3: Superior Steep (SS).
- Pattern 4: Inferior Steep (IS).
- Pattern 5: Irregular.
- Pattern 6: Symmetric Bowtie (SB).
- Pattern 7: SB / SRAX: Angulation (skewing) between the axes of segment "b" and "a". In this case the corneal astigmatism is called "non-orthogonal astigmatism", or the "lazy 8" pattern. Angulation is considered significant when it exceeds 30' (see also fig.14).

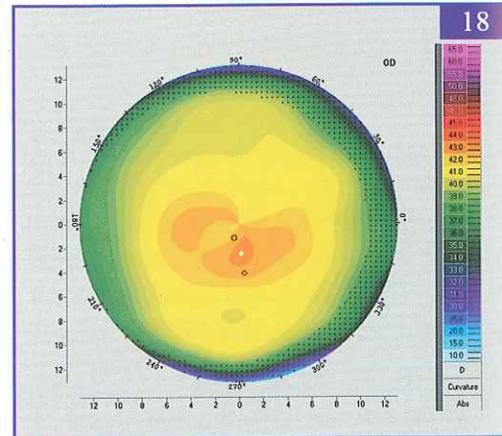
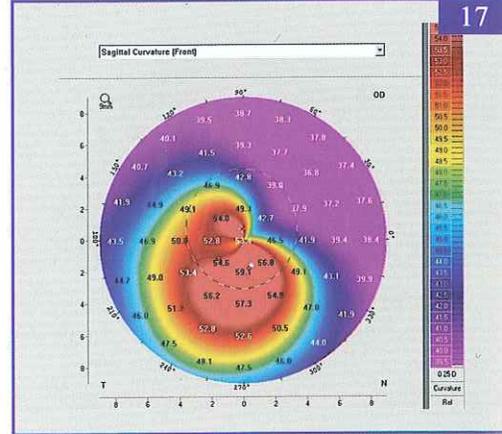
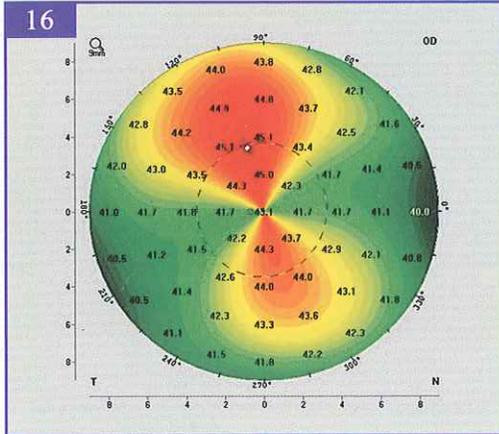
- Pattern 8: Asymmetric Bowtie (AB) / IS: Curvature of segment "a" is more than that of segment "b". If the difference is more than 1.5D on the 4mm circle, it is considered significant (see also fig.15).



- نموذج 8: ربطة العنق غير المتناظرة (AB/IS): تحذب القطعة (أ) أكبر من تحذب القطعة (ب). يُعدّ الفارق مهماً إذا كان أكثر من كسيرة ونصف على دائرة الـ 4 ملم (أنظر أيضاً إلى الشكل 15).

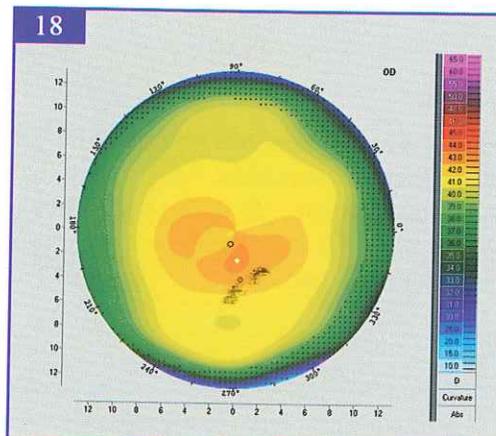
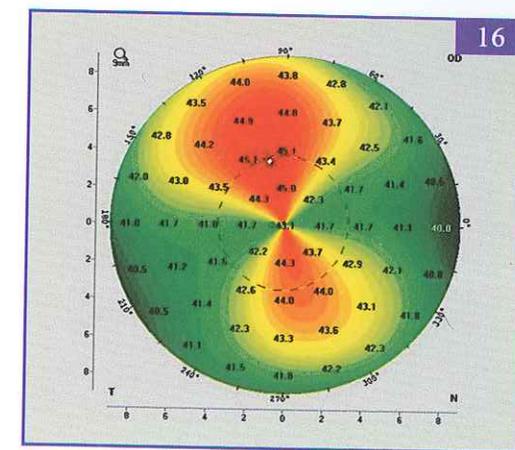
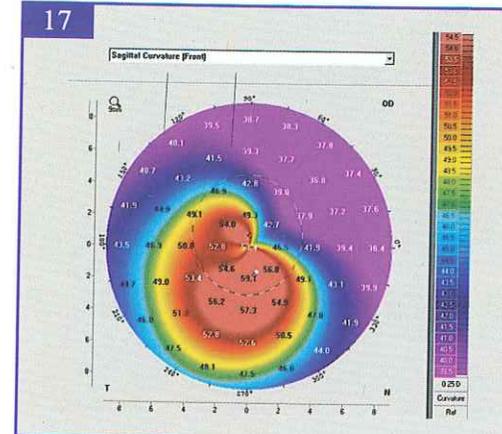
أنماط التحذب الطبوغرافية الواصفة لعدم الانتظام (13):

- نموذج 1: الدائري.
- نموذج 2: البيضواوي.
- نموذج 3: المحذب العلوي (SS).
- نموذج 4: المحذب السفلي (IS).
- نموذج 5: غير المنتظم.
- نموذج 6: ربطة العنق المتناظرة (SB).
- نموذج 7: (SB/SRAX): تزوي محور القطعة (ب) بالنسبة لمحور القطعة (أ) ويسمى حرج البصر القرني عندئذ "غير متناظر الأضلاع" أو ما يعرف بـ "رقم 8 الكسول". ويكون التزوي مهماً إذا تجاوز 30 درجة (أنظر أيضاً إلى الشكل 14).



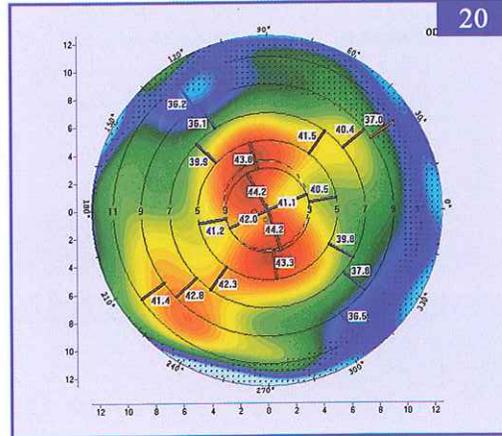
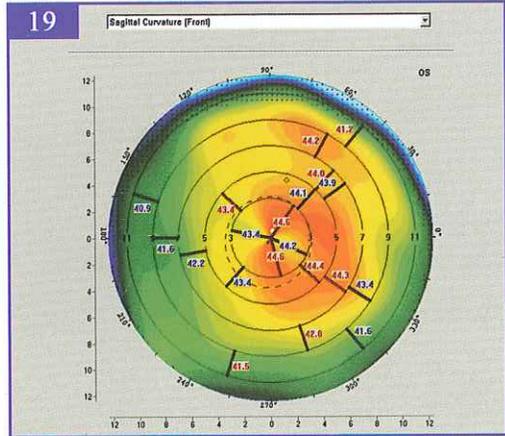
- Pattern 9: AB / SS: This pattern is the reverse of pattern 8. If the difference is more than 2.5D, precaution should be taken when taking the decision (see also fig.16).
- Pattern 10: AB / SRAX: Angulation is combined with asymmetrical curvature (see also fig.17).

- Pattern 11: Smiling Face: This is certainly risky because it often leads to post operative ectasia, and might be an indicator of keratoconus (18).



- نموذج 11: يسمى الوجه الضاحك، وهو مؤشر خطيرة تؤكد لحدوث التمدد بعد العملية، وقد يكون إحدى مشعرات القرنية المخروطية (18).

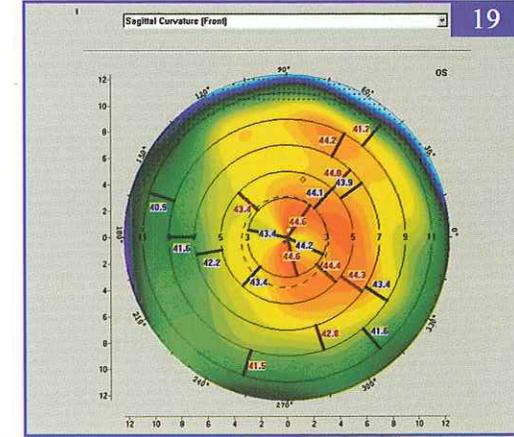
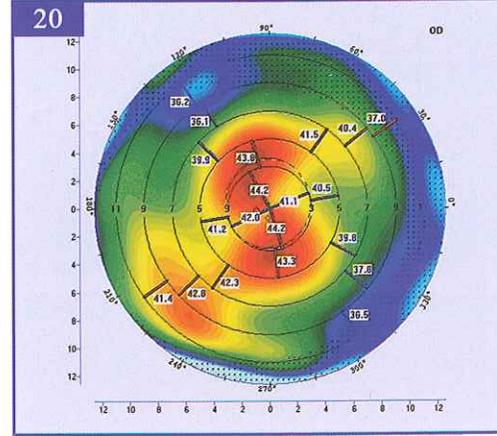
- نموذج 9: (AB/SS): وهو عكس النموذج 8، ينبغي التعامل بحذر مع هذا النموذج عند وضع قرار العملية إذا كان الفارق أكبر من كسيرتين ونصف (أنظر أيضاً إلى الشكل 16).
- نموذج 10: (AB/SRAX): يشترك التزوي مع عدم التناظر في التحذب (أنظر أيضاً إلى الشكل 17).



- Pattern 12: Junctional: It is a circular shape, where the two segments are connected laterally. It is a subject of suspicion (19).
 - Pattern 13: Vortex pattern: It is also known as the "Nazi Logo" (20). This is an indicator of corneal instability, and it may precede keratoconus, (notice the vortex distribution of the red and blue lines).
- P.S. The most concerning are steep K-readings, inferior-superior asymmetry and skewing of the steep axis.

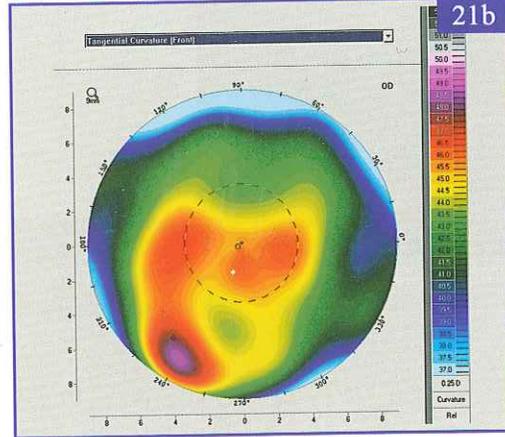
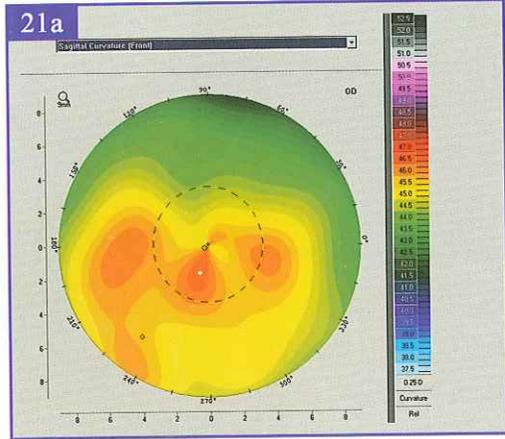
Important figures:

- Previously, it was recommended –when taking the decision – that any anterior K reading should not be more than 47D on the front sagittal curvature map. Recently, with the availability of thin flap technology, the power 49D became acceptable. More than 49D is risky regardless of the patient's refractive error.
- Corneal astigmatism on either surface should not be higher than 6D; otherwise it is a risk factor.
- Against the rule astigmatism is also considered suspicious.



- أرقام مهمة:
- كان ينصح في السابق - عند وضع قرار العملية - ألا تزيد القوة التحديبية السهمية للوجه الأمامي، في أية نقطة من القرنية عن 47 كسيرة تحديبية. حالياً، وتتوافر تقنية السدائل الرقيقة، أصبحت القوة 49 كسيرة مقبولة، وما زاد عنها يُعدُّ من مؤشرات الخطورة، بغض النظر عن سوء الانكسار الذي لدى المريض.
 - يجب ألا يزيد الحرج القرني على أيٍّ من الوجهين عن 6 كسيرات، وإلا فهناك مؤشر خطورة.
 - الحرج المخالف للقاعدة بحد ذاته مثير للشبهة.

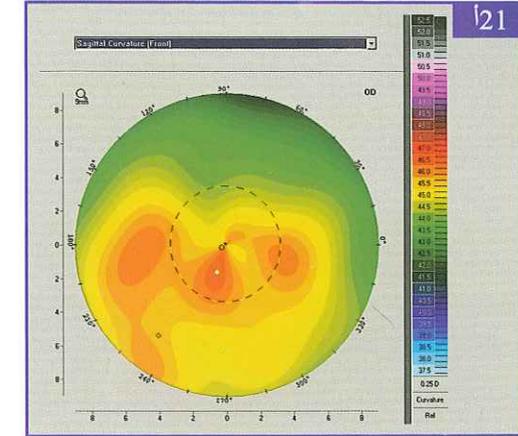
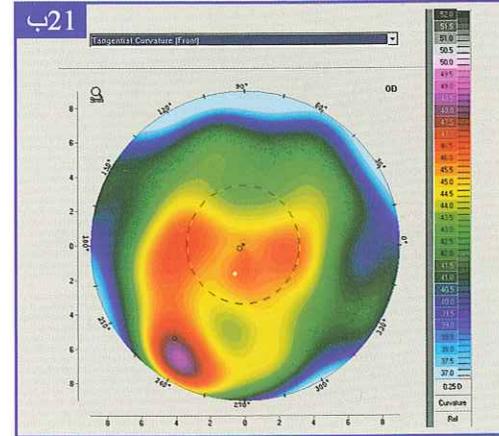
- نموذج 12: الشكل الوصلي: هو شكل دائري تتصل فيه القطعتان بشكل جانبي، وهو مثير للشبهة (19).
 - نموذج 13: الشكل الدوامي، ويسمى أيضاً "العلامة النازية" (20)، وهو من مؤشرات عدم استقرار القرنية أو بداية القرنية المخروطية، (لاحظ التوزيع الدوامي للخطوط الحمراء والزرقاء).
- ملاحظة: أهم ما يجب أن يثير الانتباه هو القراءات التحديبية الكبيرة، وعدم التناظر السفلي-العلوي، وتزوي المحور الأكثر تحديباً.



4. Clinical Differences between Sagittal and Tangential Curvature Maps:

1. The tangential map is more susceptible to local curvature changes, because it depends on circles. Therefore, it is more capable of revealing corneal irregularity. This will be clear if we compare figure (21a) and figure (21b), they are two maps of same cornea.
2. Each point on the tangential map is calculated independently, i.e. there is no reference axis. Therefore, it is, to some extent, less affected by misalignment during taking captures.
3. The tangential map is better for evaluating corneal periphery.
4. Despite all these advantages of the tangential map, the sagittal map is widely adopted.

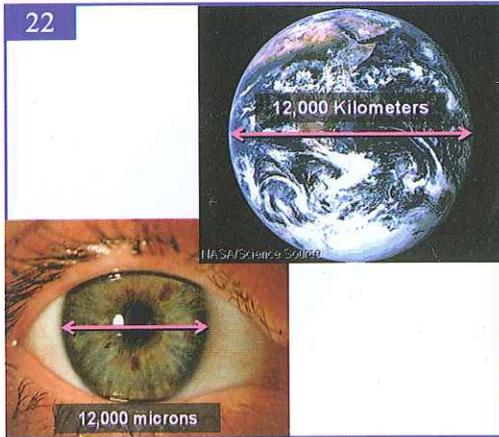
5. Both maps are affected by tear film disturbance and use of contact lenses as will be discussed in paragraphs "tear film disturbance" and "hot spot" respectively. Systems not using the Placido disk, like the Pentacam, are less affected by tear film disturbance and use of contact lenses.



4. الفروق السريرية بين الخارطة السهمية والخارطة التماسية:

5. كلا الخارطتين تتأثران باضطرابات فلم الدمع، واستخدام العدسات اللاصقة، كما سيأتي لاحقاً في فقرة "اضطرابات فلم الدمع" وفقرة "البقعة الحارة" على التوالي، علماً أن الأنظمة التي لا تعتمد على مبدأ قرص بلاسيدو مثل (البنتاكام) هي أقل تأثراً باضطرابات فلم الدمع واستخدام العدسات اللاصقة.

1. تُعدُّ الخارطة التماسية أكثر حساسية للتغيرات التحديدية الموضعية، بسبب أنها تعتمد على مبدأ الدوائر، ولذلك فهي أكثر قدرة على إظهار عدم الانتظام القرني، وهذا يتضح عند مقارنة الشكلين: (21 أ) و (21 ب)، وهما خارطتان لقرنية واحدة.
2. تحسب كل النقاط في الخارطة التماسية بشكل مستقل عن بعضها، أي: ليس هناك محور مرجعي، وبالتالي، فهي أقل تأثراً إلى حدٍّ ما بسوء التثبيت أثناء التقاط الصور.
3. الخارطة التماسية أفضل تقييماً لمحيط القرنية.
4. بالرغم من كل هذه المزايا للخارطة التماسية، فالمعتمد عالمياً هو: الخارطة السهمية.



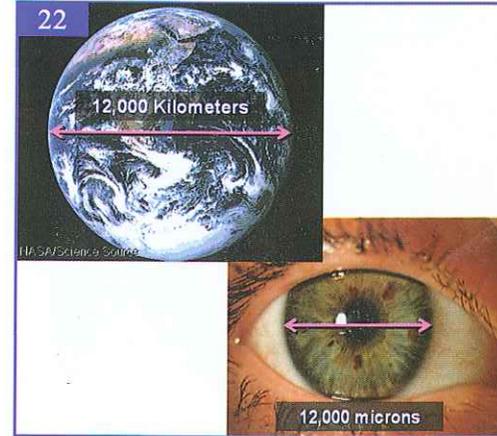
II. Elevation Maps:

Elevation maps are more accurate than curvature maps in evaluating both surfaces of the cornea. They are less affected by tear film disturbance and use of contact lenses; this will be described later in details in paragraphs "tear film disturbance" and "hot spot" respectively.

1. Principle:

The surface of the cornea is mostly similar to the surface of the globe, in terms of elevations and depressions (22). These elevations and depressions should be measured and expressed to have a realistic topography of the cornea.

The main difference between the globe and the cornea is that the former has a reference surface, namely the sea level, to which all elevations and depressions are related. Because the cornea has no similar natural reference surface, it is imperative to create an artificial one depending on the mean central radii of the examined surface.



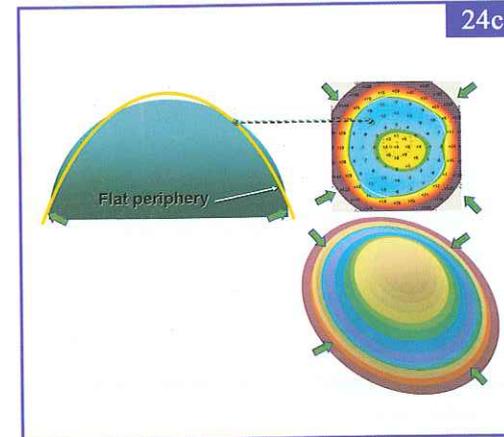
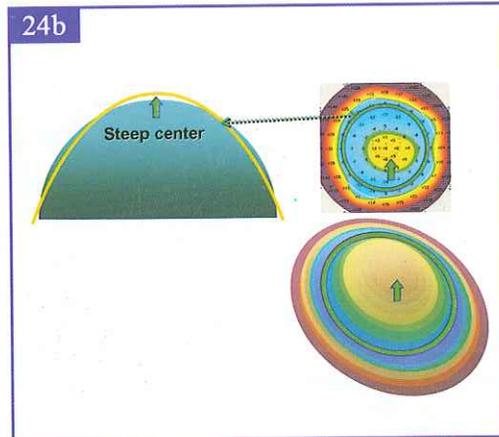
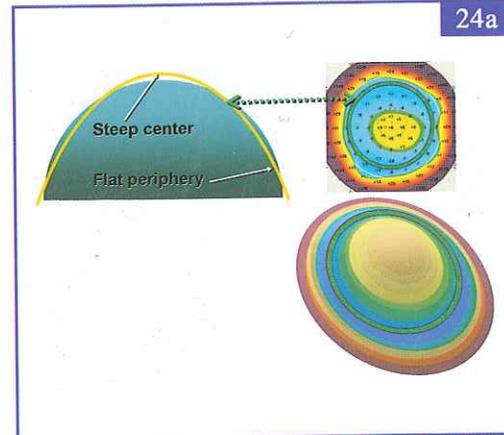
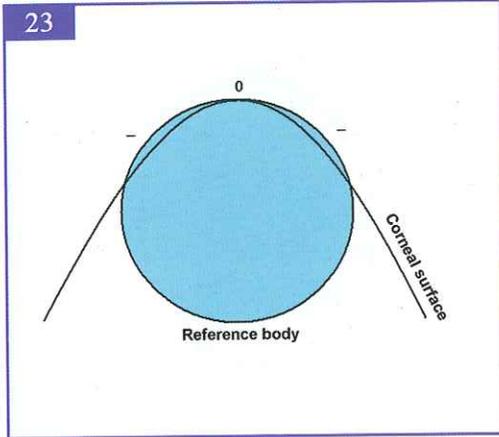
1. المبدأ:

يُعدُّ سطح القرنية شبيهاً بسطح الكرة الأرضية؛ من حيث وجود ارتفاعات وانخفاضات (22)، ولا بد من قياس هذه الارتفاعات والانخفاضات؛ من أجل الوصول لشكل يمثل هذه التضاريس، ويعطي صورة حقيقية للقرنية.

ويبقى الفارق بينهما، هو: أن الكرة الأرضية لها سطح مرجعي، وهو: سطح البحر، بحيث تنسب كل الارتفاعات والانخفاضات إليه؛ أما القرنية: فليس فيها سطح مرجعي طبيعي، فلا بد إذا من سطح صناعي يعتمد إلى حد ما على وسطي نصفي القطرين التحديبين لمركز السطح المدروس.

ثانياً. خرائط الارتفاعات:

تُعدُّ خرائط الارتفاعات أكثر دقة من الخرائط التحديبية في تقييم وجهي القرنية، فهي أقل تأثراً باضطرابات فلم الدمع، واستخدام العدسات اللاصقة، كما سيأتي لاحقاً في فقرة "اضطرابات فلم الدمع" وفقرة "البقعة الحارة" على التوالي بالتفصيل.



2. Reference body:

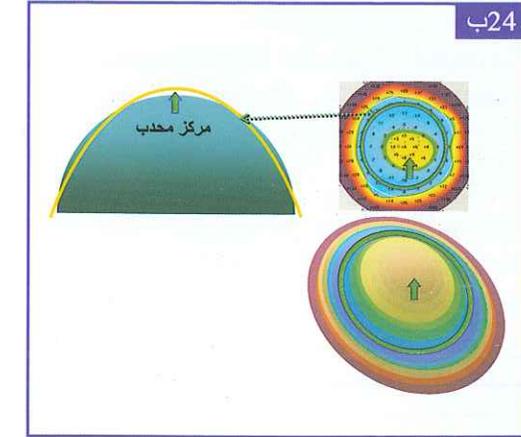
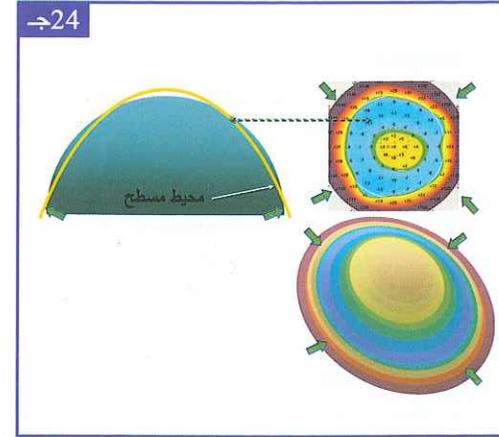
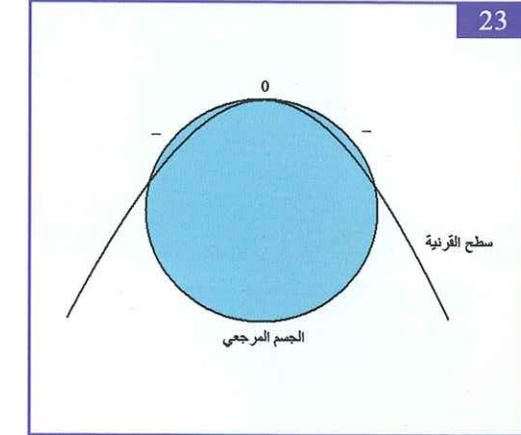
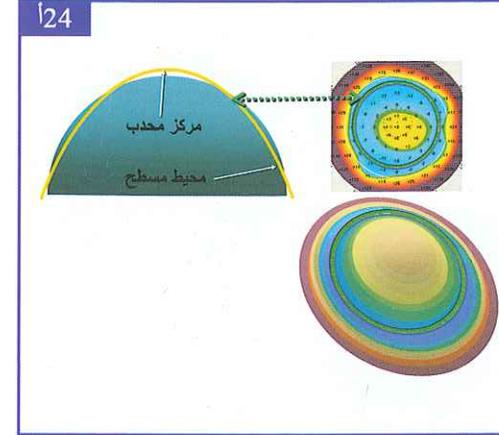
• Principle:

The computer of the camera proposes a reference body for each cornea being captured (23). The reference body of the front surface may differ from that of the back surface, although both are of the same cornea. The computer adjusts the reference surface with the measured surface.

The computer considers all points above the reference surface as elevations, being

displayed as positive values, and considers all points below the reference surface as depressions, being displayed as negative values, all values are in microns. The coincidence points between the reference surface and the measured surface are displayed as zeros. i.e. exactly like the sea level,

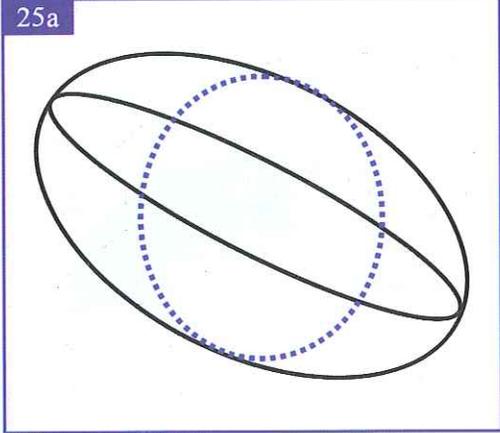
(see figures 24a, b and c).



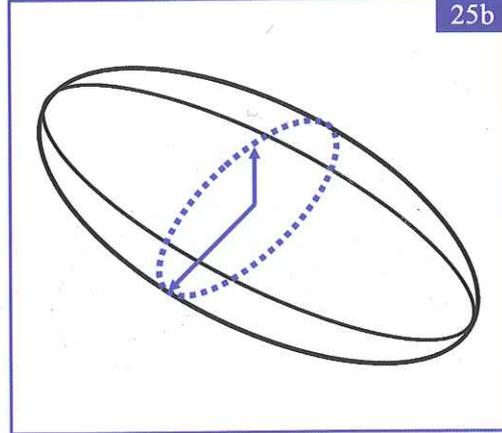
2. الجسم المرجعي: • المبدأ:

يقترح الحاسب الخاص بألة التصوير جسماً مرجعياً خاصاً بكل قرنية يصورها (23)، حتى إن الجسم المرجعي الخاص بالوجه الأمامي، قد يختلف عن ذلك الخاص بالوجه الخلفي للقرنية ذاتها. ثم يضبط الحاسب الجسم المرجعي مع الوجه المقيس، ويُعدُّ عندئذ نقاط القرنية التي أعلى السطح المرجعي ارتفاعاتٍ

معبراً عنها بقيم موجبة بالميكرونات، ويُعدُّ النقاط التي أسفل منه انخفاضاتٍ ويُعبّر عنها بقيم سالبة بالميكرونات. أما نقاط التماس بين السطح المرجعي وسطح القرنية المدروس، فيعدّها صفراً، أي: ما يشبه سطح البحر، وهذا ما يظهر في الأشكال (24 أ و ب و ج).



25b

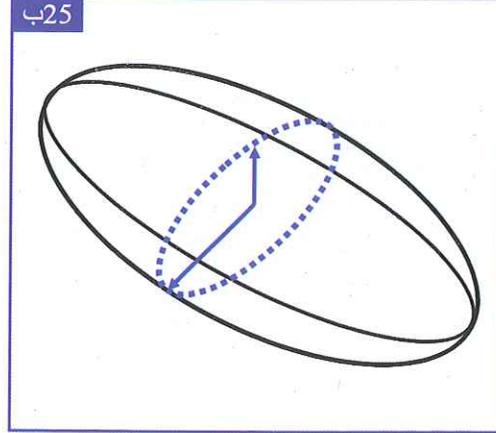


• Types:

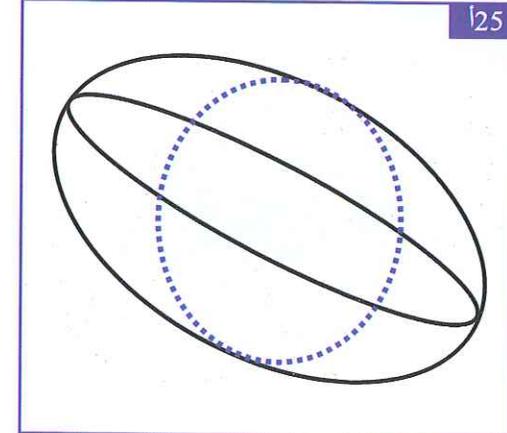
1. Ellipsoid body: It is an aspherical body which is rotationally symmetric according to two axes, major and minor. It has a coronal rounded cross section (25a). It helps highlighting the real shape of the cornea.
2. Toric Ellipsoid body: It is an aspherical shape which is rotationally symmetric according to two axes, major and minor. B:553t has a coronal elliptical cross section (25b), i.e. there are two perpendicular axes, one is steeper than the other. Its advantage consists in the very good approach to the real course of e.g. astigmatic corneal surface.

3. Spherical body: It is better than the previous bodies in highlighting corneal irregularities, because the normal cornea has a toric ellipsoid shape. It is well known that to recognize something, we should match it with other different things. So, if we want to show the details of an abnormal cornea, we should relate it to a spherical reference body. On the other hand, using this type of reference bodies, examination can be compared more easily with the one carried out by the use of other topographic systems. P.S. The computer adjusts the radius of the reference body automatically, but it can be adjusted and modified manually, the topography will differ accordingly.

25ب

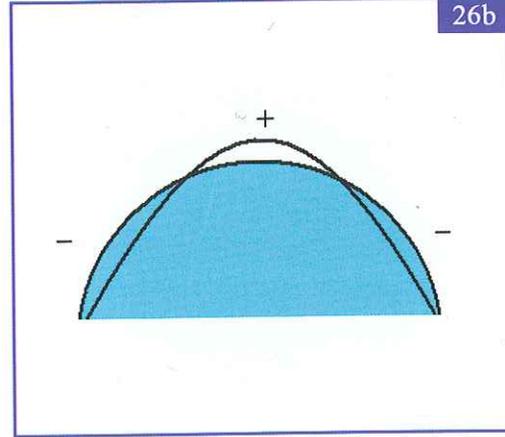
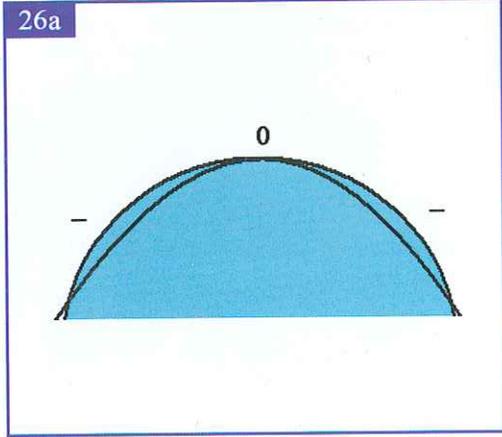


25



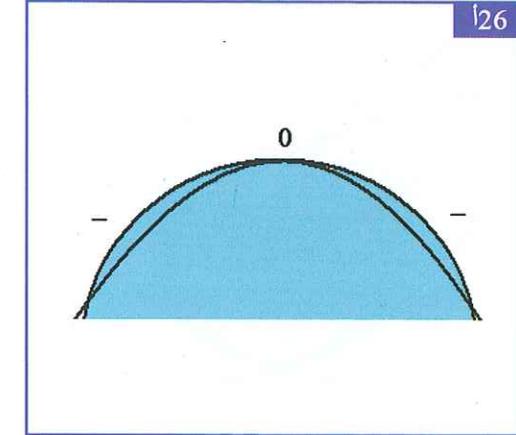
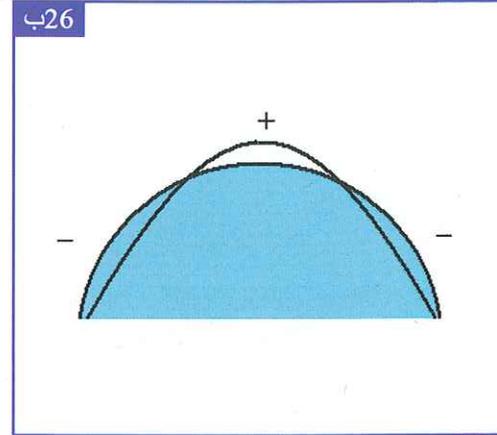
• الأنواع:

1. جسم القطع الناقص: هو شكل لا كروي متناظر دورانياً حول محورين: أصغري وأعظمي، وله مقطع تاجي دائري (25 أ). يفيد هذا النوع في إبراز الشكل الحقيقي للقرنية.
 2. جسم القطع الناقص الملتوي: هو شكل لا كروي كسابقه، إلا أن مقطعه التاجي غير دائري بل بشكل قطع ناقص (25 ب)، أي أن له محورين متعامدين: أحدهما أكثر تحديباً من الآخر. تظهر فائدة هذا النوع في المقاربة الجيدة جداً لسطح القرنية غير الأملس كما في حال وجود الحرج القرني.
 3. الجسم الكروي: هو أفضل من الشكلين السابقين في إبراز تفاصيل القرنية غير المنتظمة، والسبب في ذلك؛ هو: أن القرنية السوية تأخذ شكل مجسم القطع الناقص الملتوي، ومن المعلوم أننا إذا أردنا أن نميز شيئاً ما، فعلى أن نضعه بجوار أشياء لا تشابهه، وبالتالي، إذا أردنا إظهار تفاصيل القرنية غير السوية، فعلى أن ننسبها لجسم مرجعي كروي. ومن ناحية أخرى، يمكننا باستخدام هذا النوع، أن نقارن بسهولة بين الصور المجرأة بأنظمة طبوغرافية مختلفة للحالة ذاتها.
- ملاحظة: يضبط الحاسب نصف القطر التحديبي للأجسام المرجعية آلياً، لكن يمكننا أن نعدله يدوياً بحيث تتغير الصورة الطبوغرافية تبعاً لذلك.



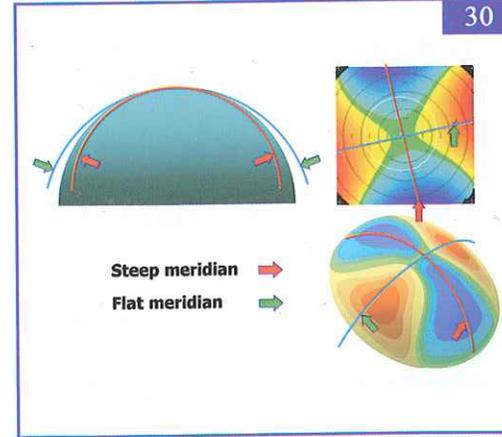
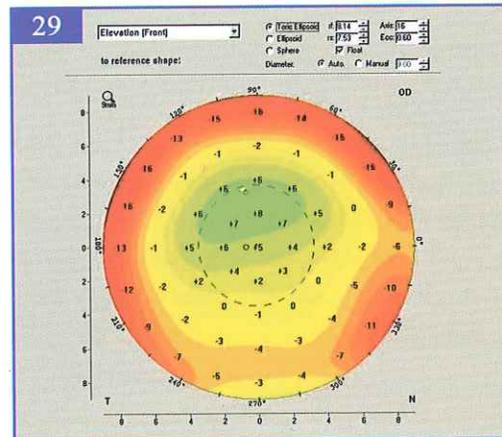
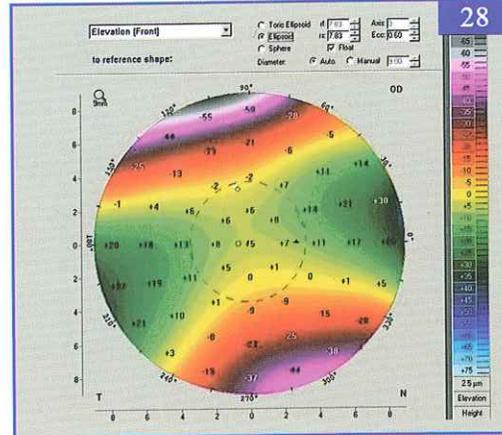
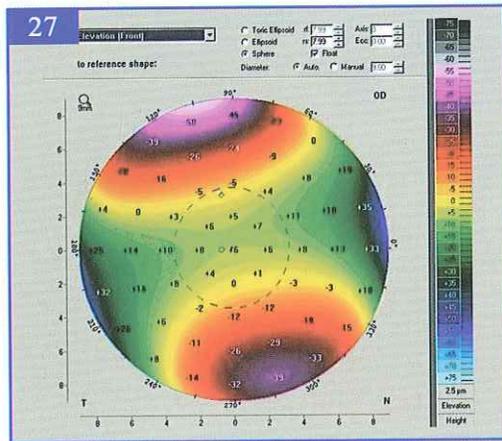
4. Float shape: The reference body can be adjusted with the examined surface of the cornea in various locations (26a and b). Accordingly, details of the central part might appear (or disappear). If the reference body is adjusted in contact with the apex of the cornea, it is called "no float shape" (26a). On the other hand, when the reference body is represented to be optimized with respect to the cornea, it is called "float shape", i.e. the distance between the two bodies should be equal in sum and minimum. The float shape is the most commonly used as a standard to compare examinations carried out by various topographic systems.

Unfortunately, very early stages of keratoconus are difficult to recognize on the float shape due to distance optimized adjustment. That is because when a reference body is adjusted in contact with the corneal apex, any bulge near the apex will be relatively visible, and vice versa, any small bulge might be lost among larger details when the reference body is adjusted away from the apex.



ولكن مع الأسف، من الصعب تمييز المراحل المبكرة جداً للقرنية المخروطية باستخدام الشكل الطافي. والسبب في ذلك؛ أن الجسم المرجعي عندما يكون بتماس مع قمة القرنية، فإن أي بروز مجاور لها سيظهر بشكل ارتفاع واضح نسبياً، بينما لو كان الجسم المرجعي بعيداً عن قمة القرنية، فإن البروز الصغير المجاور قد يضع بين التفاصيل الأكبر منه.

4. الشكل الطافي أو المصقول: يمكن أن يُضبط الجسم المرجعي في مواضع عدة بالنسبة لسطح القرنية المدروس (26 أ و ب). وبالتالي، قد تغيب تفاصيل القسم المركزي أو تظهر تبعاً لذلك. فعندما يُضبط الجسم المرجعي في تماس مع قمة القرنية، يسمى هذا الخيار: غير طاف (26 أ). أما عندما يُضبط الجسم المرجعي بشكل مثالي بالنسبة للقرنية، فيسمى: طافياً (26 ب)، وهو يعني أن مجموع الارتفاعات والانخفاضات حول الجسم المرجعي يكون متساوياً. يُعدّ الشكل الطافي أكثر الأشكال استعمالاً كشكل قياسي لمقارنة الصور الملتقطة بأجهزة مختلفة،



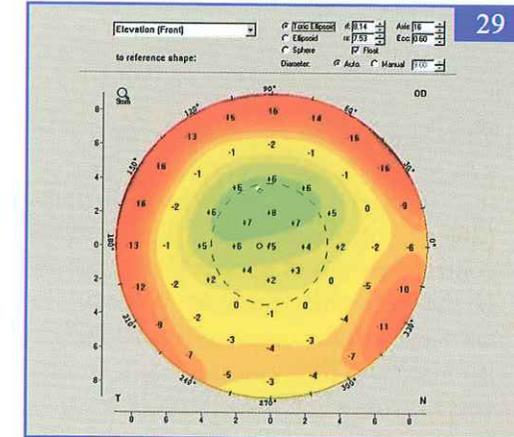
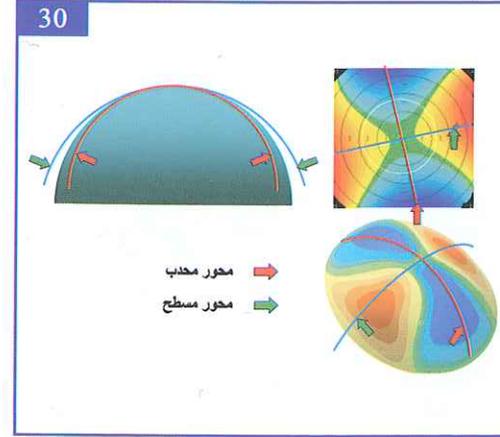
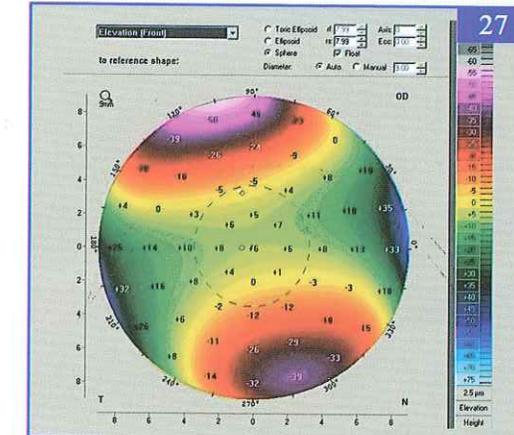
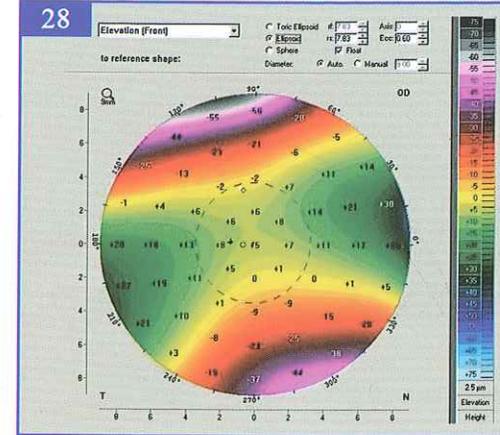
* Followings are various elevation maps of the same cornea:

Figure (27): Float sphere.

Figure (28): Float ellipsoid.

Figure (29): Float toric ellipsoid.

* Astigmatism: Figure (30) shows with-the-rule astigmatism. Note that the cornea has two axes one is steeper than the other. In with-the-rule astigmatism, the vertical axis is the steeper.



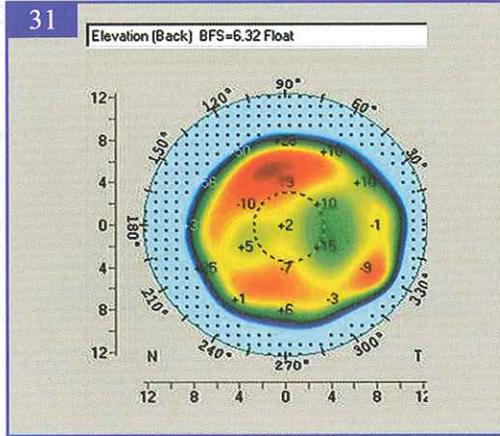
* حرج البصر: يظهر الشكل (30) حرج البصر الموافق للقاعدة. لاحظ أن القرنية لها محوران، أحدهما أكثر تحدباً من الآخر، وبالطبع، في الحرج الموافق للقاعدة يكون المحور الأكثر تحدباً هو العمودي.

* وفيما يلي أشكال متعددة لسطح قرنية واحدة:

الشكل (27): كروي طاف.

الشكل (28): ملتو طاف.

الشكل (29): ناقص ملتو طاف.



P.S. It is recommended to use the float toric ellipsoid body as a reference body in case of more than 3D of astigmatism in order to have a realistic display of corneal center. The reason is, in severe astigmatism, the difference between the two astigmatic axes is usually high in the center, which leads the computer to misinterpret it as a cone, which is not real.

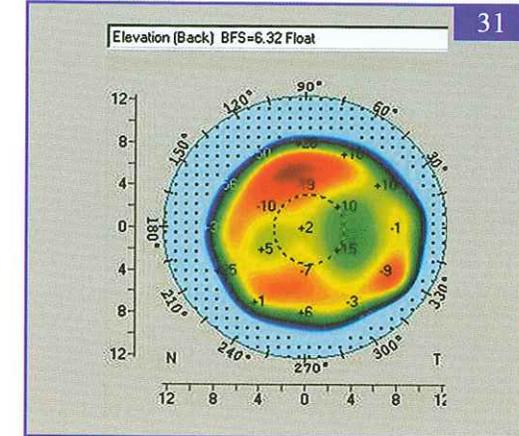
3. Clinical Interpretation:

The most commonly used reference body is the float sphere.

We look at the values within the central 4mm circle:

1. Normally, any elevation on the front surface should not exceed $+12\mu$, values between $+13\mu$ and $+15\mu$ are suspected, any value $> +15\mu$ is considered a risk factor.
2. Also, any elevation at the back surface should not exceed $+17\mu$, values between $+18\mu$ and $+20\mu$ are suspected, any value $> +20\mu$ is considered a risk factor.

3. The difference between the front and back surfaces should not exceed $+5\mu$ at the same point. For example: if the back is $+12\mu$ and the front is $+4\mu$ at the same point, it is a risk factor although both values are within the normal limits.
4. If there is any isolated island on either front or back surfaces, it would be suspected, even with values within the normal limits (31: note the isolated island with $+15\mu$ at its center).



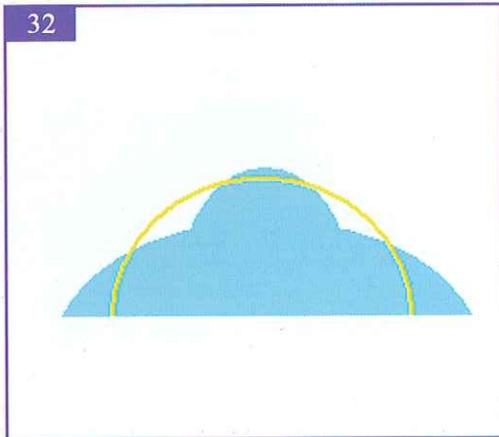
3. يجب ألا يتجاوز الفارق بين الوجه الخلفي والأمامي في أية نقطة $+5$. مثال: أن يكون الخلفي $+12$ والأمامي $+4$ ، فهو مؤشر خطورة بالرغم من كون القيمتين ضمن الحدود السوية.
4. في حال وجود أية جزيرة معزولة على الوجه الأمامي أو الخلفي، فالحالة مشبوهة، حتى وإن كانت الأرقام ضمن الحدود السوية (31: لاحظ الجزيرة التي يظهر الرقم $+15$ في مركزها تقريباً).

ملاحظة: يُنصح باستخدام الجسم المرجعي القطع الناقص الملتوي الطافي، في حالات حرج البصر التي تزيد على 3 كسيرات؛ وذلك من أجل الحصول على صورة واقعية للقسم المركزي من القرنية. والسبب في ذلك؛ هو: في حرج البصر كبير الدرجة، يكون الفارق بين محوري التحذب كبيراً في المركز، وهذا ما يفهمه حاسب آلة التصوير على أنه مخروط، لكنه في الواقع مخروط غير حقيقي.

3. الإسقاطات السريرية: المعتمد هنا عالمياً هو: الجسم المرجعي الكروي الطافي.

ننظر للأرقام الموجودة ضمن دائرة الـ 4 ملم المركزية:

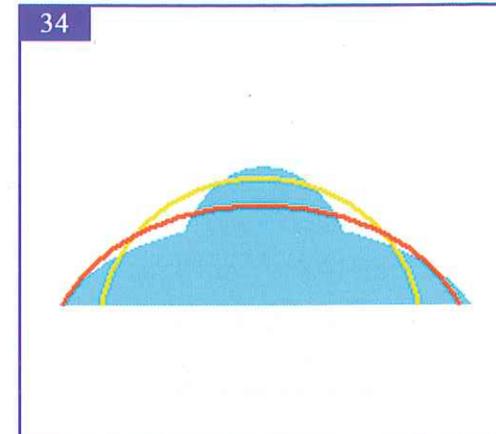
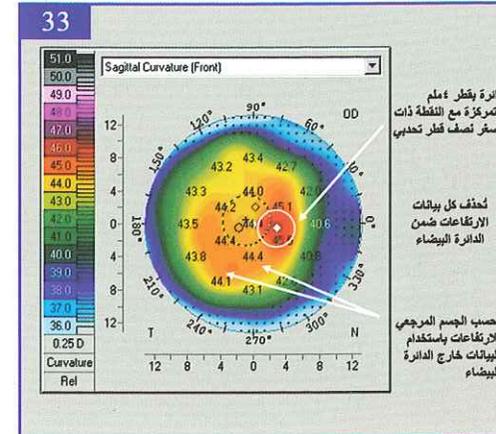
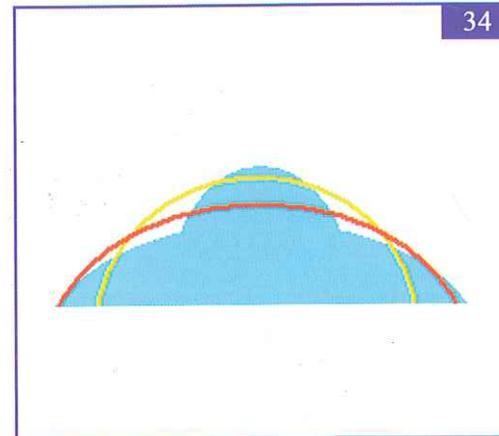
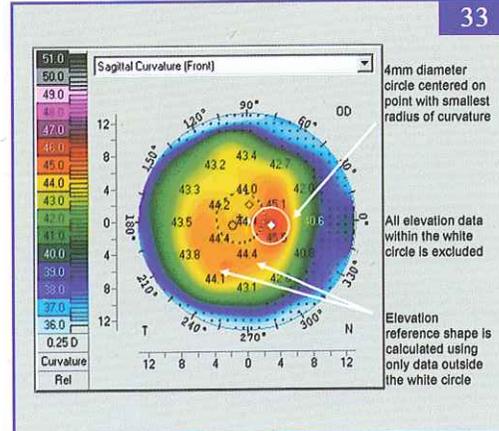
1. يجب ألا يزيد أي ارتفاع على السطح الأمامي عن $+12$ ، وإذا كان ما بين $+13$ و $+15$ فهو مشكوك فيه، وإن زاد عن $+15$ فهو مؤشر خطورة مهم.
2. يجب ألا يزيد أي ارتفاع على السطح الخلفي عن $+17$ ، وإذا كان ما بين $+18$ و $+20$ فهو مشكوك فيه، وإن زاد عن $+20$ فهو مؤشر خطورة مهم.



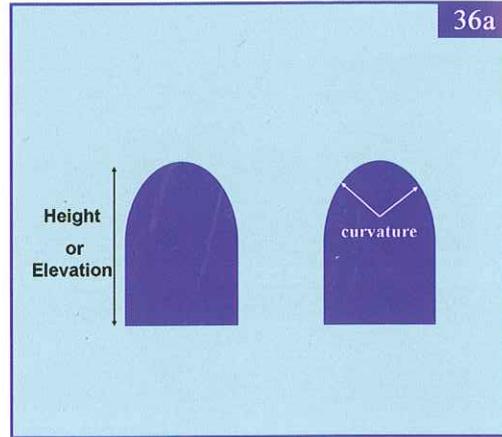
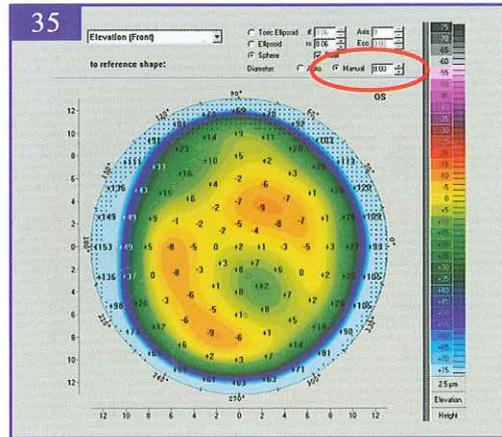
4. The Enhanced Spherical Reference Body:

This shape was devised to diagnose the very early stage of keratoconus. Figure (32) shows an illustration of a keratoconus.

The computer adjusts a spherical body (the yellow line) in a position that matches the total values of elevations and depressions in the examined surface, depending on the mean central radii as mentioned before. But, if we ask the computer to delete an area of 4mm diameter, where the center of this area is the center of the cone itself (33), the computer will adjust another spherical body (34: the red line).



4. الجسم المرجعي الكروي المحسن:
تم ابتكار هذا الشكل من أجل كشف الحالات المبكرة جداً من القرنية المخروطية. يُظهر الشكل (32) ترسيماً لقرنية مخروطية. يقوم الحاسب بضبط جسم كروي (الخط الأصفر) بطريقة تناسب مجموع الارتفاعات والانخفاضات في سطح القرنية المدروس، اعتماداً على وسطي نصفي القطرين التحديبين المركزيين كما ذكرنا سابقاً. لكننا لو طلبنا من الحاسب أن يحذف من ذاكرته دائرة قطرها 4 ملم ومركزها مركز المخروط (33)، عندئذ سيقوم بضبط جسم كروي آخر (34: الخط الأحمر).

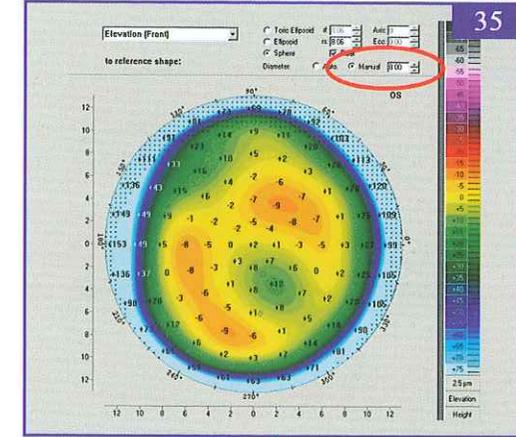
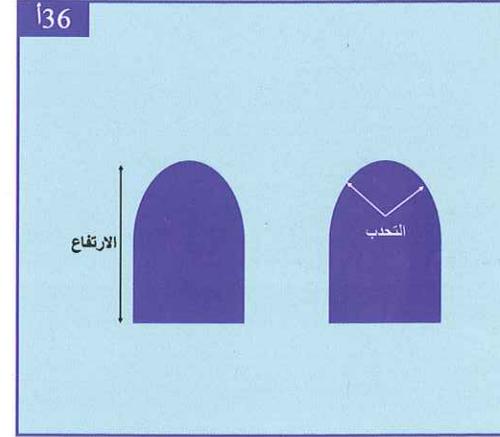


Note the appearance of the cone when elevations are related to the modified red body, instead of the yellow one. Obviously, the cone will be more clearly displayed. We can approach the same process manually by choosing the manual option and input an 8mm radius (35).

P.S. 1: The Pentacam system is useful in precise specification of the center of the cornea, whereas Placido system is more accurate in specifying corneal periphery.

P.S. 2: In case of corneal opacities, the slit light of the Pentacam can not penetrate through, leading to wrong resumed analysis of these areas as steep hot spots. This, of course leads to misdiagnosis and, therefore, wrong treatment. In such cases, Placido system is more accurate.

P.S. 3: To understand the difference between the elevation map and the curvature map, see figure (36a):

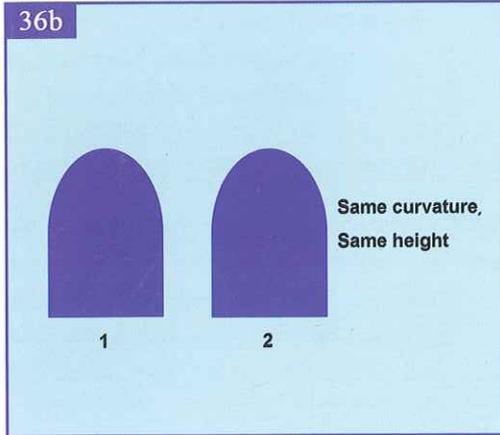


ملاحظة (2): عند وجود كثافات قرنية، لا يستطيع الشعاع الضوئي المستخدم في التصوير في نظام بنتاكام أن يخترق هذه الكثافات، فيتم تحليل البيانات في منطقة الكثافة - وبشكل خاطئ - على أنها مناطق عالية التحدب، مما يضلل في التشخيص، وفي العلاج. في هذه الحالة، يُعدّ نظام قرص بلاسيديو أكثر دقة.

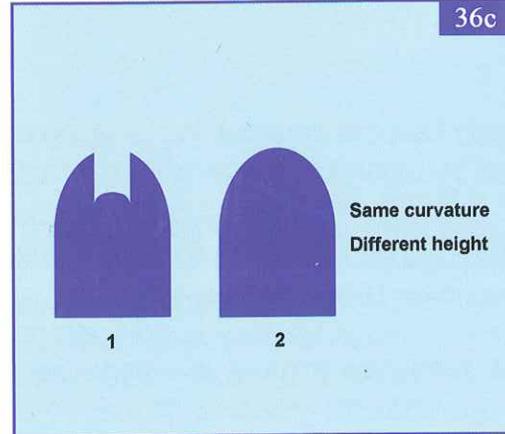
ملاحظة (3): لكي نفهم الفرق بين خارطة الارتفاعات وخارطة القوة التحديدية، ننظر إلى الشكل (36):

لاحظ كيف سيبدو المخروط عندما تُنسب الارتفاعات إلى الجسم المعدل الأحمر، بدلاً من الأصفر، وحتماً سيظهر المخروط بشكل أوضح. في الحقيقة، يمكننا إجراء ما سبق إلى حد ما بأن نختار النظام اليدوي ثم نضع القطر 8 ملم (35).

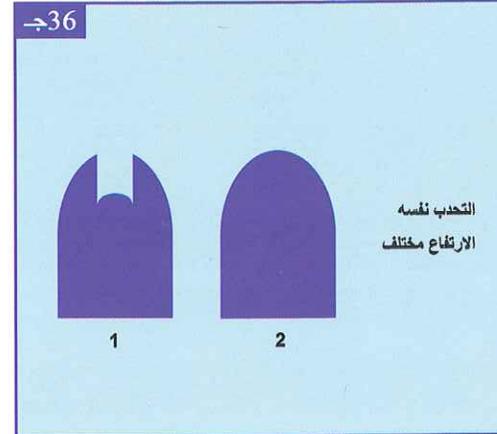
ملاحظة (1): يفيد نظام آلة التصوير بنتاكام في توصيف القسم المركزي للقرنية بشكل دقيق جداً، في حين يفيد نظام قرص بلاسيديو في توصيف القسم المحيطي للقرنية بشكل أدق.



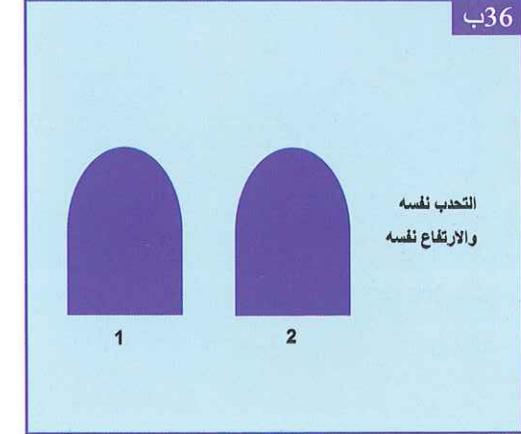
- Compare shape 1 with shape 2 in figure (36b), both shapes have same elevation and same curvature.



- Compare shape 1 with shape 2 in figure (36c), both have same curvature, but different elevations.



- قارن بين الصورتين 1 و 2 في الشكل (36 ب)، كلاتهما لها التحدب نفسه، لكن ليس لهما الارتفاع نفسه.



- قارن بين الصورتين 1 و 2 في الشكل (36 ب)، كلاتهما لها الارتفاع نفسه، والتحدب نفسه.

Corneal Thickness Map and Relative Thickness Map

I- Corneal Thickness Map:

1. Principle:

The computer measures the thickness of the cornea at all points depending on the elevation maps, because the difference between the front and back surface elevations indicates corneal thickness.

2. Clinical Interpretations:

This map is very necessary for:

- Diagnosing ectatic diseases of the cornea, such as keratoconus, pellucid marginal degeneration and iatrogenic ectasia.
- Confirming the diagnosis of diseases like Fuchs dystrophy and cornea guttata.
- Observing the progression of the previous diseases.
- Taking the right decision for refractive surgery whether by excimer laser, intracorneal rings or cross-linking.
- Deciding the exact amount of correction by lasik taking into consideration that there are certain standards to be followed:

The first standard: the remaining stromal bed thickness should not be less than 55% of the original corneal thickness at the thinnest location.

The second standard: The ablated amount should not exceed 18% of the original corneal thickness at the thinnest location.

Example 1: A patient with a 600μ thickness at the thinnest location.

The remaining bed thickness should not be less than $600 \times 55 = 330\mu$. This means: if we make a 100μ flap, the amount allowed to be ablated is $600 - 330 - 100 = 170\mu$. But, according to the second standard, this is not recommended. It is strongly recommended to ablate no more than $600 \times 18 = 108\mu$.

Example 2: A cornea with a thickness of 490μ at the thinnest location and the patient is myopic -8D. These -8 spherical diopters need $8 \times 14 = 112\mu$ to be ablated, that means we will exceed the allowed limit, which is about 88μ ($490 \times 18 = 88.2$).

The solution in this case is to reduce the diameter of the ablation zone from 6.5 mm to 6 mm in order to reduce the amount of ablation. But, this increases the possibility of night glare, particularly in light colored iris eyes, hence is the importance of the Q-value guided treatment. Q-value and its application will be discussed later in details in paragraph "corneal slope".

ثخانة القرنية والثخانة النسبية أولاً- خارطة ثخانة القرنية:

1. المبدأ:

يقوم الحاسب بقياس ثخانة القرنية في كل النقاط، اعتماداً على خرائط الارتفاعات، حيث إن الفارق بين ارتفاعات الوجهين الأمامي والخلفي للقرنية، يدل على الثخانة.

2. الإسقاطات السريرية:

تأتي أهمية الخارطة من كونها ضرورية:

• لكشف أمراض القرنية التمديدية: كالقرنية المخروطية، والتنكس الهامشي الشفاف، والتمدد المُحدث.

• لتأكيد تشخيص بعض أمراض القرنية، مثل: حثل فوكس، والقرنية المنقطة.

• لمراقبة تطور أي من الحالات السابقة.

• من أجل وضع القرار الأنسب للجراحة الانكسارية، سواءً بالإكزيمر ليزر، أو زرع الحلقات، أو تصليب القرنية.

• تحديد كمية التصحيح اللازمة عند وضع قرار الليزك، فهناك معايير يجب التقيد بها: المعيار الأول: يجب ألا تقل ثخانة السريبر المتبقي عن (55%) من ثخانة القرنية الأصلية في أرق نقطة.

المعيار الثاني: يجب ألا تزيد الكمية المكشوفة من ثخانة القرنية عن (18%) من ثخانة القرنية الأصلية في أرق نقطة.

مثال (1): مريض لديه قرنية ذات ثخانة 600 ميكرون في أرق نقطة، وبالتالي، يجب ألا تقل ثخانة السريبر المتبقي عن:

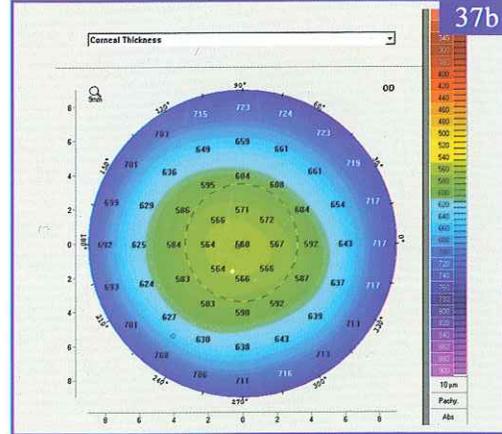
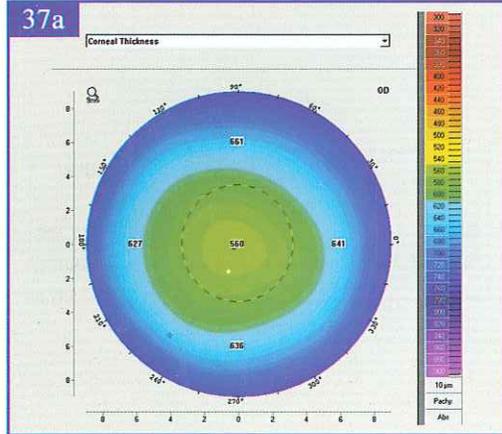
$600 \times 55 = 330$ ميكرون، وهذا يعني: أننا لو أجرينا سديلة ذات ثخانة 100 ميكرون، فإن الكمية المسموح بكشطها هي:

$600 - 330 - 100 = 170$ ميكرون فقط، لكن لا ينصح بهذا المقدار إذا أخذنا بعين الاعتبار المعيار الثاني، حيث تكون الكمية المسموح بكشطها هي:

$600 \times 18 = 108$ ميكرون.

مثال (2): قرنية ذات ثخانة 490 ميكرون في أرق نقطة لها، والمريض لديه - 8 كسيرات كروية، تحتاج هذه الكسيرات الثمانية لكشط $8 \times 14 = 112$ ميكرون، مما يعني: أننا تجاوزنا النسبة المسموح بها، وهي 88 ميكرون تقريباً ($490 \times 18 = 88.2$).

والحل في مثل هذه الحالات هو: تصغير قطر الساحة المعالجة من 6.5 ملم إلى 6 ملم لتقليل كمية الكشط، لكن هذا الأمر يزيد من خطر الزوغان الليلي، وخاصة في العيون ذات القرنية فاتحة اللون، ومن هنا جاءت أهمية نظام الكشط المُوجّه حسب قيمة لأكروية القرنية (Q-value)، وسيأتي الحديث عنها مفصلاً في فقرة "مُنحدر القرنية".

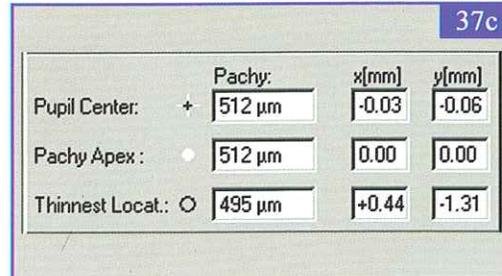


3. Main elements:

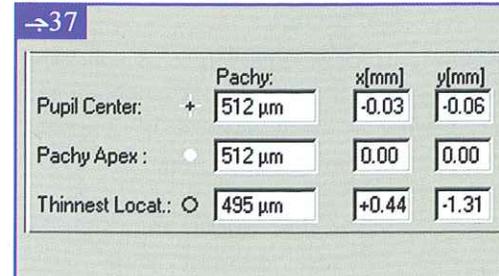
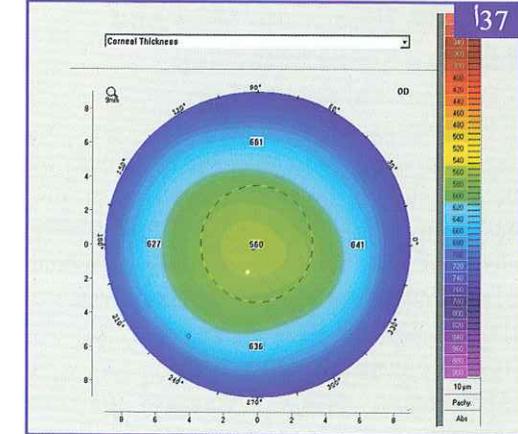
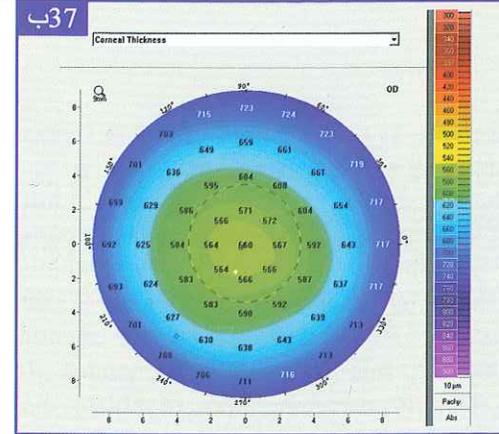
The computer displays the thickness map in two patterns: five main values, the central value and other four values around (37a), or distributed values all over the cornea (37b).

However, those are not the main elements of the corneal thickness map. The main elements are three locations that appear on the main page (37c): the thinnest location, the corneal apex and the pupil center.

Also, on the main page appears the coordinates of each location, where the corneal apex is the origin point (zero point). The direction of axis X is from the patient's right to his left, when the patient is seated opposite to the physician. The direction of axis Y is from the bottom up. Example: a point "e" in the left cornea is located at "+0.3,-0.5" position, i.e. this point is located 0.3 mm temporal to and 0.5 mm inferior to corneal apex. The relationship between



the coordinates of the three main elements is of great importance as will be discussed in the next paragraph.



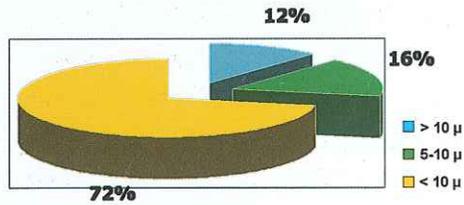
إن العلاقة الإحداثية بين العناصر الرئيسية الثلاث له أهمية سريرية بالغة، كما سيأتي.

3. العناصر الرئيسية:

يظهر الحاسب ثخانة القرنية على خارطة الثخانة نفسها بأحد شكلين: خمس نقاط رئيسية: المركزية وأربع حولها (37 أ)، أو بشكل يشمل كل القرنية (37 ب).

وليس هذا هو المقصود بالعناصر الرئيسية في خارطة ثخانة القرنية، بل المقصود ثلاث نقاط تظهر في الصفحة الرئيسية (37 ج)، وهي: أرق نقطة في القرنية، وقمة القرنية، ومركز الحدقة.

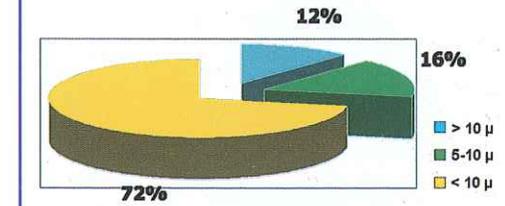
يُعدُّ الحاسبُ قمة القرنية مبدأً للإحداثيات الأفقية X والعمودية Y، ولذلك يظهر الرقم صفر في خانتي إحداثيات قمة القرنية. يتجه المحور X من يمين المريض إلى يساره عندما يكون المريض بوضعية الجلوس المقابلة للطبيب، ويتجه المحور Y من الأسفل باتجاه الأعلى. لذلك عندما نقول: إن هناك نقطة "هـ" ذات إحداثيات "-0.5، +0.3" في القرنية اليسرى، فهذا يعني أن هذه النقطة تتوضع 0.3 ملم وحشي قمة القرنية و0.5 ملم أسفل منها.



Clinical Interpretations:

- The relation between the apex of the cornea and the center of the pupil:
It is important for "decentration" or "offset pupil". This will be discussed in paragraph "decentration".
- The relation between the apex of the cornea and the thinnest location:
1. The relationship of thickness: Let us look at figure (37c). Compare the thickness at the apex with the thickness at the thinnest location. Statistically, 72% of normal population has a difference between the two locations of 0 to 5μ, 16% has a difference of 6μ to 10μ, and 12% has a difference of more than 10μ (38).

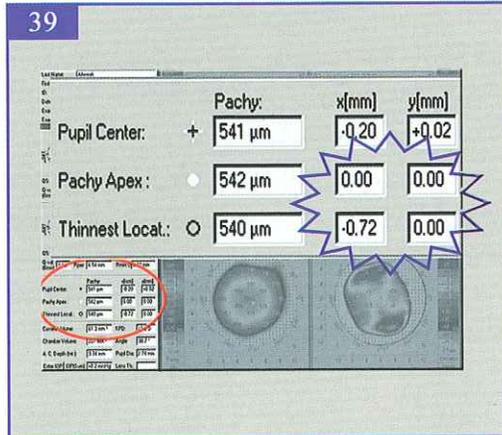
Therefore, when the difference is more than 10μ, which is rare in normal population, it is an indicator of possible iatrogenic corneal ectasia, or one of the early indicators of keratoconus, especially if this difference is increasing with follow up at one to two years intervals.



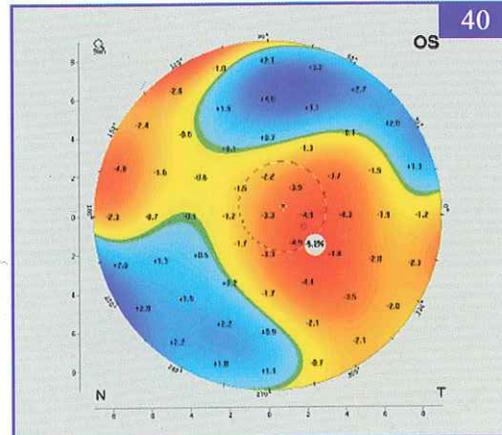
الإسقاطات السريرية:

- العلاقة بين قمة القرنية ومركز الحدقة:
تُفيد في عملية إزالة التمركز، وتُعرف أيضاً بإعادة التمركز، وسيأتي الحديث عنها في فقرة "إزالة التمركز".
- العلاقة بين قمة القرنية وأرق نقطة في القرنية:
1. العلاقة من حيث الثخانة: لننظر إلى الشكل (37 ج)، ونقارن بين ثخانة القرنية في قمة القرنية، و ثخانة القرنية في أرق نقطة. لوحظ إحصائياً عند 72% من السويين، أن الفارق بين السماكتين هو من 0 إلى 5 ميكرونات، وعند 16%، يكون الفارق ضمن 6 إلى 10 ميكرونات، وعند 12%، يكون الفارق أكثر من 10 ميكرونات (38).

مما يعني: أنه في حال كون الفارق أكثر من 10 ميكرونات، فهو أمر نادر عند السويين، وبالتالي هو مؤشر خطورة لحدوث تمدد للقرنية بعد الجراحة الانكسارية الليزرية، أو كإحدى المشعرات المبكرة للقرنية المخروطية، وخاصة إذا كان هذا الفارق بازدياد مع المتابعات المتكررة كل سنة إلى سنتين.



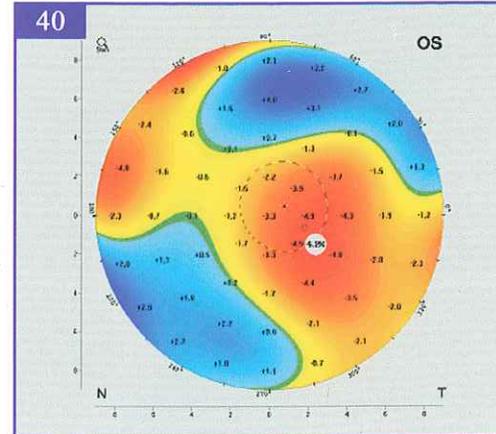
2. The relationship of coordinates (39): It is well known that the thinnest location - in keratoconus - is commonly displaced inferiorly or infero-temporally and occasionally infero-nasally. But in most cases it is more displaced inferiorly than nasally or temporally. So, we have to look at the value of Y axis to see the amount of inferior displacement (negative value). When the value exceeds -500μ , it is a risk factor, especially when the difference is increasing with follow up at one to two years intervals. When this value exceeds -1000μ , it is an important sign of an advanced keratoconus (see figure 37c).



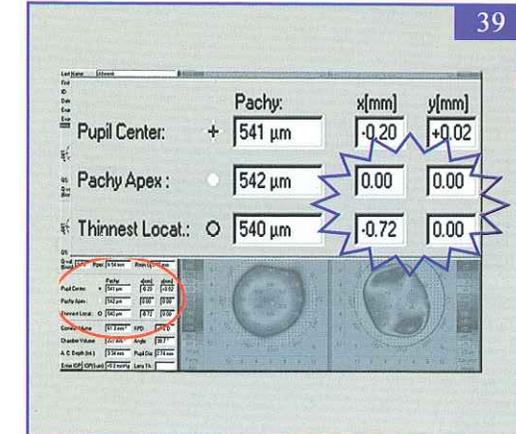
II- Relative Thickness Map:

This map is very new, and its interpretations are not completely studied yet.

Principle: The relative thickness map of a studied cornea is compared with the relative reference map (40).



ثانياً- خارطة الثخانة النسبية: هذه الخارطة حديثة جداً، ولا تزال الإسقاطات السريرية لها غير مدروسة بشكل واسع. مبدأ هذه الخارطة هو: أن تُنسب خارطة الثخانة النسبية للقرنية المدروسة إلى الخارطة النسبية المرجعية (40).

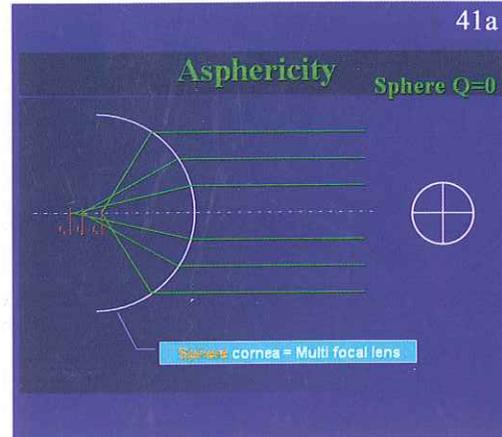


2. العلاقة من حيث الإحداثيات (39): من المعلوم أن أرق نقطة في القرنية، تنزاح في حال القرنية المخروطية باتجاه الأسفل، أو للأسفل والصدغي، أو وبشكل أقل شيوعاً للأسفل والأنفي، وفي معظم الحالات، يكون انزياحها للأسفل أشد من انزياحها للصدغي أو الأنفي؛ وبالتالي، ننظر للمحور العمودي Y ونرى مقدار الانزياح للأسفل (تكون القيمة سالبة عندما يكون الانزياح للأسفل). إن من مؤشرات الخطورة أن يكون الانزياح أكثر من -500 ميكرون، وخاصة إذا كان بازدياد مع المتابعات المتكررة كل سنة إلى سنتين. أما إذا كان الانزياح أكثر من -1000 ميكرون، فهو إحدى المشعرات المهمة في القرنية المخروطية المتقدمة (راجع الشكل 37 ج).

What is the relative reference map? The relative reference map considers the thinnest point in the normal cornea as a reference point (zero thickness) to which other points of the cornea are related, so the difference of thickness between the zero point (thinnest location) and other points is measured and displayed. For example: +7 and +9 points, i.e. these two points are thicker than the zero point by 7μ and 9μ respectively. A standard value study was carried out on untreated corneas to adopt the normal average values as a standard reference map. So, when the computer matches the relative map of an abnormal cornea with the standard reference map, the abnormal locations can be immediately noticed, especially when the cornea is keratoconic (40).

Corneal Slope –Topometry

It was mentioned in a previous paragraph that the cornea has an aspherical shape (see figure 1 and 2) to focus the refracted rays in almost one point. Otherwise, spherical aberrations occur. Hence is the theory of the aspherical cornea. To properly express the asphericity of the cornea, Q-value was proposed.

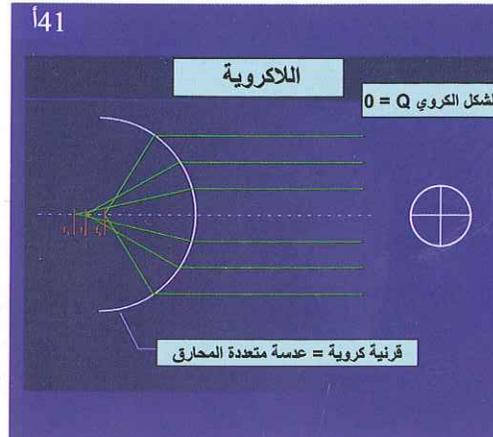


Asphericity:

Basics:

Figure (41a) is an illustration of a spherical cornea with parallel incident light rays. Notice that the curvature radii are equal at all points. As a result, all curvature readings are also equal.

The incident light rays on corneal periphery are more refracted than the axial and paraxial rays, because the angle of incidence (and consequently the angle of refraction) at the periphery is larger than that around the center. As a result, the peripheral rays are refracted more than the axial and para-axial rays, despite the same refractive power of all points in the spherical cornea! Consequently, the refracted rays are unfocused, leading to what is known as "spherical aberration".



اللاكروية:

أساسيات:

يُظهر الشكل (41 أ) ترسيماً لمسار الأشعة الضوئية المتوازية الواردة إلى القرنية ذات الشكل الكروي. لاحظ كيف أن نصف القطر التحديبي متساو في كل النقاط، وكذلك تكون القراءات التحديبية، لكن يُلاحظ: أن الأشعة الضوئية الواردة على محيط القرنية، تعاني من انكسار أشد من ذلك الذي تعانيه الأشعة المحورية وقرب المحورية، لأن زاوية الورود في المحيط أكبر من زاوية الورود في المركز، وبالتالي ستكون زاوية الانكسار في المحيط أكبر منها في المركز، وهذا ما يجعل الأشعة المحيطة أكثر انكساراً من المركزية، بالرغم من كون القوة الكاسرة للقرنية الكروية واحدة في كل النقاط! هذا الأمر سيحدث تشتتاً للأشعة الضوئية المنكسرة بسبب عدم تمركزها في نقطة واحدة، وهذا ما يؤدي لما يعرف "بالزوغان الكروي".

لكن ما هي الخارطة النسبية المرجعية؟ تُعدّ الخارطة النسبية المرجعية أرقّ نقطة في القرنية السوية نقطة مرجعية ذات ثخانة قيمتها صفر، ثم تنسب بقية النقاط إليها، بحيث يظهر في الخارطة مقدار الفارق في الثخانة بين النقطة صفر (أرق نقطة) وبقية النقاط، كأن نجد +7 و +9 مثلاً، مما يعني: أن النقطتين أثن من النقطة صفر (أرق نقطة) بـ 7 ميكرونات و 9 ميكرونات على الترتيب. تُرست شريحة واسعة من القرنيات السوية غير المعالجة، وأخذ المتوسط مرجعاً قياسيًّا. وبالتالي: عندما يُنسب الحساب الخارطة النسبية لقرنية غير سوية إلى الخارطة النسبية المرجعية، تظهر مباشرة المناطق غير السوية، وخاصة عندما تكون القرنية مخروطية (40).

مُنحدر القرنية

ذكرنا في فقرة سابقة: أن شكل القرنية لا كروي (راجع الشكلين 1 و 2)؛ وذلك من أجل أن يكون التقاء الأشعة المنكسرة عبر القرنية في بؤرة واحدة، وخلاف ذلك سيكون مسؤولاً عن الزوغان الكروي، ومن هنا نشأت نظرية لاكروية القرنية. ولكي نتمكن من التعبير عن لاكروية القرنية، تم ابتكار قيمة سُميت: "Q-value"، أي: قيمة Q.

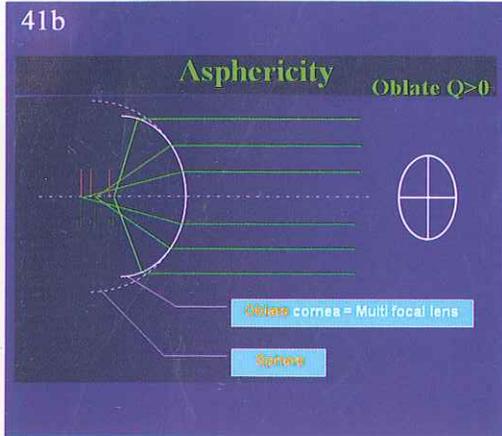


Figure (41b) is an illustration of an oblate cornea. This shape is an ellipse which is rotationally symmetric around its minor axis. The radius of curvature becomes smaller towards the periphery, and consequently the refractive power increases. This problem affiliates the problem of large angle of incidence (and therefore the refractive angle) at the periphery to induce stronger spherical aberrations.

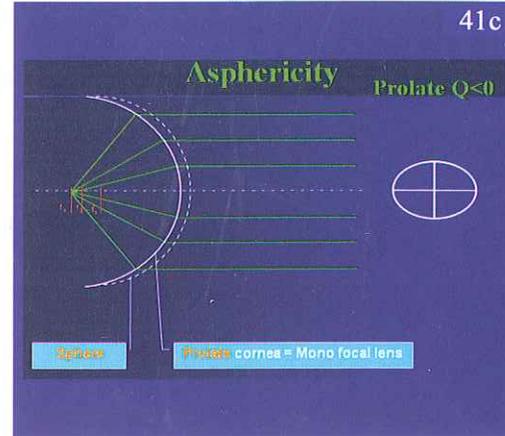
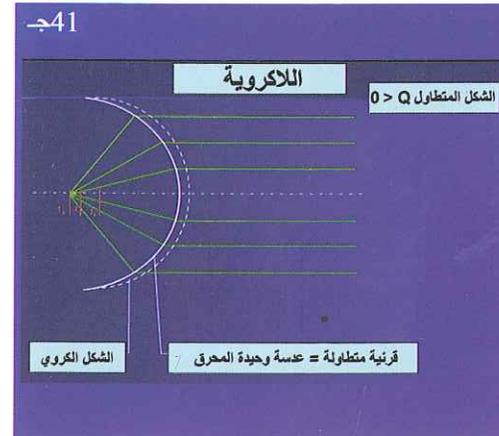
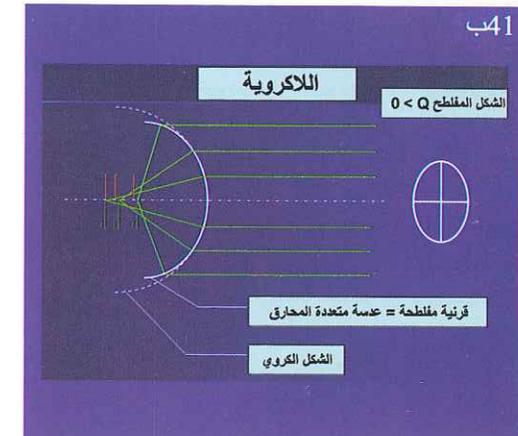


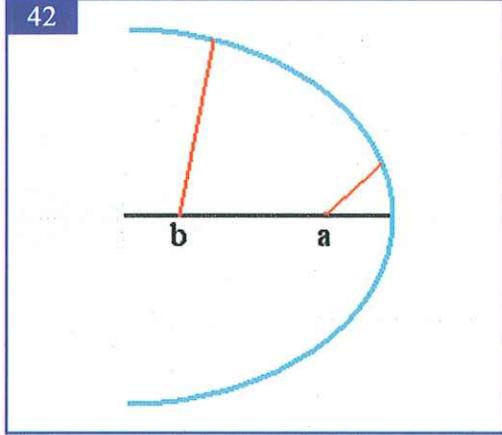
Figure (41c) shows a prolate cornea. This shape is an ellipse which is rotationally symmetric around its major axis. In this shape, the radius of curvature increases towards the periphery, so the refractive power at the periphery is less than that at the center, which compensates for the larger angle of refraction at the periphery, leading the rays to be focused with the least amount of dispersion, i.e. minimum tolerable spherical aberration.



يُظهر الشكل (41 ج) قرنية بالشكل المتطول، وهو الشكل البيضاوي المتناظر حول محوره الأعظمي. يتزايد نصف قطر التحذب كلما اتجهنا نحو المحيط وبالتالي تنقص القوة الكاسرة في المحيط عنها في المركز، مما يعدل من الفارق بين زاويتي الانكسار المحيطة والمركزية، وبالتالي يحدث تمحرق واحد لكل هذه الأشعة بأقل تشتت ممكن، أي: بأقل زوغان كروي يمكن تحمّله.



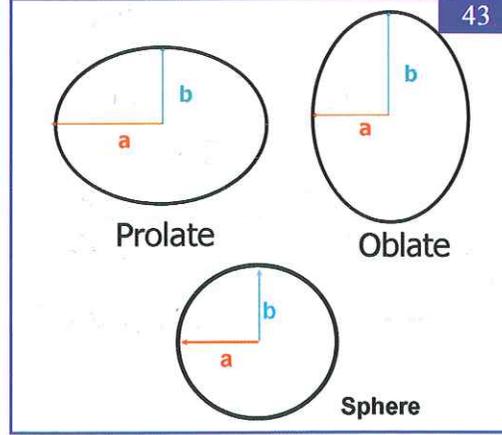
يُظهر الشكل (41 ب) قرنية بالشكل المفلطح، وهو الشكل البيضاوي المتناظر حول محوره الأصغري. يتناقص نصف قطر التحذب كلما اتجهنا نحو المحيط وبالتالي تزداد القوة الكاسرة. تتضافر هذه المشكلة مع مشكلة زاوية الورود الكبيرة في المحيط (وبالتالي زاوية الانكسار) مما يفاقم من شدة الزوغان الكروي.



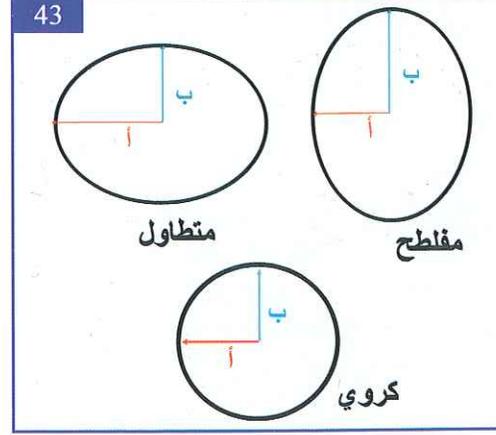
Measurement of Asphericity:

Either of the oblate or prolate shapes is an aspherical shape, but the expression "asphericity" should be given a concept and a value.

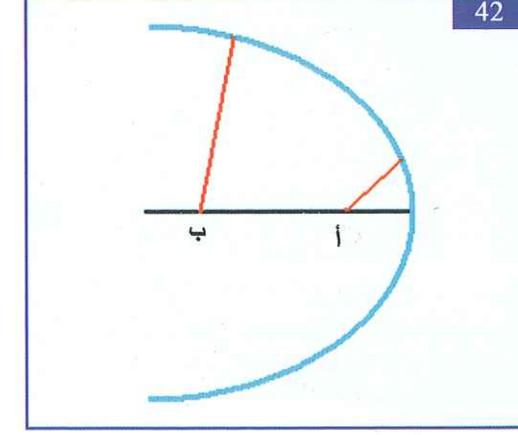
If we look at figure (42), we find that there is a difference between the center of curvature of the steepest point of the cornea "a", and the center of curvature of the flattest point "b". The straight line "ab" represents what is known as "eccentricity" of the cornea.



To measure this eccentricity (43), we assume that segment (a) is the rotational radius of the central part of the cornea, and segment (b) is the rotational radius of the peripheral part of the cornea. By applying certain mathematical equations, the eccentricity value can be calculated, and therefore the Q value.

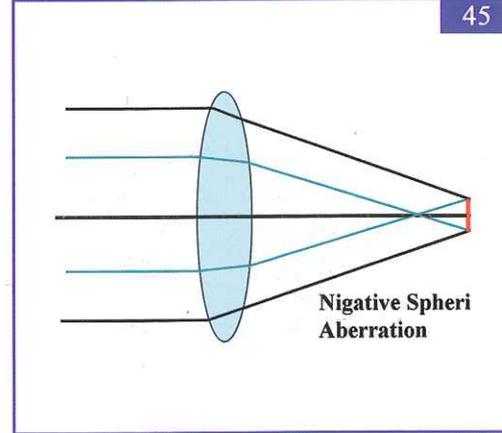
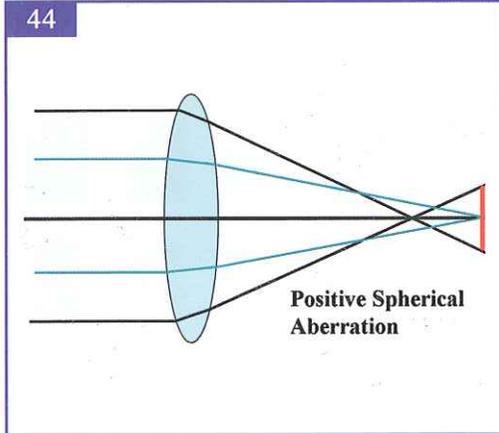


ولكي يتم قياس هذه اللامركزية (43)، عُدّت القطعة المستقيمة "أ" هي: نصف القطر الدوراني للقسم المركزي للقرنية، والقطعة المستقيمة "ب" هي: نصف القطر الدوراني للقسم المحيطي للقرنية. وبتطبيق مجموعة من المعادلات الرياضية لسنا بصدها الآن، يتم حساب قيمة اللامركزية ومن ثم قيمة Q.



طريقة قياس اللاكروية:

إن كلاً من الشكل المفلطح والمتطاوّل هو شكل لا كروي، ولكن يجب أن نعطي اللاكروية مفهوماً وقيمة. لو نظرنا إلى الشكل (42)، نجد: أن هناك فرقاً بين المركز التحديبي لأكثر النقاط تحدباً في القرنية "أ"، والمركز التحديبي لأقل النقاط تحدباً "ب"؛ إن القطعة المستقيمة "أب" تمثل ما يسمى "اللامركزية" في القرنية.

**Q values:**

See figure (43).

$Q = 0$ when the cornea is spherical, where $b = a$.

Q value is negative when the cornea is prolate, where $b > a$.

Q value is positive when the cornea is oblate, where $b < a$.

Normal cornea is prolate, i.e. it takes a negative value.

Standard Q -value study was carried out, the results were as follows:

$Q = -2$ in advanced keratoconus or after correction of +5 hyperopia.

$Q = -1$ in moderate keratoconus or after correction of +2 hyperopia.

$Q = -0.52$, no spherical aberration is found.

$Q = -0.26$ to -0.35 in most normal corneas with the least tolerated spherical aberrations.

$Q = 0$, the cornea is spherical with spherical aberrations.

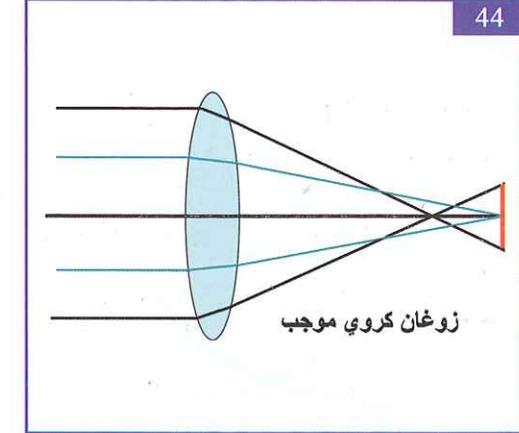
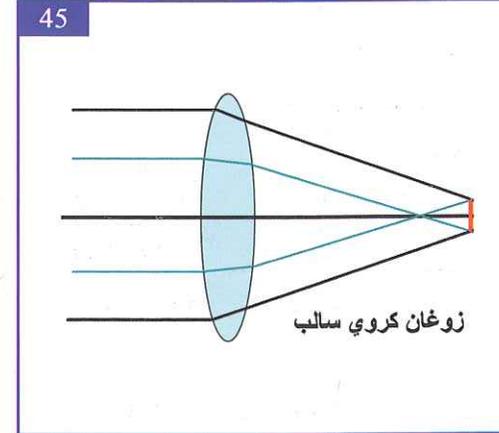
$Q = +1$ after 8 RK cuts or after correcting -5 myopia.

$Q = +2$ after making 16 RK cuts or correcting -12 myopia.

From a clinical point of view, Q -value is considered normal when it falls between -0.25 and -1.

Spherical aberrations resulting from abnormal Q value:

See figures (44 and 45).

**قيم Q:**

لننظر إلى الشكل (43):

قيمة Q تساوي الصفر عندما تكون القرنية كروية، حيث إن: $a = b$.

تكون قيمة Q سالبة عندما تأخذ القرنية الشكل المتطاوّل، حيث إن: $a < b$.

تكون قيمة Q موجبة عندما تأخذ القرنية الشكل المفلطح، حيث إن: $a > b$.

تأخذ القرنية السوية الشكل المتطاوّل، أي تكون قيمة Q سالبة.

أجريت دراسة إحصائية لتحديد قيم Q القياسية، وتبين ما يلي:

$Q = -2$ في حالة القرنية المخروطية المتقدمة، أو بعد تصحيح +5 كسيرة مد.

$Q = -1$ في حالة القرنية المخروطية المعتدلة، أو بعد تصحيح +2 كسيرة مد.

$Q = -0.52$ ، في هذه الحالة لا يوجد

زوغان كروي.

$Q = -0.26$ إلى -0.35 عندما تكون القرنية سوية، مع أقل زوغان كروي يمكن تحمله.

$Q = 0$ عندما تكون القرنية كروية. يوجد زوغان كروي بالطبع.

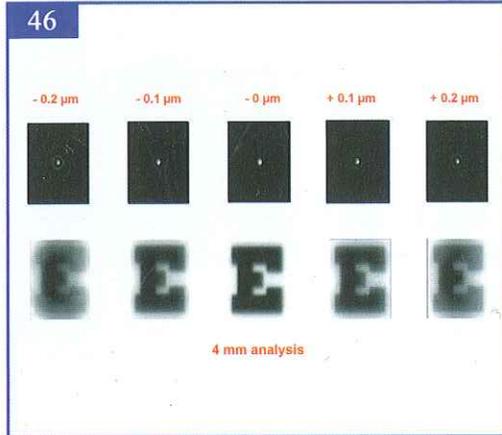
$Q = +1$ بعد إجراء 8 شقوق بتشطيب قرنية، أو بعد تصحيح -5 كسيرة حسر.

$Q = +2$ بعد إجراء 16 شق بتشطيب قرنية، أو بعد تصحيح -12 كسيرة حسر.

تعدّ قيمة Q مقبولة طالما هي ضمن المجال $[0, -1]$.

الزوغان الكروي الناتجة عن قيمة Q غير السوية:

لننظر أولاً إلى الشكلين (44 و45):



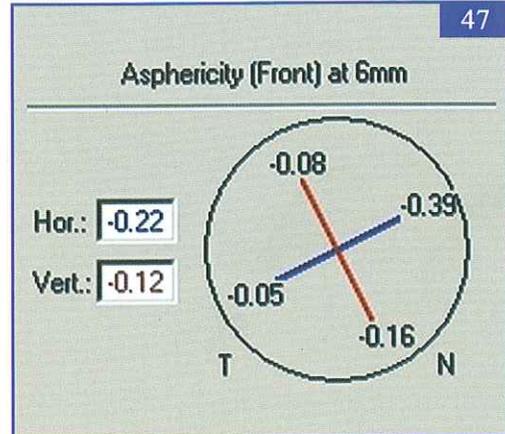
When the cornea is extremely prolate ($Q < -1$) the peripheral rays will be focused behind the central rays, leaving an amount of aberration on the retinal surface (ab) measured in microns and named "negative spherical aberration".

When the cornea is oblate, peripheral rays will be focused in front of the central rays, leaving an amount of aberration on the retinal surface (ab) measured in microns and named "positive spherical aberration".

Figure (46) illustrates how a patient suffering from these different spherical aberrations sees.

Slope or Topometric Map:

Figure (47) illustrates Q-value in four sectors of the cornea: nasal, temporal, upper and lower sectors. It also shows the average vertical and horizontal values.

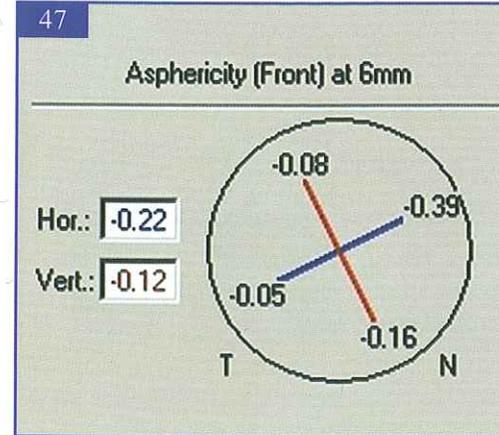


48

Asphericity (Front) of Major Meridians

	Degree peripheral					Front
	20°	25°	30°	35°	40°	
Max (Q-val)	-0.69	-0.62	-0.62	-0.60		Alpher
Temp (Q-val)	1.02	0.23	0.23	0.55	-0.67	Sag curvature
Inf (Q-val)	2.24	1.45	0.81	0.18		Back:
Sup (Q-val)	-0.90	-1.13	-1.18	-1.10		Alpher
Mean Value (Q-val)	0.17	-0.02	-0.31	-0.54	-0.67	Sag curvature

Figure (48) shows Q-values in the four sectors of the cornea within circles centered on the apex of the cornea with 6, 7, 8, and 9mm diameters (or in angles of 20°, 25°, 30° and 35° respectively).



48

Asphericity (Front) of Major Meridians

	Degree peripheral					Front
	20°	25°	30°	35°	40°	
Max (Q-val)	-0.69	-0.62	-0.62	-0.60		Alpher
Temp (Q-val)	1.02	0.23	0.23	0.55	-0.67	Sag curvature
Inf (Q-val)	2.24	1.45	0.81	0.18		Back:
Sup (Q-val)	-0.90	-1.13	-1.18	-1.10		Alpher
Mean Value (Q-val)	0.17	-0.02	-0.31	-0.54	-0.67	Sag curvature

كما يُظهر الشكل (48) قيم Q في كل قطاعات القرنية، أي ضمن دوائر متمركزة مع قمة القرنية، بقطر: 6 و 7 و 8 و 9 ملم، أو بزوايا: 20° و 25° و 30° و 35° على الترتيب.



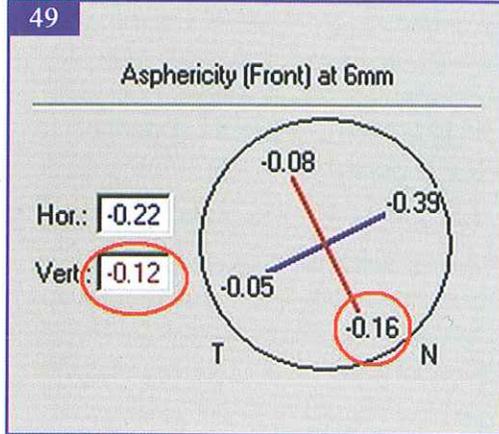
عندما تأخذ القرنية الشكل المتطاوّل المفرط، أي $Q > 1$ ، ستلتقي الأشعة المحيطية خلف الأشعة المركزية، تاركة مقداراً من التشويش (أب) على سطح الشبكية يقاس بالميكرونات، ويسمى "الزوغان الكروي السالب".

وعندما تأخذ القرنية الشكل المقطّح، ستلتقي الأشعة المحيطية أمام الأشعة المركزية، تاركة مقداراً من التشويش (أب) على سطح الشبكية يقاس بالميكرونات، ويسمى "الزوغان الكروي الموجب".

يوضح الشكل (46) كيف يرى المريض المصاب بهذه الأشكال المختلفة من الزوغان الكروي.

الخارطة الانحدارية :

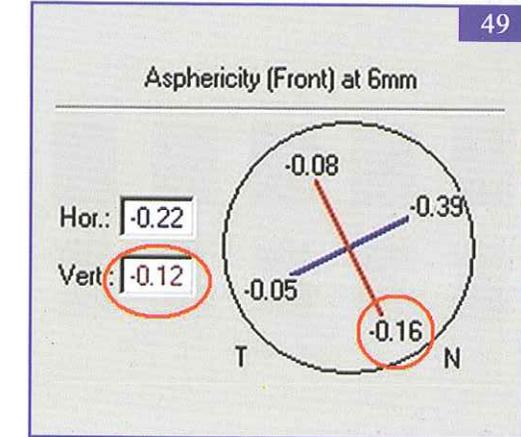
يُظهر الشكل (47) قيمة Q في أربع قطاعات من القرنية: الأنفي والصدغي والعلوي والسفلي. كما يُظهر القيمة المتوسطة بالاتجاهين: الأفقي والعمودي.



Clinical interpretations:

1. Treatment decision: The most important values are the vertical in general and the inferior in particular, as in figure (49). That is because in case of iatrogenic ectasia or keratoconus, both components of ectasia (thinning and displacement) usually proceed vertically and inferiorly in particular. The normal value is < -0.5 (as an absolute value). It is border line when it falls between -0.5 and -0.55 . If the value is > -0.55 (in absolute value), we should hesitate a lot before conventional lasik intervention.

The most important sector is the 6 mm or 20° sector for two reasons: First, it is the most optically important sector. Second, in case of hyperopic correction, laser will be applied at the 6.5 or 7mm circles, which means that Q-values will not be real at these circles, and the 6 mm circle will be most credible for comparing the results and follow up.



الإسقاطات السريية:

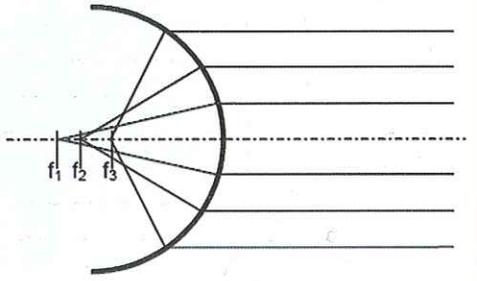
1. قرار العلاج: إن أكثر القيم أهمية هي قيمة الاتجاه العمودي عموماً والسفلي خصوصاً (49). والسبب في ذلك هو: أنه في حالة تمدد القرنية المُحدث، وفي حالة القرنية المخروطية، يكون التمدد بعنصريه، الترقق والانزياح، على حساب الاتجاه العمودي وبالأخص باتجاه الأسفل. يجب أن تكون القيمة السوية أقل من -0.5 بالقيمة المطلقة. عندما تكون القيمة ما بين -0.5 و -0.55 ، فهي على الحدود المقبولة، وإذا كانت أكبر من -0.55 ، فهي مؤشر ينبغي أن يجعلنا نتردد كثيراً قبل أن نجري تصحيح سوء الانكسار بالجراحة الليزرية التقليدية.

كما أن أكثر القطاعات أهمية، هو: قطاع القطر 6 ملم أو 20° لسببين: الأول: أنه القطاع المهم بصرياً، والثاني: أنه في حال التصحيح المدي، سيطبق الليزر على الدائرة ذات القطر 6.5 أو 7 ملم، مما يعني أنه بعد التصحيح المدي لن تكون قيم Q ضمن هاتين الدائرتين حقيقيّة، وتبقى الدائرة 6 ملم ذات مصداقية أكبر لمقارنة النتائج ومتابعة المريض المعالج.

2. Expecting results and reducing spherical aberrations: When treating myopia, the central part of the cornea is flattened. Therefore, there will be a shift towards oblate shape, i.e. Q-value will become more positive. This is important when more than -6D of myopia should be corrected, or when Q-value is originally positive, this will result in positive spherical aberration. On the other hand, when treating hyperopia, the central part of the cornea is steeped, which means that the cornea will be shifted towards prolate shape, i.e. Q-value will become more negative. This is very important when more than +4D of hyperopia should be corrected or the Q-value is originally negative. This leads to post operative negative spherical aberration. This effect might be severe enough to mimic a keratoconus case. When treating astigmatism, Q-value should be taken into account in two cases: first, when astigmatism is more than 2D, second, when there is a difference in Q-value between the vertical and horizontal directions of more than 0.3. All what have been mentioned obliges us to think of treating the patient with non conventional treatment, we should use the Q-value guided treatment, where target Q can be adjusted (preferably -0.35).

3. Treating iatrogenic spherical aberrations in pretreated patients: previously, before the importance of Q-value has been established, high degrees of refractive errors (>-6D and >+4D) were treated by the standard treatment, leading to disturbed Q-value, and consequently to spherical aberrations. Re-treatment by the Q-value guided system can treat such aberrations by adjusting the target Q-value to be -0.35.
4. Reducing high order aberrations: In many cases, refractive errors are accompanied with high order aberrations, such as coma or high order astigmatic aberrations (also known as multifocal). Choosing 7mm as a diameter of the ablation zone and adjusting the target Q-value will decrease the mentioned aberrations and push them to the periphery away from the visual zone.
5. Reducing the amount of ablated tissue: When using the Q-value guided treatment, we can adjust the diameter of the treatment zone by 0.1mm increments instead of 0.5mm. As an example, we can reduce the treatment zone diameter from 6.5mm to 6.3mm to leave more residual stromal bed when corneal thickness is not enough to treat all the decided diopters. In this case, the treated zone is still more than 6 mm and therefore the quality of vision is not affected. We should be careful in lighted color iris, where the treated zone should be more than 6.5mm in diameter.

2. توقع النتائج والتخفيف من الزوغانيات الكروية: عند معالجة الحسر، سيتم تسطیح القسم المركزي للقرنية، مما يعني: أن مُنحدر القرنية سيتحول من متطاول إلى مفلطح، أي: ستصبح قيمة Q أكثر إيجابية؛ وهذا من الأهمية بمكان عندما تكون كمية التصحيح أكثر من -6 كسيرة حسر، أو قيمة Q بالأصل موجبة، حيث يسبب هذا زوغاناً كروياً من النوع الموجب بعد العملية، وبالمقابل عندما نعالج المد، سيتم تحديب القسم المركزي للقرنية، مما يعني: أن مُنحدر القرنية سيتحول من مفلطح إلى متطاول، أي: ستصبح قيمة Q أكثر سلبية؛ وهذا له أهمية بالغة عندما تكون كمية التصحيح أكثر من +4 كسيرة مد، أو قيمة Q بالأصل سالبة، حيث يسبب هذا زوغاناً كروياً من النوع السالب بعد العملية، وقد يكون هذا شديداً بحيث قد يحاكي حالة القرنية المخروطية. أما عند معالجة الحرج، فإننا يجب أن نأخذ قيمة Q بالحسبان في حالتين: الأولى: إذا كان الحرج أكثر من كسيرتين، والثانية: إذا كان هناك فرق في قيمة Q بين الاتجاهين العمودي والأفقي أكثر من 0.3. إن كل ما سبق يجب أن يدعونا للتفكير بمعالجة المريض بالطريقة غير التقليدية، بل باستخدام النظام المعتمد على قيمة Q، حيث يتم ضبط قيمة Q الهدف، والتي يُفضل أن تكون حوالي -0.35.
3. علاج الزوغانيات الكروية المُحدثة عند مرضى معالجين سابقاً: في السابق - وقبل أن نكتشف أهمية قيمة Q - كانت تُعالج الدرجات الكبيرة (أكثر من -6 كسيرة حسر وأكثر من +4 كسيرة مد) بالطريقة التقليدية، مما كان يسبب اضطراباً في قيمة Q وبالتالي زوغانيات كروية. في هذه الحالات، أصبح بالإمكان التخلص من الزوغان بإعادة العلاج بهذا النظام، مع ضبط قيمة Q الهدف لتكون حوالي -0.35.
4. التخفيف من الزوغانيات عالية الرتبة: كثيراً ما تترافق أسوء الانكسار مع زوغانيات عالية الرتبة، كزوغان الفاصلة، والزوغانيات الحرجية عالية الرتبة وتسمى أيضاً "الزوغانيات متعددة الوريقات". يمكن اختيار 7 ملم كقطر لمنطقة تطبيق الليزر مع ضبط قيمة Q، مما يخفف من الزوغانيات المذكورة ويدفعها باتجاه المحيط بعيداً عن مركز الرؤية.
5. التخفيف من كمية الأنسجة المُزالَة بالليزر: عند اختيار نظام الليزر الموجه حسب قيمة Q، يمكن تعديل قطر منطقة تطبيق الليزر بمرتبة 0.1 ملم بدلاً من 0.5 ملم. فإذا كانت ثخانة القرنية لا تكفي لإزالة كل الكسيرات المقرر إزالتها، يمكن إنقاص القطر من 6.5 ملم مثلاً إلى 6.3 ملم، مما يعني أن الثخانة المتبقية ستزداد وبالوقت نفسه يبقى قطر المنطقة المعالجة أكبر من 6 ملم، وبالتالي لا تتأثر نوعية الرؤية. علينا الانتباه إلى أنه في العيون ذات القرنيات الملونة، يجب أن يكون قطر منطقة الكشط أكبر من 6.5 ملم.

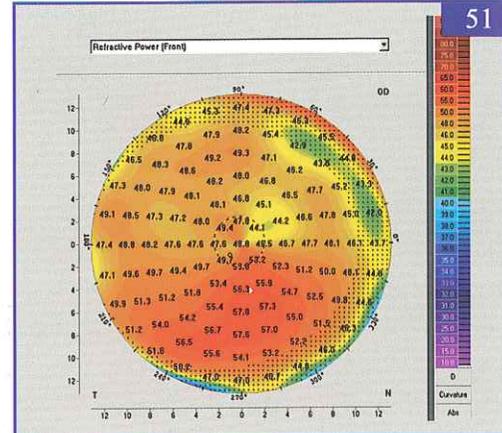


6. Presbyopic treatment: One of the presbyopic treatment options is what is known as "monovision". It could be achieved by this system. There are several different methods depending on the kind of excimer laser machine. This will not be covered in this book.

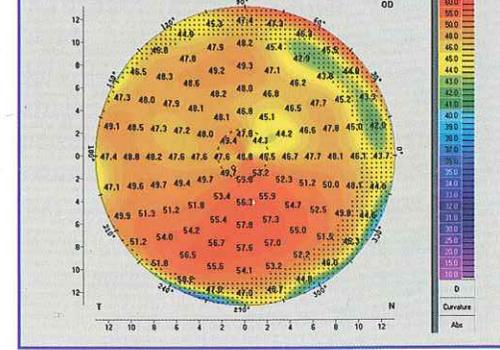
Other Maps

• Refractive power map:

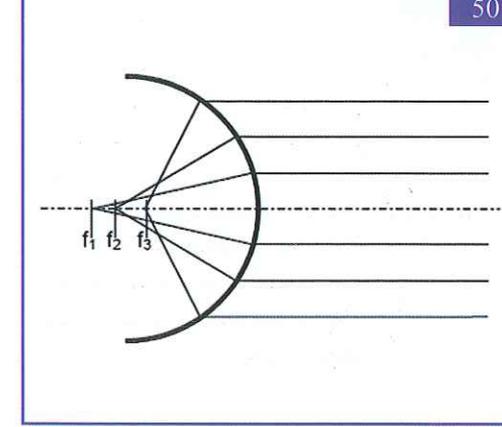
This map permits an assessment of the optical performance of the examined surface. It calculates the refractive power by using focal distances rather than curvature values (50). These focal distances are calculated according to Snell's law (light-ray tracking) and spherical aberrations have therefore already been taken into account (51). In this map the refractive power values are greater at the periphery because the focal distance at the periphery (f_2, f_3) differs from that at the center (f_1) because of the considered spherical aberrations.



Clinical interpretations: When this map is compared with other maps, especially curvature maps, one can foretell the severity of spherical aberrations. These spherical aberrations might be the reason of low quality of vision, in spite of fairly good visual acuity. Still the qualitative and quantitative assessments of the spherical aberrations are more accurate with wavefront analysis and Zernike analysis.



الإسقاطات السريية: عند مقارنة هذه الخارطة مع بقية الخرائط، وخاصة التحديدية، يمكن التنبؤ بشدة الزوغانات الكروية التي يعاني منها المريض، والتي قد تكون سبباً في عدم كفاءة الأداء البصري لديه، بالرغم من القدرة البصرية الجيدة نوعاً ما، لكن يبقى التقييم الكمي والنوعي أدق في خرائط التحليل الموجي وتحليل زرنكه.



6. علاج قصو البصر: يُعدّ هذا النظام أحد خيارات علاج قصو البصر بطريقة الرؤية أحادية الجانب. في الحقيقة تختلف الطرق حسب نوع جهاز الإكزيمر ليزر، ولسنا بصدد شرح ذلك في هذا الكتاب.

ovp (Optical Power Anterior)

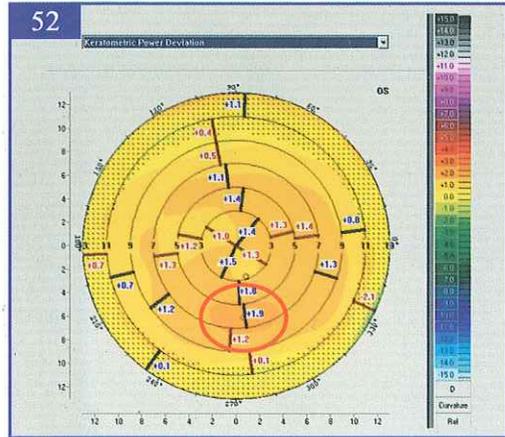
الخرائط الأخرى

• خارطة القوة الانكسارية:

تعطي هذه الخارطة تقيماً للأداء البصري للسطح المدروس، وهي تعتمد على المسافات المحرقة بدلاً من قيم تحدب القرنية من أجل قياس القوة الكاسرة (50). تُحسب المسافات المحرقة بتطبيق قانون سنل (مسار الأشعة الضوئية) وبالتالي تُؤخذ الزوغانات الكروية بعين الاعتبار (51)، وهذا ما يجعل القوة الكاسرة للقرنية تظهر في المحيط أكبر منها في المركز، إذ إن المسافة المحرقة المحيطة (f_3, f_2) مختلفة عن المسافة المحرقة المركزية (f_1).

+ map options →

numerical



• True net power map:

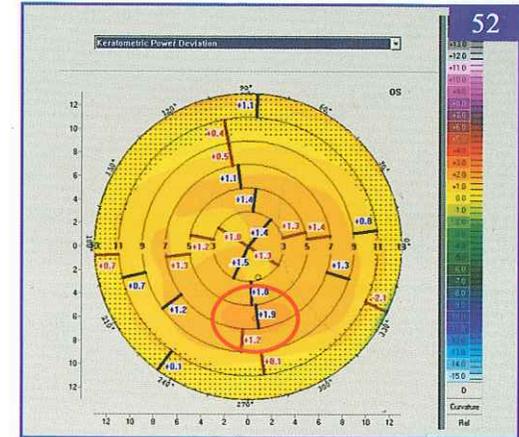
True net power map considers the true optical conditions of the entire cornea. Topography devices based on the Placido system usually use a refractive index of 1.376 for the complete cornea to calculate its refractive power. However, this only supplies an approximate value because the real posterior surface is not taken into account.

The Pentacam measures both surfaces of the cornea and uses sagittal curvature maps to calculate the true net power map. Each surface separates between two mediums: air and the corneal tissue for the front surface, corneal tissue and the aqueous humor for the back surface. The refractive indices of air, cornea and aqueous humor are 1, 1.376 and 1.336 respectively. After calculating the power of both surfaces, the refractive medium law is applied.

This map can not be adopted for measuring K readings necessary for IOL calculations, or even to take any decision for refractive treatment.

• Keratometric Power Deviation map:

This map is calculated by excluding the effect of the anterior curvature power map from the true net power map, i.e. it represents the effect of the back surface of the cornea on the true net power map in every corneal point (52).



لا يمكن الاعتماد على هذه الخارطة في قياس القراءات التحديدية المطلوبة عند قياس قوة العدسة التي ستزرع داخل العين، أو حتى لقرار المعالجة الانكسارية.

• خارطة قوة الانحراف القياسي القرني:

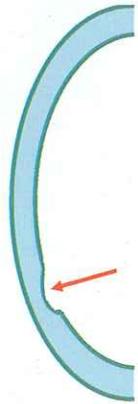
هذه الخارطة هي حصيلة إزالة القوة التحديدية للوجه الأمامي، من خارطة القوة الصرفة للقرنية، مما يعني أنها تمثل تأثير الوجه الخلفي للقرنية على القوة الكاسرة لها؛ وذلك في كل نقطة من نقاط القرنية (52).

• خارطة القوة الصرفة:

تعطي هذه الخارطة تقيماً للحالة البصرية الحقيقية للقرنية ككل.

تستخدم الأجهزة المعتمدة على نظام بلاسيديو قرينة انكسار واحدة لتقييم القوة الانكسارية لكل القرنية وهي 1.376. لكن هذا يعطي تقيماً تقريبياً لأن الوجه الخلفي لا يؤخذ بعين الاعتبار.

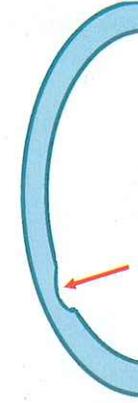
يتم حساب القوة الكاسرة بجهاز بنتاكام بالطريقة التحديدية السهمية للوجهين الأمامي والخلفي للقرنية. حيث يمثل كل منهما سطحاً كاسراً يفصل بين وسطين: الهواء ونسيج القرنية بالنسبة للوجه الأمامي، ونسيج القرنية والخلط المائي بالنسبة للوجه الخلفي؛ حيث إن قرينة انكسار الهواء تساوي 1، وقرينة انكسار نسيج القرنية تساوي 1.376، وقرينة انكسار الخلط المائي تساوي 1.336. وبعد حساب قوة الوجهين، يتم تطبيق قانون الوسط الكاسر الذي يفصل بين وسطين للحصول على هذه الخارطة.



The normal value at any point should be $<+0.75$. Any value falling between $+0.75$ and $+1.5$ is doubtful and borderline, but it is not considered significant unless there is a corresponding posterior elevation. Any value more than $+1.5$ is an abnormal value, especially if it is in the lower part of the map, or if there is a corresponding elevation at the back elevation map.

To understand the meaning of this map, let us imagine the back surface of a cornea with its elevations and depressions. The depressions are protrusions towards the anterior chamber, and the elevations are protrusions towards the front surface of the cornea, i.e. concavities which appear on this map with values more positive than other areas. So, when we look at the illustration in figure (53),

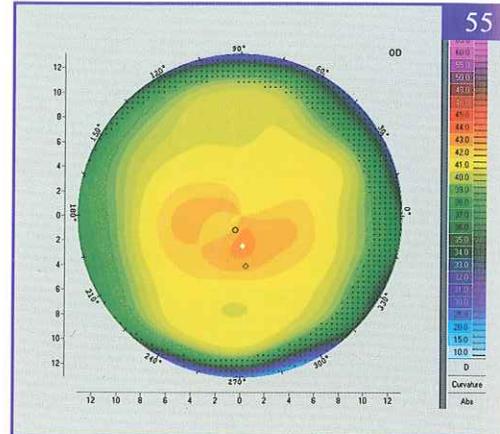
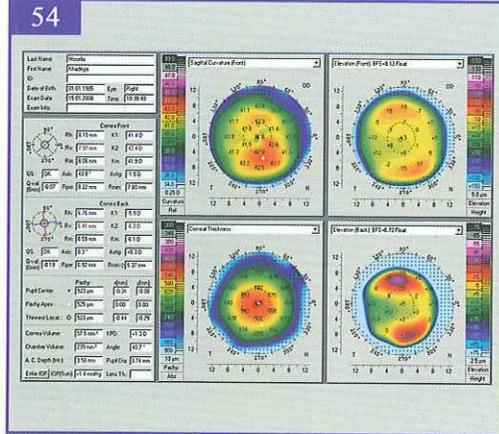
we can see the concave marked area, which holds either the risk of posterior keratoconus, or the possibility of post operative out bulging of the posterior corneal surface. The significance of this map becomes more obvious when compared with the posterior tangential curvature map, which displays the irregularity more clearly, and with the posterior elevation map, which displays the corresponding elevations.



نجد أن المنطقة المشار إليها بالسهم، هي ذات تقعر، وبالتالي تملك خطورة القرنية المخروطية الخلفية، أو احتمال تبارز الوجه الخلفي للقرنية بعد العملية. تظهر الأهمية السريرية عند مقارنة هذه الخارطة مع الخارطة التحديدية التماسية الخلفية، والتي تبرز عدم الانتظام بشكل أوضح، ومع خارطة الارتفاعات الخلفية، والتي تُظهر ما إذا كان هناك فعلاً أي ارتفاع خلفي موافق.

القيمة السوية لأية نقطة هي: أقل من $+0.75$. القيمة التي تتراوح ما بين $+0.75$ و $+1.5$ مشكوك فيها وتُعدّ على الحدود، لكنها لا تُعدّ مؤشراً مهماً ما لم تترافق مع ارتفاع موافق على الوجه الخلفي في خارطة الارتفاعات، وسيأتي تفسير هذا بعد أسطر. القيمة الأكبر من $+1.5$ ، هي قيمة غير سوية، وخاصة إذا كانت في الجزء السفلي من الخارطة، أو مترافقة مع ارتفاع موافق على الوجه الخلفي في خارطة الارتفاعات.

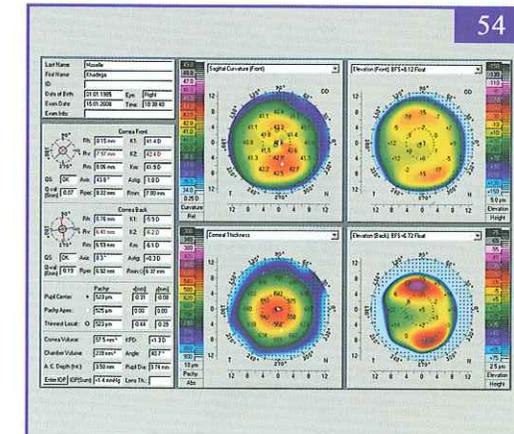
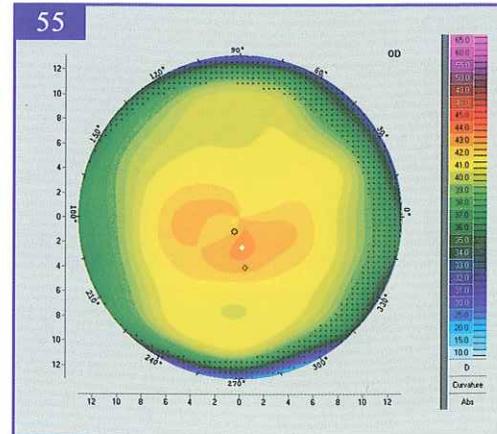
ولكي نفهم ماذا تعني هذه الخارطة، لننتقل الوجه الخلفي للقرنية، وعليه انخفاضات وارتفاعات، الانخفاضات هي: بروزات باتجاه البيت الأمامي، والارتفاعات هي: بروزات باتجاه السطح الأمامي للقرنية، أي: تقعرات، وهي التي تظهر في هذه الخارطة بقيم إيجابية أعلى من المناطق الأخرى. وبالتالي عندما ننظر إلى الصورة الموضحة في الشكل (53)،



MAIN PAGE ANALYSIS

After the various maps represented by this device have been studied, we can proceed through the main page, asserting that it should be composed of four maps: anterior sagittal curvature map, anterior and posterior elevation maps and thickness map (54).

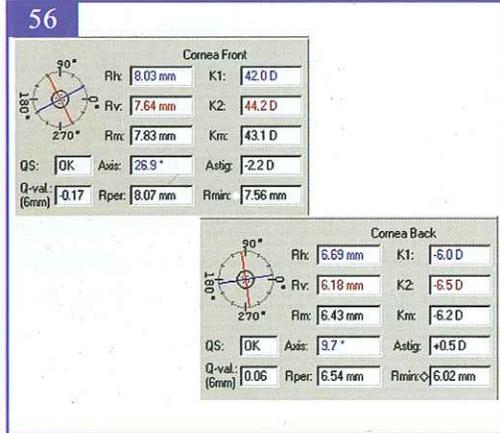
We shouldn't, by any means, accept a page of one map (55), especially if it does not include any information, because it is useless.



تحليل الصفحة الرئيسية

وعلينا ألا نقبل بأي شكل من الأشكال بالصفحة التي تتضمن خارطة واحدة (55)، وخاصة إذا كانت لا تتضمن أية معلومات، إذ إن هذه الصفحة لا تُسمن ولا تغني من جوع!!.

بعد التعرف على أنواع الخرائط التي تقدمها لنا آلة التصوير الطبوغرافية هذه، علينا أن ندرس الصفحة الرئيسية، مع التأكيد الشديد على ضرورة أن تكون هذه الصفحة متضمنة أربع خرائط معاً، وهي: الخارطة التحديدية السهمية الأمامية، وخارطة ارتفاعات الوجه الأمامي، وخارطة ارتفاعات الوجه الخلفي، وخارطة الثخانة (54).



Let us start defining the abbreviations in the page and their interpretations:

• **Cornea front surface (56)**

K1: Horizontal curvature power of the cornea in the central 3mm circle expressed in diopters.

K2: Vertical curvature power of the cornea in the central 3mm expressed in diopters.

Km: Mean curvature power of the cornea in the central 3mm expressed in mm.

Rh: Horizontal curvature radius of the central 3mm expressed in mm.

Rv: vertical curvature radius of the central 3mm expressed in mm.

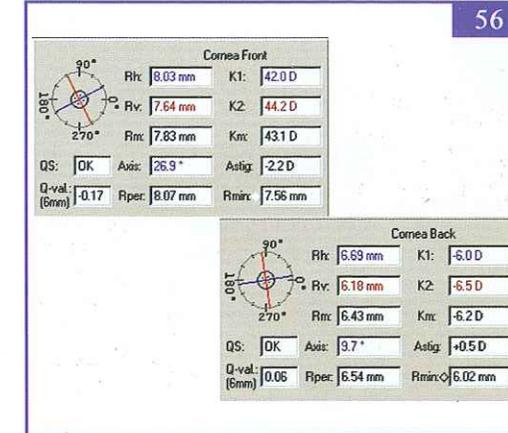
Rm: Mean curvature radius of the central 3mm radius expressed in mm.

Qs: "Quality specification". It specifies the quality of the topographic capture and should be displayed "OK". Otherwise, there is missed information which was virtually produced by the computer and the capture should preferably be repeated.

Q-val: Value of Q in the central 6mm as shown between two brackets. Any other central circle can be chosen through the program settings.

Astig: Amount of corneal astigmatism on the front cornea surface, i.e. the amount of differentiation between the two curvature radii of the central 3mm.

Axis: The axis of corneal astigmatism in the central 3mm.



ولنبدأ بتعريف اصطلاحات الصفحة، وإسقاطاتها السريرية:

• **الوجه الأمامي للقرنية (56)**

K1: القوة التحديبية الأفقية للقرنية في الـ 3 ملم المركزية، معبراً عنها بالكسيرات.

K2: القوة التحديبية العمودية للقرنية في الـ 3 ملم المركزية، معبراً عنها بالكسيرات.

Km: القوة التحديبية الوسطية للقرنية في الـ 3 ملم المركزية، معبراً عنها بالكسيرات.

Rh: نصف القطر التحديبي الأفقي للقرنية في الـ 3 ملم المركزية، معبراً عنه بالملم.

Rv: نصف القطر التحديبي العمودي للقرنية في الـ 3 ملم المركزية، معبراً عنه بالملم.

Rm: نصف القطر التحديبي الوسطي للقرنية في الـ 3 ملم المركزية، معبراً عنه بالملم.

Qs: تشير إلى التوصيف النوعي، أي: مقدار جودة الصورة التي التقطتها آلة التصوير الطبوغرافي، ويجب أن تكون "OK"، وإلا فهي تدل على نقص في بعض المعلومات، بحيث وضعها الحاسب بشكل افتراضي؛ ولذلك يُستحسن إعادة التصوير.

Q-val: قيمة Q في الـ 6 ملم المركزية، كما يظهر بين قوسين، ولكن بالدخول إلى إعدادات البرنامج، يمكن اختيار أية دائرة مركزية أخرى.

Astig: مقدار الحرج القرني على الوجه الأمامي للقرنية، هو: مقدار التفاضل بين نصفي القطرين التحديبيين في الـ 3 ملم المركزية للقرنية.

Axis: محور الحرج القرني في الـ 3 ملم المركزية.

Rmin: Minimum radius of curvature expressed by mm. It is shown as a symbol (57). It is not necessarily central, which is important as follows in the next paragraph.

Rper: Radius of corneal curvature in the peripheral 9mm of the cornea expressed in mm.

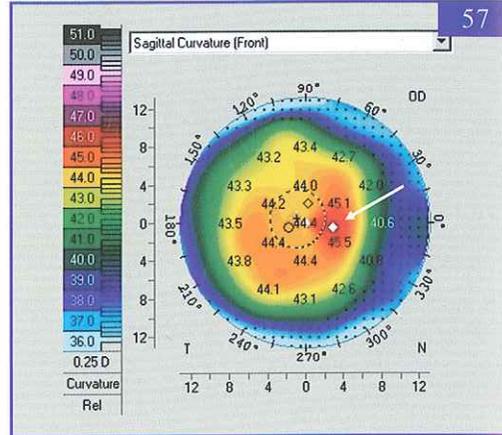
Clinical interpretations:

1. Possible amount of correction:

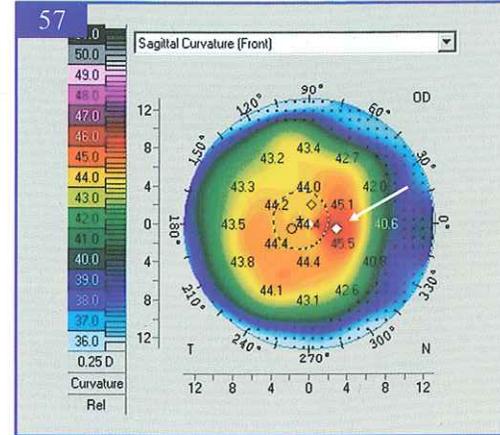
Correcting each diopter of myopia flattens the cornea front surface by 0.75 curvature diopters (D). So, we have to look at the smallest curvature reading (the flat axis), usually shown in blue. For example, a patient has K1 (the flat axis) = 41D and -8D of myopia to be corrected, we should expect that the flat axis value will be reduced by $0.75 \times 8 = 6D$, i.e. it becomes nearly 35D. P.S. Curvature readings of the flat axis should not be reduced to less than 34D; otherwise the quality of vision will be affected.

On the other hand, correcting each hyperopic diopter steepens the cornea front surface by 1.10D. So, we have to look at the maximum curvature reading (the steep axis), usually shown in red.

For example, a patient has K2 (the steep axis) = 45D and +6D of hyperopia to be corrected, we should expect that the steep axis will be increased by $1.1 \times 6 = 6.6D$, i.e. it becomes nearly 51.6D.



P.S. Curvature readings of the steep axis should not be increased more than 48D; otherwise the quality of vision will be severely disturbed resembling the distorted vision seen in keratoconus. Therefore, the patient has to know that his refractive error can not be corrected completely; we can correct only +3 hyperopic diopters in the example above.



ملاحظة: يجب ألا ترتفع القراءة التحديبية الأكبر (المحور المحدب) عن 48 كسيرة تحديبية، وإلا ستكون نوعية الرؤية سيئة للغاية ومشابهة للتشوه المشاهد في حالة القرنية المخروطية. وبالتالي يجب - في المثال السابق - أن ننبه المريض إلى أننا نستطيع تصحيح 3 كسيرات مدية فقط، من أصل الكسيرات الستة التي لديه!!

Rmin: أقل نصف قطر تحديبي للقرنية، أي: نصف القطر التحديبي الأصغر، معبراً عنه بالملم، ويرمز إليه الحاسب برمز يظهر في الشكل (57)، ومن غير الضروري أن يظهر الرمز مركزياً، وهذا له أهميته، كما سيأتي في الفقرة القادمة.

Rper: نصف القطر التحديبي للقرنية في الـ 9 ملم المحيطية للقرنية، معبراً عنه بالملم. الإسقاطات السريرية:

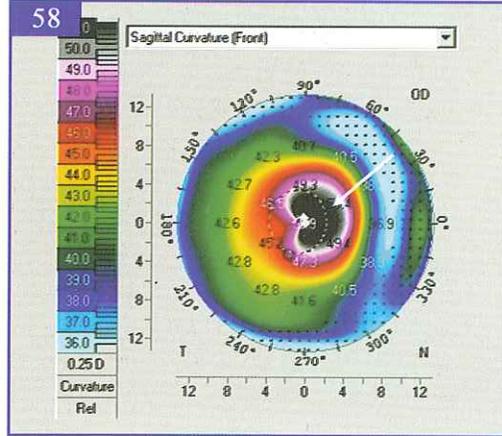
1. كمية التصحيح الممكنة:

إن تصحيح كل كسيرة حسر بصر، سيؤدي إلى تسطيح الوجه الأمامي للقرنية بمقدار 0.75 كسيرة تحديبية، وبالتالي ننظر للقراءة التحديبية الأقل (المحور المسطح) وتكون ملونة باللون الأزرق. فإذا كان لدينا على سبيل المثال: K1 هو المسطح، وقراءته 41 كسيرة، ونريد أن نصحح -8 كسيرات كروية، فإننا نتوقع أن المحور المسطح ستنخفض قيمته بمقدار $0.75 \times 8 = 6$ كسيرات تحديبية، أي ستنصح 35 كسيرة تحديبية تقريباً.

ملاحظة: يجب ألا تنخفض القراءة التحديبية الأصغر (المحور المسطح) عن 34 كسيرة تحديبية، وإلا ستتأثر نوعية الرؤية.

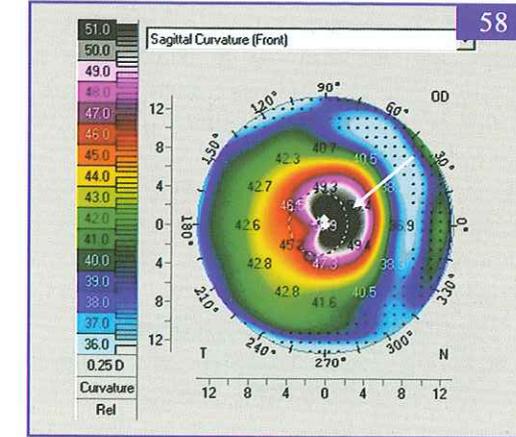
من جهة ثانية، إن تصحيح كل كسيرة مدية ستؤدي إلى تحديب الوجه الأمامي للقرنية بمقدار 1.10 كسيرة تحديبية، وبالتالي ننظر للقراءة التحديبية الأكبر (المحور المحدب)، وتكون ملونة باللون الأحمر. فإذا كان لدينا على سبيل المثال: K2 هو المحدب، وقراءته 45 كسيرة تحديبية، ولدينا +6 كسيرات كروية بحاجة للتصحيح، فإننا نتوقع أن المحور المحدب سترداد قيمته بمقدار

$1.1 \times 6 = 6.6$ كسيرة تحديبية، أي ستنصح 51.6 كسيرة تحديبية تقريباً.



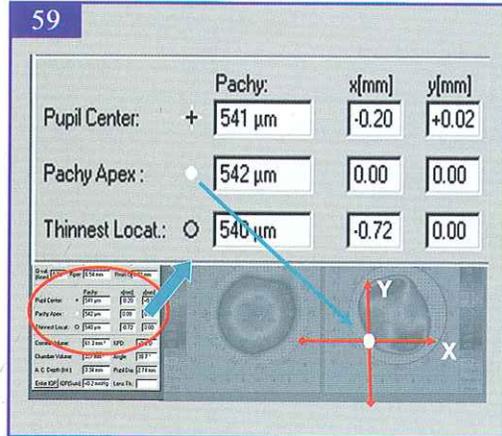
P.S. It is very important to look for the location of the symbol which refers to the minimum radius of curvature (Rmin) on the map (see figure 57). Click the cursor on the symbol to see the curvature refractive power of the cornea front surface in that location, it refers to the maximum curvature refractive power. This is very important in the process of taking the right decision, especially in cases of hyperopia, because the two curvature readings, the horizontal and the vertical, which appear in K1 and K2 squ. 553 express values of the central 3mm only. Example: a patient has +4D. His horizontal and vertical curvature readings are 43D and 44D respectively.

But, the curvature reading at Rmin location is 46D. After treatment, the curvature reading at the Rmin location will increase to 50.4D, although K2 will increase no more than 48.4D, this means a cone will be formed and located at the Rmin point. This will strongly affect the quality of vision. Figure (58) shows a post operative cone formation because this point was not noticed prior to surgery!!



لـ (Rmin) هي: 46، سترتفع النقطة بعد التصحيح إلى 50.4، رغم أن K2 بعد التصحيح لن تكون أكثر من 48.4، مما يعني أنه ستتشكل ذروة مخروط بعد العملية، وستتوضع في هذه النقطة، وهذا سيؤثر على نوعية الرؤية بعد العملية بشكل شديد. يُظهر الشكل (58) كيف تشكل مخروط بسبب هذه البؤرة، التي لم ينتبه إليها قبل العملية!!

ملاحظة: من المهم جداً البحث عن موقع الرمز الذي يشير لأقل نصف قطر تحديبي (Rmin) على الخارطة (راجع الشكل 57)، ونضع المشيرة عليه لمعرفة القوة الانكسارية التحديبية للوجه الأمامي للقرنية في تلك النقطة، لأنه يشير إلى أعلى قوة انكسارية تحديبية، الأمر الذي له أهميته في قرار العملية الصحيح، وخاصة في حالات المد، ذلك لأن القراءتين التحديبيتين: الأفقية، والعمودية اللتين تظهران في الخانتين (K1 و K2) تعبران عن القيم في المليمترات الثلاثة المركزية فقط. مثال: مريض لديه +4 كسيرات كروية، والقراءة التحديبية الأفقية 43، والعمودية 44، والنقطة الموافقة



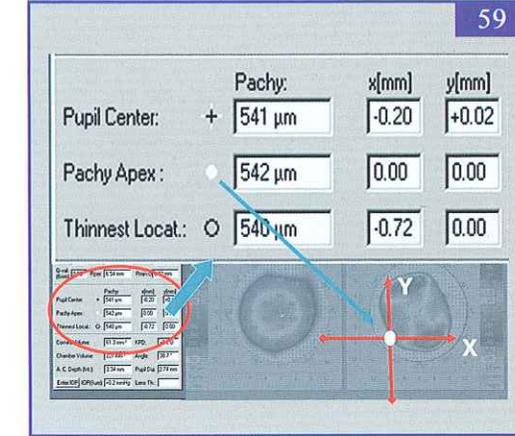
2. Topographic astigmatism and clinical astigmatism:

Each surface of the cornea has its own topographic astigmatism. In order to calculate the net corneal astigmatism, algebraic sum is calculated, with great attention to the axes. If you look at figure (54), you can see that the front astigmatism is -2.2D and the back astigmatism is +0.5D, both of them are on the horizontal axis, so the net corneal astigmatism is -1.7D. This result should be compared with the manifest clinical refraction, if they are approximately the same, we should use the clinical refraction, otherwise refer to paragraph "incongruence of topographic and clinical manifest astigmatism". The same applies if there is a 30 degrees difference between the clinical and the topographic axes.

• Cornea back surface

The cornea back surface plays the role of a concave lens, because it separates between two refractive media of different refractive power and the incident light comes from the higher refractive medium (the cornea: index 1.376) to the lower refractive medium (the aqueous humor: index 1.336). Therefore, the curvature power is displayed on the back surface as negative values (see figure 5).

The important things here are: the value and the axis of astigmatism. The value is algebraically added to that of the front surface to calculate the net topographic astigmatism as mentioned in the previous paragraph.



• الوجه الخلفي للقرنية

يلعب الوجه الخلفي للقرنية دور عدسة مقعرة، ذلك لأنه يفصل بين وسطين كاسرين للضوء أحدهما أشد كسراً للضوء من الآخر، والضوء يرد إليه من وسط أشد كسراً، وهو مادة القرنية (قرينة الانكسار 1.376)، إلى وسط أقل كسراً، وهو الخلط المائي (قرينة الانكسار 1.336)، ولذلك نرى أن القوى التحديبية في كل نقاط الوجه الخلفي ذات قيمة سالبة (راجع الشكل 5).

المهم في هذا الوجه، هو قيمة الحرج ومحوره، حيث يُضاف جبرياً لحرج الوجه الأمامي للحصول على الحرج القرني الطبوغرافي الصرف، وقد جاء الحديث عن أهميته في الفقرة السابقة.

2. الحرج الطبوغرافي والحرج السريري:

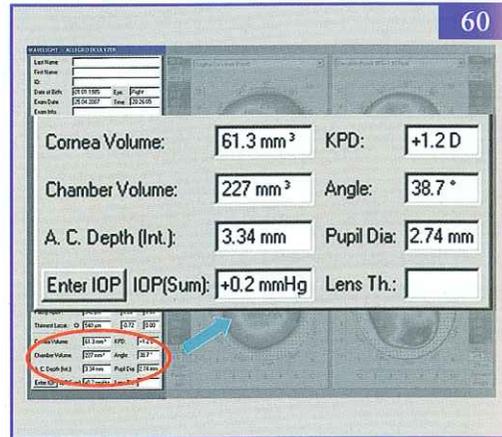
تظهر الصورة الطبوغرافية للقرنية الحرج الطبوغرافي لكل من الوجهين الأمامي والخلفي، ولمعرفة الحرج القرني الصرف نجمع الحرجين جمعاً جبرياً، مع الانتباه للمحاور، فإذا نظرنا إلى الشكل (56)، فإننا سنجد الحرج الأمامي -2.2 كسيرة، والخلفي +0.5 كسيرة، وكلاهما بالمحور الأفقي، وبالتالي تكون كمية الحرج الطبوغرافي القرني الصرف -1.7 كسيرة. نقارن هذه النتيجة مع فحص الانكسار السريري الظاهري فإذا كانت القيم متقاربة، نأخذ السريري، وإن لم تكن كذلك، راجع فقرة "عدم تطابق الحرج الطبوغرافي مع الحرج السريري الظاهري". الأمر نفسه إذا كان هناك فارق أكثر من 30° بين المحور السريري والمحور الطبوغرافي.

• Coordinates of the corneal thickness (59)

- **Pachy apex:** Corneal thickness at the apex. The computer considers the apex as the origin of the coordinates, X for the horizontal and Y for the vertical. Therefore, zero is displayed in both squares of pachy apex coordinates. The direction of axis X is from the patient's right to his left, when the patient is seated opposite to the physician. The direction of axis Y is from the bottom up. Example: a point "e" in the left cornea is located at "+0.3,-0.5" position, i.e. this point is located 0.3 mm temporal to and 0.5 mm inferior to corneal apex.

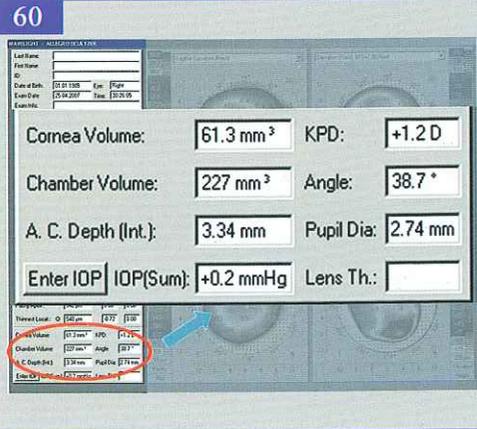
- **Pupil center:** Corneal thickness in the pupil center. The X- and Y-coordinates show the position of the pupil center from the apex. The two coordinates differ according to pupil mediastis or miosis, because the pupil center is shifted supero-temporally when dilated. This is very important in the process of decentration, or what is known as offset pupil, it will be discussed later in details.

- **Thinnest location:** Thinnest point in the cornea. It is the most important in the decision of the operation. The X- and Y-coordinates indicate the position of the thinnest location from the apex (refer to paragraph "corneal thickness").



• Miscellaneous (60)

1. **Cornea volume:** Some studies are carried out to realize the relationship between cornea volume and ecstastic changes, in order to exclude a new indicator for keratoconus.
2. **Chamber volume:** Volume less than 100mm³ should alert us to check the patient for angle closure glaucoma.



• متفرقات (60)

1. **Cornea Volume:** حجم القرنية: تجري الآن دراسات عن علاقة الحجم مع التبدلات التمديدية، لاستخلاص مشعر جديد خاص بالقرنية المخروطية.
2. **Chamber Volume:** حجم البيت الأمامي: ينبهك الحجم الأقل من 100ملم³ إلى التأكد فيما إذا كان المريض يعاني من زرق مغلق الزاوية.

• إحداثيات ثخانة القرنية (59)

- **Pachy Apex:** وتعني: ثخانة القرنية في قمة القرنية، يُعدُّ الحاسبُ قمةَ القرنية مبدأً للإحداثيات الأفقية X والعمودية Y، ولذلك يظهر الرقم صفر في خانتي إحداثيات قمة القرنية. يتجه المحور X من يمين المريض إلى يساره، عندما يكون المريض بوضعية الجلوس المقابلة للطبيب، ويتجه المحور Y من الأسفل باتجاه الأعلى. لذلك عندما نقول: إن هناك نقطة "هـ" ذات إحداثيات "-0.5،+0.3" في القرنية اليسرى، فهذا يعني: أن هذه النقطة تتوضع 0.3 ملم وحشي قمة القرنية و0.5 ملم أسفل منها.

- **Pupil Center:** وتعني: ثخانة القرنية في النقطة الموافقة لمركز الحدقة. تظهر في خانتي الإحداثيات أرقام، تشير إلى موقع هذه النقطة بالنسبة لقمة القرنية. يختلف إحداثيا هذه النقطة باختلاف توسع وتقبض الحدقة، إذ إن الحدقة عندما تتوسع، يتجه مركزها باتجاه الأعلى والصدغي، هذا الأمر له أهمية خاصة عند إجراء إزالة التمرکز، أو ما يعرف بإعادة التمرکز، والذي سيتم الحديث عنه بشكل مُفصل في فقرة لاحقة.

- **Thinnest Location:** وتعني: ثخانة القرنية في أرق نقطة في القرنية، وهي أكثر النقاط أهمية بالنسبة لقرار العملية. يظهر في خانتي الإحداثيات موقع هذه النقطة بالنسبة لقمة القرنية. راجع فقرة "ثخانة القرنية".

3. A.C. Depth (Int.): Central anterior chamber depth, measured from the inner surface of corneal endothelium to the iris plane. It is important for the anterior chamber phakic IOLs.

It shouldn't be less than 2.7mm³ to keep the corneal endothelium intact. Entering the settings, we can choose (Ext.) instead of (Int.) to have the depth with corneal thickness added.

4. IOP: Click the icon and input the IOP to have the real modified IOP according to corneal thickness. For the same purpose, the nearby square displays the amount that should be added algebraically to IOP to be modified.

5. KPD: The average value of keratometric power deviation of corneal points located within a circle of a diameter between 0.8mm and 1.6mm and centered on the corneal apex. The normal value is less than +0.75. When the value is more than +1.5, it is abnormal indicating an abnormal cornea, such as: post lasik, post PRK, keratoconus or after a corneal graft.

6. Angle: The average value of anterior chamber angle. An angle less than 25° should alert us to check the patient for angle closure glaucoma.

7. Pupil Diameter: It is important to measure the pupil diameter neither in high illumination (photopic pupil) nor in the dark (scotopic pupil) but in medium illumination (mesopic pupil).

8. Lens thickness: Central thickness of the lens. If the pupil is not dilated enough, the light of the camera may not reach the posterior surface of the lens, so the computer can not measure its thickness.

7. Pupil Diameter: قطر الحدقة: من المهم قياس قطر الحدقة في إنارة متوسطة (mesopic pupil) وليس في إنارة قوية (photopic pupil) ولا في إنارة خافتة (scotopic pupil).

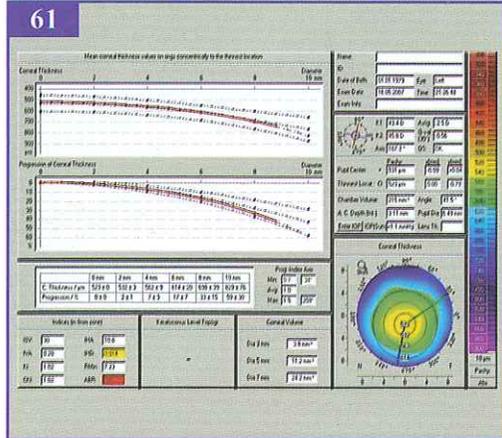
8. Lens Thickness: ثخانة الجسم البلوري في مركزه، قد لا يقيس الحاسب هذه الثخانة إذا لم تكن الحدقة موسعة، إذ لا بد من توسيع الحدقة كي تصل أشعة آلة التصوير للوجه الخلفي للجسم البلوري.

3. A.C.Depth(Int): عمق البيت الأمامي في القسم المركزي منه مقاساً من الوجه الداخلي لطبقة البطانة إلى مستوى سطح القرنية. تظهر أهميته عند زرع العدسات الانكسارية في البيت الأمامي، يجب ألا تقل القيمة عن 2.8 ملم؛ كيلا يحدث تماس مع بطانة القرنية وتبقى البطانة سليمة. يمكن بالدخول للإعدادات، اختيار (Ext.) بدلاً من (Int.)، فيعطينا الحاسب العمق مضافاً إليه ثخانة القرنية.

4. IOP: يمكن إدخال توتر باطن العين بعد نقر الأيقونة، ليعطينا الحاسب توتر باطن العين الحقيقي بعد تعديله بناءً على ثخانة القرنية. كما تظهر في الخانة المجاورة الكمية التي يجب إضافتها جبرياً إلى توتر باطن العين المقيس للحصول على التوتر الحقيقي.

5. KPD: يعطينا قوة الانحراف القياسي، بقيمة متوسطة لنقاط القرنية المتوضعة ضمن دائرة قطرها يتراوح ما بين 0.8 و 1.6 ملم وتتمركز مع قمة القرنية. القيمة سوية عندما تكون أقل من +0.75، وتصبح غير سوية عندما تتجاوز +1.5؛ حيث تشير لقرنية غير سوية، مثالها: بعد الليزك، أو بعد قطع القرنية الضوئي الانكساري ويعرف أيضاً بالليزر السطحي، أو في حالة القرنية المخروطية، أو بعد رأب القرنية.

6. Angle: متوسط قيمة زاوية البيت الأمامي: تنبهك الزاوية الأقل من 25° إلى التأكد فيما إذا كان المريض يعاني من زرق مغلق الزاوية.

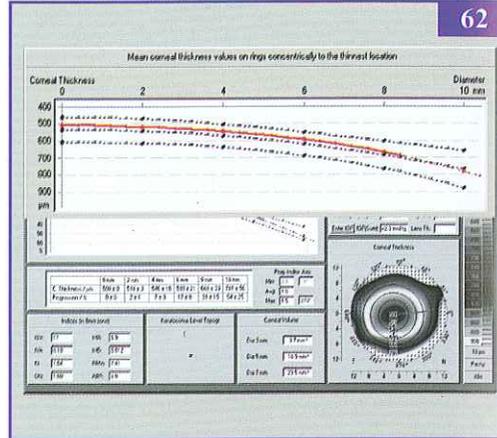


KERATOCONUS CURVATURE INDEX

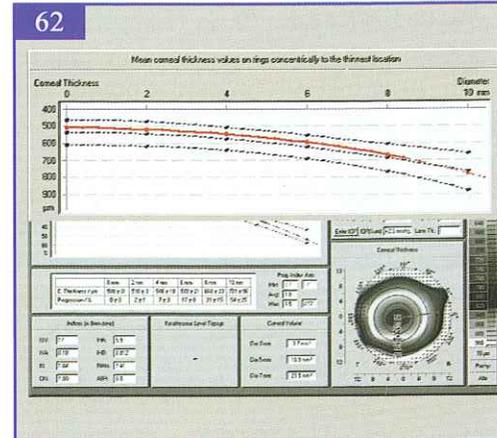
The main page (61) consists of tables and diagrams.

1. Diagram of the relation between corneal thickness and location (62)

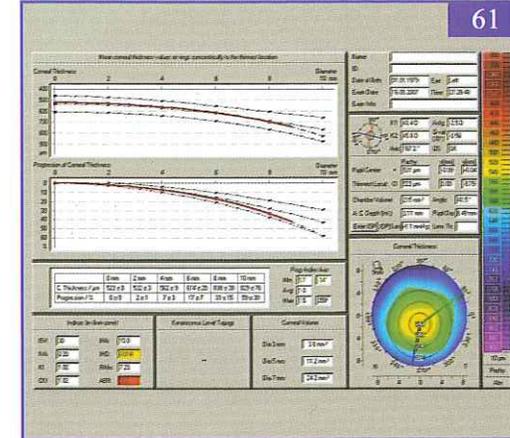
This diagram describes the change of corneal thickness in absolute values. The horizontal axis represents the *location* as circles centered on the thinnest location. These circles have diameters of 2, 4, 6, 8, and 10mm. The vertical axis represents the corneal *thickness*.



The computer measures the average corneal thickness of all points distributed at each circle. A diagram is then drawn showing the relation between the corneal thickness and the location. The computer gives red color to the curve of the examined cornea. The black dashed lines show the result of the Standard Value Study (the study carried out on normal untreated corneas to adopt the average values as standard). The center line represents the average value of the corneal thickness of all corneas analyzed. The upper or lower line represents the double standard deviation (95%) of the corneal thickness of all corneas measured.



يقيس الحاسب متوسط ثخانة القرنية في كل نقاط القرنية الموزعة على كل حلقة من الحلقات ثم يرسم منحنيًا بيانيًا، يبين فيه العلاقة بين ثخانة القرنية والموقع. يعطي الحاسب اللون الأحمر للعين المدروسة، أما الخطوط السوداء المتقطعة، فهي تمثل المجال السوي في الدراسة المسماة "دراسة القيم القياسية"، أي دراسة القيم المتوسطة في القرنيات السوية غير المعالجة واعتمادها كقيم قياسية. يمثل الخط المركزي القيمة المتوسطة لثخانة القرنية في كل القرنيات التي جرى تحليلها بيانيًا. يمثل الخطان العلوي والسفلي الانحراف المعياري المضاعف (95%) لثخانة القرنية في كل القرنيات المفحوصة.

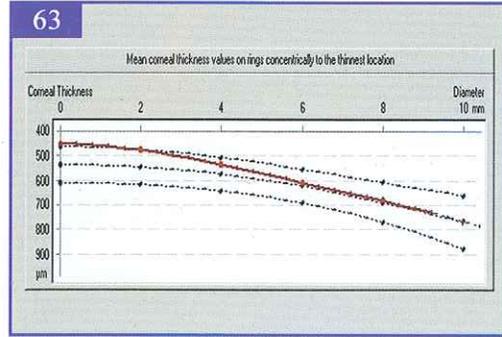


منحنى مشعر القرنية المخروطية

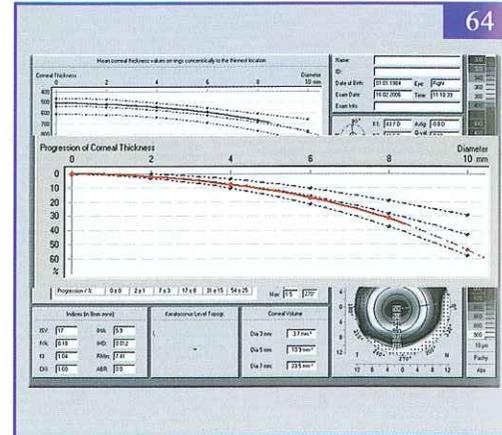
تبدي الصفحة الرئيسية (61) مجموعة من الجداول والمخططات.

1. مخطط علاقة ثخانة القرنية مع الموقع (62)

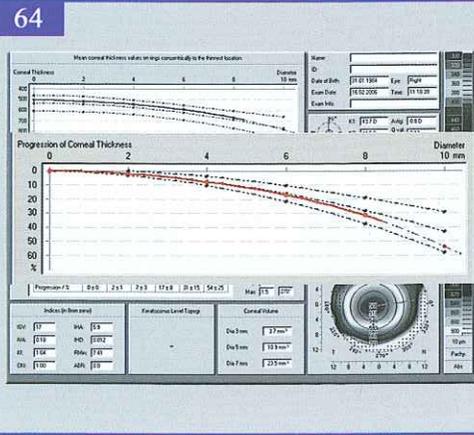
يصف هذا المخطط تبدلات الثخانة بقيم مطلقة. يمثل المحور الأفقي الموقع بشكل حلقات تتمركز مع أرق نقطة في القرنية. الحلقات ذات أقطار 2 و 4 و 6 و 8 و 10 ملم. يمثل المحور العمودي ثخانة القرنية.



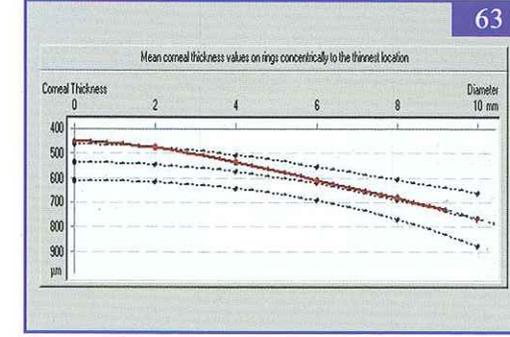
What is important for the red curve is: First, the red curve should be within the normal range. Second, the course of the red curve should be parallel to the normal range. In certain cases the red curve deviates after several millimeters (63). If the red curve deviates at the 6mm circle or after, it is ok. Otherwise, it is a risk factor because the quick downward deviation means that the corneal center is relatively thinned in relation to the periphery, which proved to be risky either with lasik, or to some extent with PRK, either the patient is hyperopic or myopic.



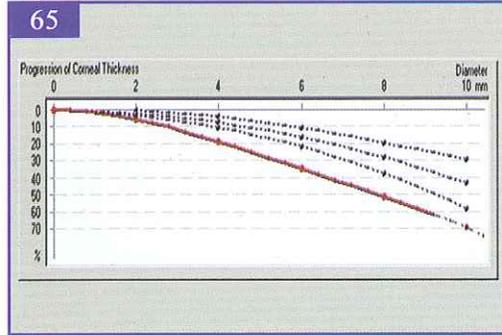
2. Diagram of the relation between thickness increment and location (64)
The horizontal axis represents the location as circles centered on the thinnest location. These circles have diameters of 2, 4, 6, 8, and 10mm. The vertical axis represents the percentage of thickness increment. Suppose that corneal thickness at the thinnest location is, for example, 500µ, and the average corneal thickness at the 2mm and 4mm circles is 550µ and 600µ respectively. It means that the percentage of thickness increment at the 2mm circle is 10% and at the 4mm circle is 20%, and so on for the other circles.



2. منحنى نسبة تزايد الثخانة بالنسبة للموقع (64)
يمثل المحور الأفقي الموقع بشكل حلقات تتمركز مع أرق نقطة في القرنية. الحلقات ذات أقطار 2 و 4 و 6 و 8 و 10 ملم. يمثل المحور العمودي النسبة المئوية لتزايد الثخانة. لنفترض أن أرق نقطة في القرنية ذات ثخانة 500 ميكرون، لنفترض أن متوسط ثخانة القرنية للنقاط الموزعة على الدائرة ذات القطر 2 ملم هو 550 ميكرون، وعلى الدائرة 4 ملم 600 ميكرون، هذا يعني: أن النسبة المئوية لتزايد الثخانة على الدائرة 2 ملم هي 10%، وعلى الدائرة 4 ملم هي 20%، وهكذا بالنسبة لبقية الدوائر.

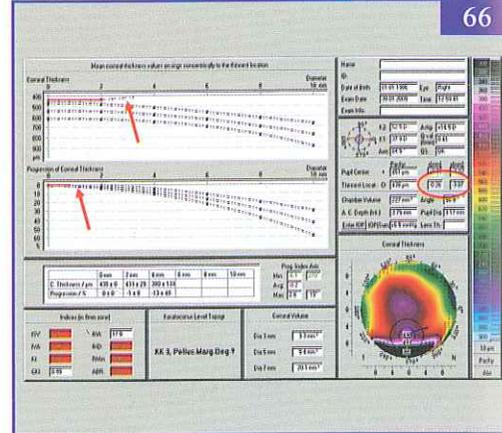


ما يهمنا في المنحنى الأحمر أمران: الأول: أن يكون المنحنى ضمن المجال السوي، والثاني: أن يكون تدرج المنحنى موازياً للمجال السوي. لكن في بعض الحالات، نجد أن المنحنى يغادر تدرجه بعد أن يسير بضعة مليمترات (63)، فإذا كانت المغادرة عند دائرة الـ 6 ملم فما بعد فلا بأس، أما إن كانت قبل ذلك فهي من مؤشرات الخطورة؛ السبب في ذلك: أن المغادرة السريعة باتجاه الأسفل تعني أن مركز القرنية مترقق نسبة للمحيط، وهذا يملك خطورة عند المعالجة بالليزر وإلى حد ما بالليزر السطحي، سواءً أكان عند المريض مد أم حسر.



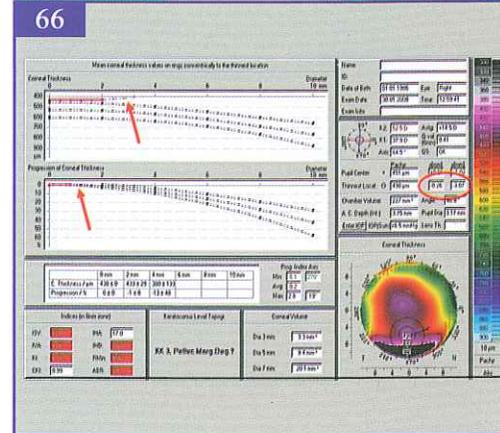
The computer gives red color to the curve of the examined cornea. Here also, the black dashed lines show the result of the standard value study (the study carried out on normal untreated corneas to adopt the average values as standard). The center line represents the average value of the corneal thickness of all corneas analyzed. The upper or lower line represents the double standard deviation (95%) of the corneal thickness of all corneas measured.

Here also, it is important for the red curve to be within the normal range and the course of the red curve to be parallel to the normal range. In certain cases the red curve deviates after several millimeters (65). If the red curve deviates at the 6mm circle or after, it is ok. Otherwise, it is a risk factor because the quick downward deviation means that the corneal center is relatively thinned in relation to the periphery, which proved to be risky either with lasik, or to some extent with PRK, whether the patient is hyperopic or myopic.



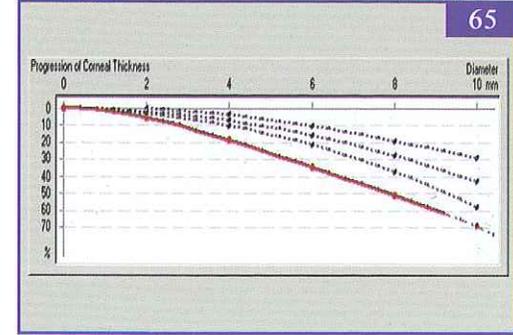
P.S. The shape of the two previous curves depends on important things:

- Gradual change of thickness between the thinnest location and other points as mentioned before.
- The position of the thinnest location from the apex: figure (66) is a diagram of a marginal pellucid degeneration case. Notice the displaced position of the thinnest location from the apex (within the red circle). It is -3.07mm which made the curve deviates upwards in reverse!!



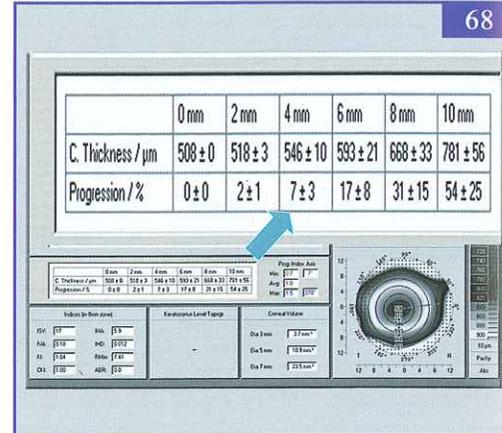
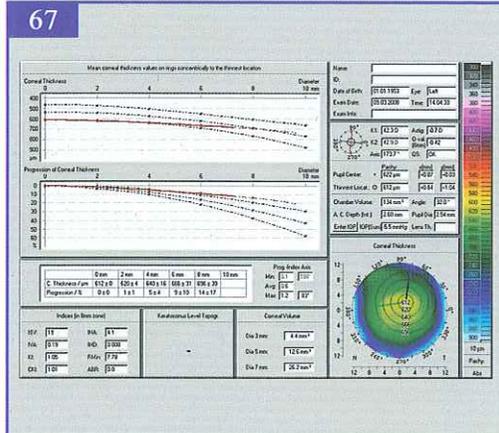
ملاحظة: يعتمد شكل المنحنيين السابقين على أمور مهمة:

- تدرج اختلاف الثخانة بين أرق نقطة في القرنية، وبقية النقاط كما ذكر سابقاً.
- موقع أرق نقطة في القرنية بالنسبة لقمة القرنية: يبين لنا الشكل (66) المخطط في حالة التنكس الهامشي الشفاف. لاحظ مدى انزياح أرق نقطة بالنسبة لقمة القرنية، كما هو واضح ضمن الدائرة الحمراء، وهو -3.07 ملم، مما جعل المخطط ينحرف عن مساره بشكل عكسي باتجاه الأعلى!!



يمثل الحاسب منحنى العين المدروسة باللون الأحمر. أما المنحنيات السوداء المتقطعة فهي تمثل المجال السوي في الدراسة المسماة "دراسة القيم القياسية"، أي دراسة القيم المتوسطة في القرنيات السوية غير المعالجة واعتمدها كقيم قياسية. يمثل الخط المركزي القيمة المتوسطة لثخانة القرنية في كل القرنيات التي جرى تحليلها بيانياً. يمثل الخطان العلوي والسفلي الانحراف المعياري المضاعف (95%) للنسبة المئوية لتزايد الثخانة في القرنيات المفحوصة.

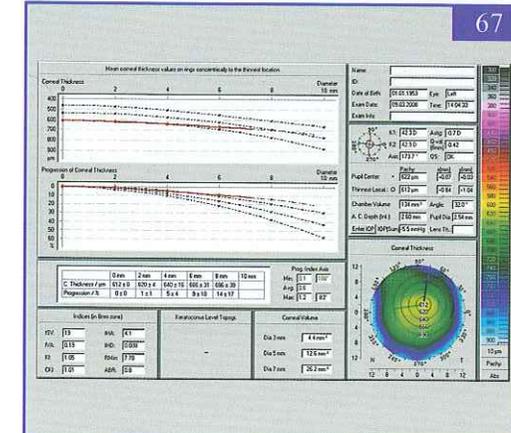
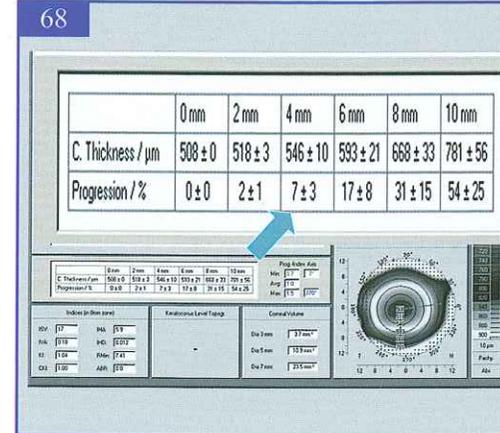
كسابقه، ما يهمنا في المنحنى الأحمر أمران الأول: أن يكون المنحنى ضمن المجال السوي، والثاني: أن يكون تدرج المنحنى موازياً للمجال السوي. لكن في بعض الحالات، نجد أن المنحنى يغادر تدرجه بعد أن يسير بضعة مليمتترات (65)، فإذا كانت المغادرة في دائرة الـ 6 ملم فما بعد فلا بأس. أما إن كانت قبل ذلك، فهي من مؤشرات الخطورة؛ وقد ذكر السبب في الفقرة السابقة.



- Central thickness: it is well known that the center of the normal cornea is thinner than the periphery, but there are some cases where the center is thickened. Some of these cases are pathogenic, such as cornea guttata and Fuch's dystrophy, and some are iatrogenic, such as post cataract surgery corneal edema and post RK. The curves in these cases are plane (67).

3. Table

Figure (68) shows values of corneal thickness on the concentric rings as absolute value or as progression index with the respective standard deviation.

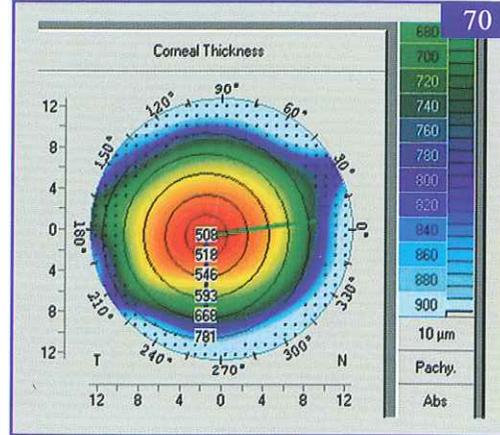


3. جدول
الشكل (68) هو جدولٌ تظهر فيه قيم ثخانة القرنية حسب الموقع مع انحرافها المعياري، وكذلك النسبة المئوية للتزايد مع انحرافها المعياري، وذلك لكل من الدوائر المعتمدة.

• ثخانة القسم المركزي من القرنية: من المعلوم أن القرنية السوية تكون أرق في مركزها من محيطها، لكن توجد حالات تزداد ثخانة القرنية فيها في المركز، من هذه الحالات ما هو مرضي، كالقرنية المنقطة، وحنث فوكس، ومنها ما هو مُحدث، كوذمة القرنية التالية للساد، وقطع القرنية الشعاعي المعروف باسم: تشطيب القرنية الجراحي. في هذه الحالات، يبدو المنحنيان مسطحين (67).

Prog.-Index Axis

Min: 0.7 7°
 Avg: 1.0
 Max: 1.5 270°



4. Progression Index

The progression index for the change in the corneal thickness of the standard values amounts to 1.0. The progression index of the examined eye is put in relation to the standard values and is expressed as follows (69):

Avg: average value (red).

Min: smallest change in corneal thickness (green).

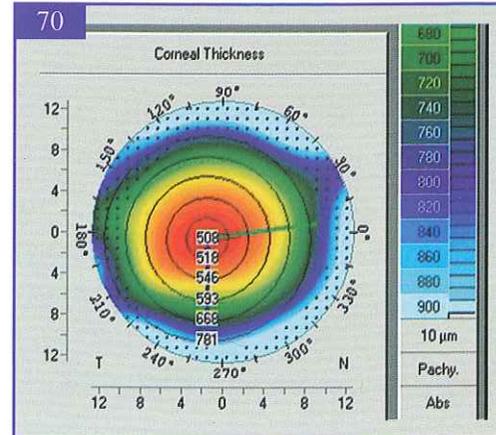
Max: biggest change in corneal thickness (blue).

The axis position represents the position of the meridians with the smallest or biggest change in corneal thickness. Figure (70) shows the two meridians.

This index is an important indicator of the stability of the cornea. When the progression of corneal thickness is consistent and homogenous in all corneal sectors, the cornea is of high stability and tissue consistency. Some of the factors that weaken the consistency of corneal tissue are: making a cut within the cornea (lasik flap) and collagen fibers degeneration (keratoconus).

As mentioned before, the standard average is 1. So, when the number shown in red is 1, progression is standard and the cornea is of normal stability. When the number is <1, progression is less than the standard, but still accepted. When the number is >1, it is suspicious because the cornea is somehow inconsistent.

P.S. In some normal cases, the number could be >1 and not risky, as in cases of astigmatism of more than 3D.



يُعبّرُ هذا المشعر عن أمر مهم، ألا وهو: استقرارية القرنية. عندما يكون تدرج ثخانة القرنية منسجماً ومتجانساً بين كل قطاعات القرنية، فإنه يدل على استقرارية القرنية وتماسكها النسيجي. من العوامل التي تضعف التماسك النسيجي للقرنية، إجراء قطع في ثخانة القرنية (أي سديلة الليزك)، وتنگس الألياف الغرائية فيها (كما في القرنية المخروطية).

ذكرنا أن المتوسط القياسي يساوي 1، وبالتالي إن كان الرقم المبين باللون الأحمر يساوي 1، فالتزايد قياسي، وبالتالي فالقرنية ذات استقرارية سوية. وإن كان الرقم أقل من 1، فالتزايد أقل من القياسي، وهذا مقبول أيضاً. أما إن كان التزايد أكبر من 1، فهذا يعني أن هناك نسبة خطورة، بسبب قلة تماسك القرنية. ملاحظة: قد يكون الرقم أكبر من 1 في بعض الحالات السوية، ولا يشير لأية خطورة، كما في حالات حرج البصر التي تزيد على 3 كسيرات.

4. مشعر التزايد

تبلغ قيمة مشعر التزايد (لتغيرات ثخانة القرنية) 1.0 في دراسة القيم القياسية. ينسب الحاسب نسبة التزايد في العين المدروسة للقيم القياسية، ويعطينا بذلك ثلاثة أرقام (69):

Avg: متوسط التزايد، ويظهر باللون الأحمر.

Min: التزايد الأصغري لثخانة القرنية، ويظهر باللون الأخضر.

Max: التزايد الأعظمي لثخانة القرنية، ويظهر باللون الأزرق.

تبين المحاور اتجاه التغير الأصغري والأعظمي في ثخانة القرنية. تمثل الصورة التي في الشكل (70) هذين الاتجاهين.

Classification of keratoconus stages according to corneal topography

	VA with glasses	VA with C.Lens	Cornea Index ISV	KI	Eccentricity in 30°	Rmin	Retinoscopy	Cornea
Pre-stage (early signs)	20/20 to 20/15	20/20 to 20/15	<30	1.04 to 1.07	All 4 values are normal	7.8 to 6.7	No clear light or shadow movement. Hint of scissors effect.	Cornea clear, unobtrusive. Horizontal, oval or round shades central or slightly decentered, when observed under direct ophthalmoscopy.
Level 1	20/25 to 20/15	20/20 to 20/15	30 to 55	1.07 to 1.15	Sometimes one value is abnormal	7.5 to 6.5	Distorted retinoscopic reflex. Scissors effect.	Clear cornea. Fleischer's ring at apex base. Cone and cone base are clearly visible with direct ophthalmoscopy. Decrease in apex thickness is not visible, but can be measured.
Level 2	20/60 to 20/20	20/30 to 20/20	55 to 90	1.10 to 1.25	Often one value is abnormal	6.9 to 5.3	Clear scissors effect, retinoscopy is difficult to perform.	Often cornea is still clear, apex has become slightly thinner and will eventually decenter. Partial or circular Fleischer's ring. Vogt-Striae (parallel striae) may be visible.
Level 3	20/125 to 20/30	20/40 to 20/20	90 to 150	1.15 to 1.45	At least one value is abnormal	6.6 to 4.8	Distinct scissors effect, retinoscopy is nearly impossible to perform.	Apex has become thinner, decentered, and is often slightly cloudy. Clear and mostly circular Fleischer's ring. Vogt-Striae are clearly visible. Eventually Munson-sign will appear.
Level 4	<20/400 to 20/100	20/100 to 20/40	>150	>1.50	At least one value is abnormal	<5 or not measured	Retinoscopy is impossible to perform.	The cornea is often scarred and opaque in the area of the apex. Munson-sign evident. This is eventual end stage of Keratoconus.

Remarks:

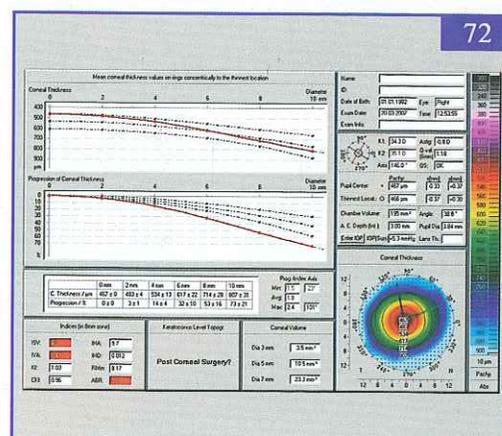
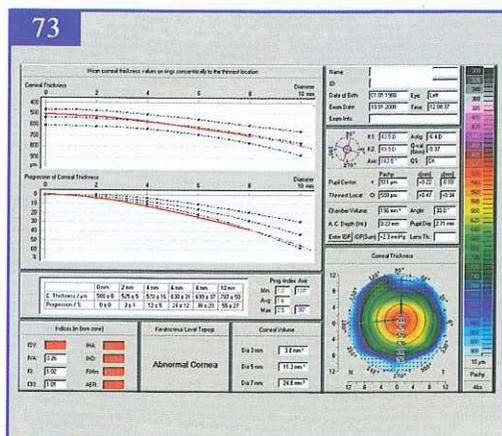
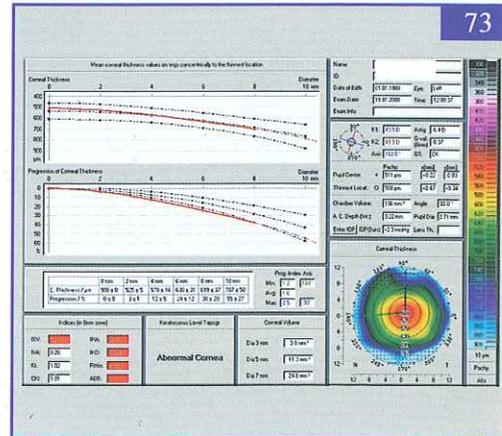
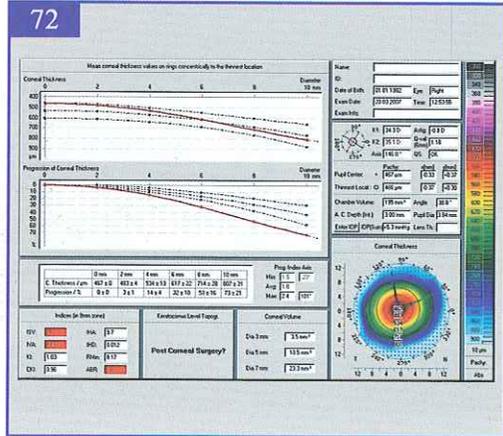
- Pre-stage (early signs): The diagnosis of the pre-stage of Keratoconus is always based on clinical criteria such as a change in power and the axis of the astigmatism, fluctuating refraction values, conspicuous changes in retinoscopy and corneal shadows during observation with the direct ophthalmoscope. Videokeratometry provides supplementary information, but a diagnosis can not be based solely on the results. Corneal tear film irregularities and fixation problems can yield similar images, without the presence of a true Keratoconus.
- This classification was adapted from the classical Amsler- and Muckenhirn standards. It is a topography based graduation and not a clinical one.
- ISV = Index of surface variance KI = Keratoconus index Rmin = minimum value of the curvature of the cornea Eccentricity in 30° refers to the four measuring values nasal, temporal, superior and inferior.
- If visual acuity of 20/25 to 20/20 is achieved with a spectacle correction, contact lenses are not necessarily indicated.
- Munson-sign: The cornea bulges forward. The conical shape is easily recognized in profile, particularly by the acute bulge observed at the lower lid when the patient looks down.

تصنيف مراحل القرنية المخروطية بناءً على التصوير الطبوغرافي

مرحلة (علامات مبكرة)	قدرة بصرية مع تصحيح لاصقة	قدرة بصرية مع عدسات لاصقة	مؤشرات القرنية		تظهِر الشبكية 30°	تظهِر الشبكية	المرحلة السريرية (Rmin)	القرنية
			ISV	KI				
مرحلة (علامات مبكرة)	20/20 إلى 20/15	20/20 إلى 20/15	>30	1.04 إلى 1.07	كل القيم الأربعة متساوية	لا يوجد منعكس ضوئي واضح أو حركة ظلية. علامة المنكس خفيفة.	7.8 إلى 6.7	قرنية رقيقة، غير متبارزة. خيالات تظهر بمنظار العين المباشر تأخذ أشكالاً القلبة بوضوح أو دائرية، مركزية أو ملزاحة بشكل طفيف.
مستوى 1	20/25 إلى 20/15	20/20 إلى 20/15	30 إلى 55	1.07 إلى 1.15	أحياناً تكون قيمة واحدة غير متساوية	منعكس تظهِر الشبكية معوج، علامة المنكس.	7.5 إلى 6.5	قرنية رقيقة، حلقة فليشر عند قاعدة القمة. يظهر المخروط وقاعدته بشكل جلي بمنظار العين المباشر. لا يزال ترقق قمة القرنية غير مرئي، ولكن يمكن قياسه.
مستوى 2	20/60 إلى 20/20	20/30 إلى 20/20	55 إلى 90	1.10 إلى 1.25	غالباً ما تكون قيمة واحدة غير متساوية	علامة المنكس واضحة، يصعب إجراء تظهِر الشبكية	6.9 إلى 5.3	القرنية رقيقة غالباً، أصبحت القمة متقلبة بشكل طفيف وبالنسبة لخطوط فوخت (خطوط متوازية).
مستوى 3	20/125 إلى 20/30	20/40 إلى 20/20	90 إلى 150	1.15 إلى 1.45	على الأقل تكون قيمة واحدة غير متساوية	علامة المنكس مميزة، من المستحيل تقريباً إجراء تظهِر الشبكية.	6.6 إلى 4.8	أصبحت القمة متقلبة وملزاحة وغالباً تكتم بشكل طفيف. حلقة فليشر واضحة وغالباً ما تكون دائرية. خطوط فوخت تصبح جلية. تظهر علامة منسون في النهاية.
مستوى 4	<20/400 إلى 20/100	20/100 إلى 20/40	>150	>1.50	على الأقل تكون قيمة واحدة غير متساوية	يستحيل إجراء تظهِر الشبكية	>5 أو يكون غير مقاس	تصبح القرنية غالباً متقلبة وهائمة في منطقة القمة. علامة منسون موجودة. هذه المرحلة النهائية للقرنية المخروطية.

ملاحظات:

- المرحلة القبلية (العلامات المبكرة): يعتمد تشخيص المرحلة القبلية للقرنية المخروطية دائماً على المعايير السريرية كتغير قوة ومحور حرج البصر، وتموجات الحالة الانكسارية، والتبدلات المشبوهة في تظهِر الشبكية وأخيلة القرنية المشاهدة بتظهير قعر العين المباشر. يزودنا جهاز videokeratometry بمعلومات إضافية ولكن يجب ألا يوضع التشخيص بناءً على نتائج الأجهزة فقط. يمكن لاضطرابات فلم الدمع وسوء التثبيت أن تعطينا صوراً مشابهة للقرنية المخروطية لكن دون أن تكون هناك قرنية مخروطية حقيقية.
- تم اقتباس هذا التصنيف من معايير أmsler وماكن هرن وهو طبوغرافي وليس سريري.
- ISV = مؤشر تبدلات السطح KI = مؤشر القرنية المخروطية Rmin = نصف القطر التحديبي الأصغري اللامركزية في القرنية ضمن 30° تشير إلى القيم الأربعة المقيسة في الاتجاه الأنفي والصدغي والعلوي والسفلي.
- إذا كانت القدرة البصرية 25/20 إلى 20/20 مصححة بالنظارات فلا حاجة للعدسات اللاصقة.
- علامة منسون: يحدث تبارز في القرنية باتجاه الأمام ويمكن تمييزه بأن نطلب من المريض النظر للأسفل فنلاحظ التزوي الحاد في الجفن السفلي الناتج عن تبارز القرنية.



This helps also in other diagnosis, like pellucid marginal degeneration (see figure 66), post surgery cornea (72) or an abnormal cornea (73).

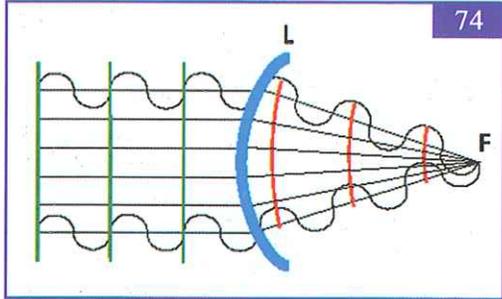
7. Corneal Volume

The computer calculates the cornea volume at a diameter of 10mm around the apex. As mentioned before, there are studies being carried out about the relationship between the cornea volume and keratoconus in a similar way to the relationship between the thickness and location. But these studies are not finished yet.

7. حجم القرنية

يعطي الحاسب حجم القرنية ضمن قرص قطره 10 ملم يتمركز مع قمة القرنية. كما ذكرنا سابقاً، هناك دراسات حول علاقة حجم القرنية مع القرنية المخروطية بشكل مشابه لعلاقة النخانة مع الموقع، ولكن حتى الآن لم تكتمل هذه الدراسات.

يفيد هذا أيضاً في تشخيص حالات أخرى، مثل: التنكس الهامشي الشفاف (راجع الشكل 66)، أو بعد التداخل الجراحي على القرنية (72)، أو عندما تكون القرنية غير سوية (73).

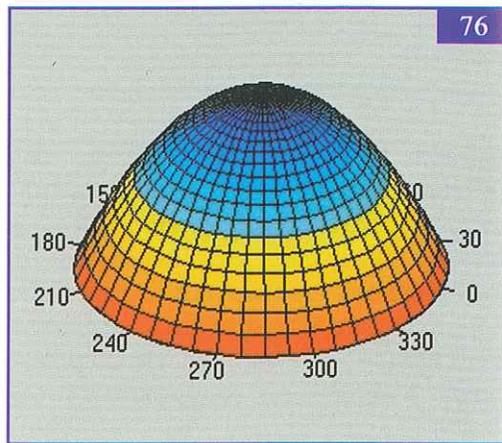
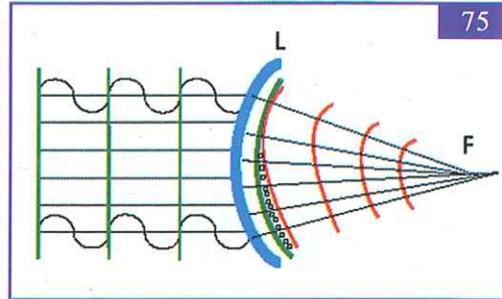


ZERNIKE ANALYSIS

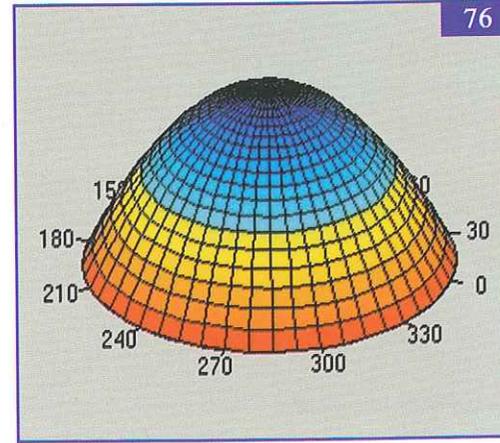
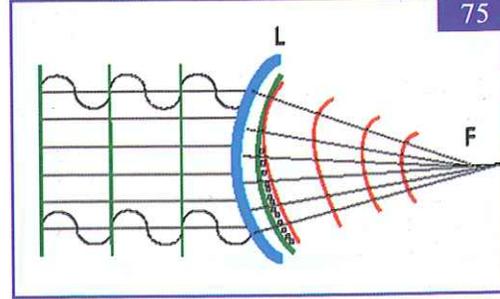
Zernike analysis is normally used to describe wavefronts and the distortions of light passing through the refractive media. These distortions are called "aberrations".

The diagram shown in figure (74) explains wavefront principle. The incident light rays coming from infinity are parallel. Every light ray consists of a sinusoidal oscillation. Locations of equal phase within the total array of sinusoidal oscillations form planar wavefronts which are parallel and perpendicular to the direction of the incident light rays. When the parallel light rays pass through a perfect refractive surface, they (and the wavefronts) meet precisely at a point known as the focal point F. But the ideal case is virtually never encountered in practice because real wavefronts show deviations from a perfect spherical wave after passing through the refractive surface leading to the aberrations (75).

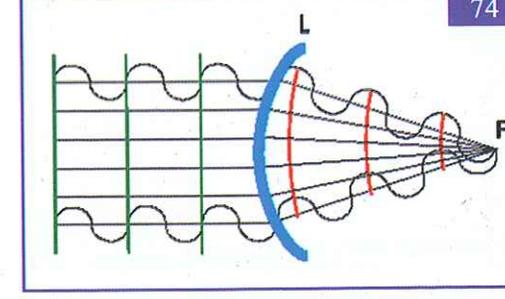
The smaller the deviation or aberration is, the higher the quality of the refractive system, be it a telescope, a microscope, the cornea or the entirety of refractive



media comprised by the human eye. The Dutch physician and Nobel Prize winner Fritz Zernike (1888-1966) succeeded in mathematically representing the deviations of a real wavefront from an ideal one expressed as symbols in the radial and angular directions depending on the analysis of the scientist Fourier. Following are the most common and significant aberrations: Spherical aberrations (76).



لقد استطاع العالم الألماني فريتز زرنيكه (1888-1966) والفائز بجائزة نوبل، أن يعبر بشكل رياضي عن التشوهات التي تطرأ على الصفحة الموجية الحقيقية نسبة للصفحة المثالية حيث عبر عنها برموز تمثل مقدار التشوه بالاتجاهين الشعاعي والزاوي، مستنداً إلى تحليلات العالم فورييه. وفيما يلي نوضح أكثر أشكال الزوغانات شيوعاً وأهمية: الزوغان الكروي (76)

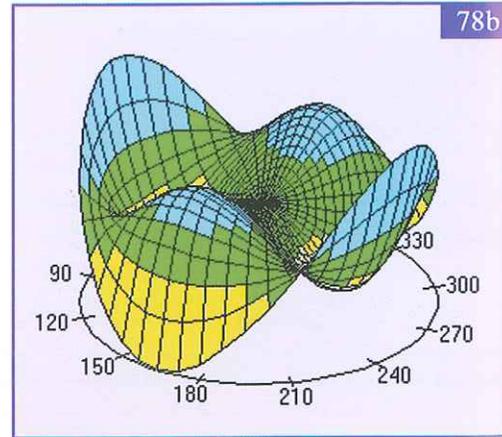
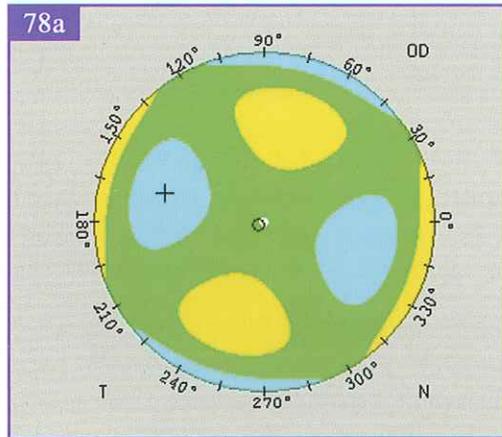
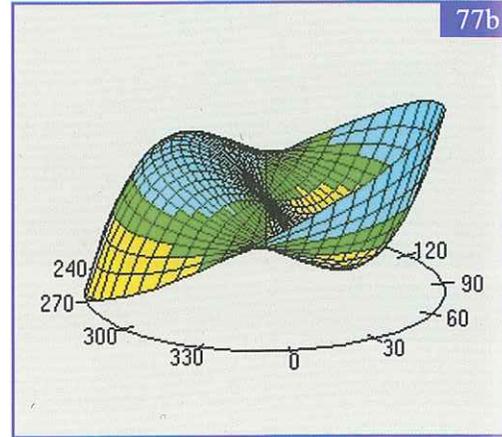
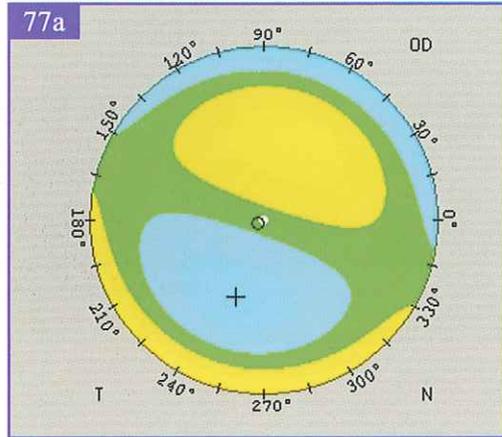


تحليل زرنكه

يهتم تحليل زرنكه بوصف الصفحة الموجية، وما يطرأ عليها من تشوهات أثناء مرورها عبر الأوساط الكاسرة للضوء، وهو ما يسمى: "الزوغانات".

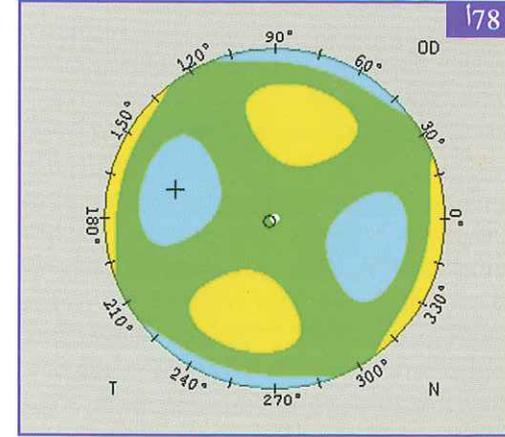
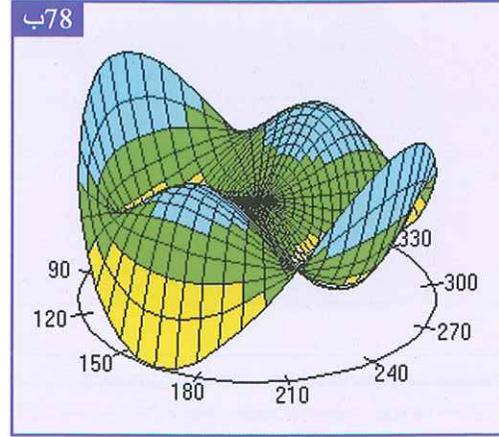
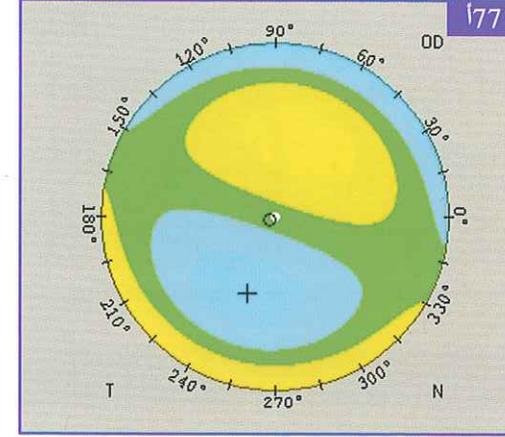
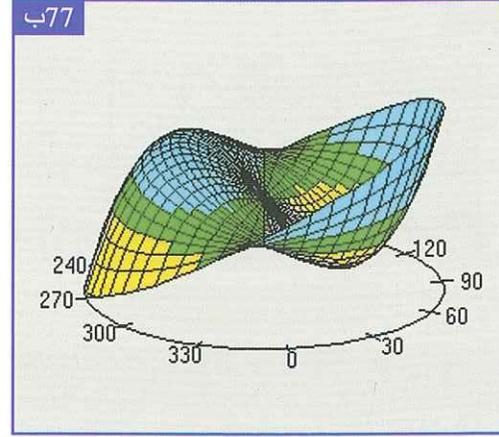
يبين الشكل (74) مبدأ الصفحة الموجية. نفرض أن الأشعة الضوئية تأتي من اللانهاية إلى السطح الكاسر للضوء، ستكون هذه الأشعة متوازية. يتألف كل شعاع ضوئي من اهتزازات جيبيية. تشكل الأطوار المتساوية لمنظومة الاهتزازات الجيبيية سطوحاً موجية تسمى الصفحات الموجية وتكون متوازية وعمودية على مسار الأشعة الضوئية. عندما تمر الأشعة الضوئية المتوازية عبر سطح مثالي كاسر للضوء، فإنها هي وصفحاتها الموجية ستلتقي في نقطة تسمى: النقطة المحرقة (F). لكن هذا الشيء المثالي غير موجود في الواقع، فالصفحات الموجية الحقيقية تنحرف عن الصفحة الموجية المثالية بعد انكسارها مسببة ما يسمى الزوغانات (75).

كلما كانت التشوهات أو الزوغانات أقل، كلما كانت نوعية النظام الكاسر للضوء أفضل، سواء أكان هذا النظام مقراباً أو مجهرًا أو قرنية أو النظام الكاسر للضوء الذي تتألف منه عين الإنسان ككل.



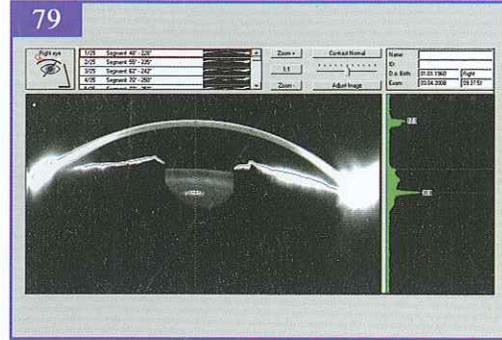
Coma (77a and b).
Astigmatic high order aberrations
(multifoil aberrations) (78a and b).

Speaking about aberrations needs a separate book, but we can say briefly: both spherical and coma aberrations affect central vision, while the astigmatic high order aberrations affect peripheral vision. For this reason, it is newly recommended that we should ablate wider zone (7mm) to push the coma to the periphery when it exists.



إن الحديث عن الزوغانات يطول، ويحتاج لكتيب مستقل. لكن يمكن القول، وباختصار شديد: إن الزوغان الكروي وزوغان الفاصلة يؤثران على الرؤية المركزية، في حين أن الزوغانات الحرجية عالية الرتبة تؤثر على الرؤية المحيطية؛ ولذلك من التوصيات الجديدة، أن تكون منطقة الكشط ذات قطر واسع (7ملم) عند وجود زوغان الفاصلة من أجل دفع الزوغان للمحيط بقدر الإمكان.

زوغان الفاصلة (77 أوب).
الزوغانات الحرجية عالية الرتبة: وتسمى أيضاً "الزوغانات متعددة الوريقات".
(78 أوب).



SCHEIMPFLUG IMAGES AND DENSITOMETRY

The principle of Pentacam depends on taking side images of light slices (79). A rotational blue slit light of fixating center is directed towards the cornea. The camera is laterally located and captures all the media the slit light can penetrate and reach. This concept outdoes many other topographic systems in that it overcomes the problem of depth of focus.

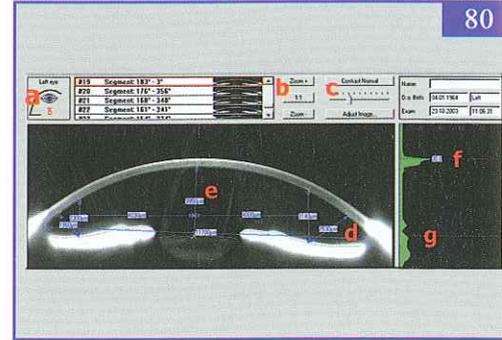
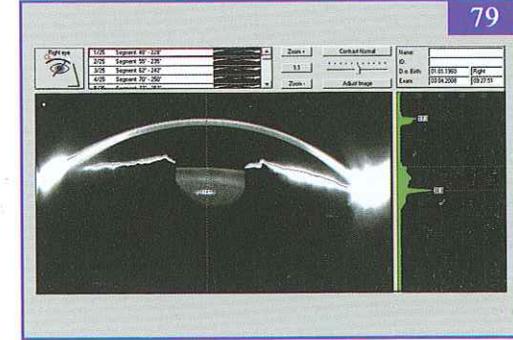
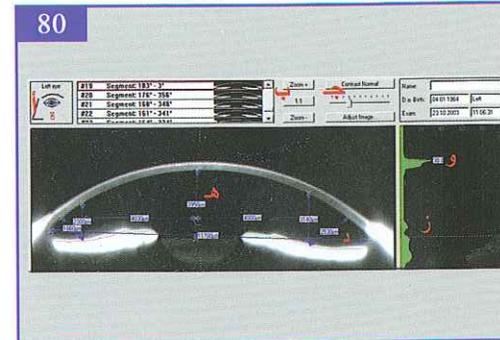


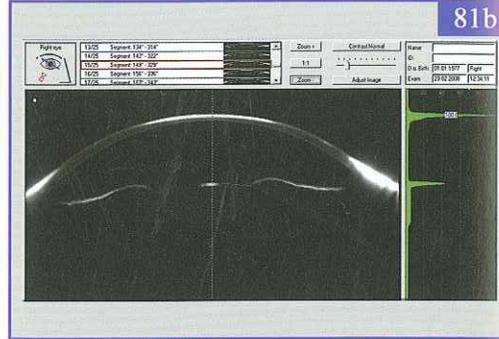
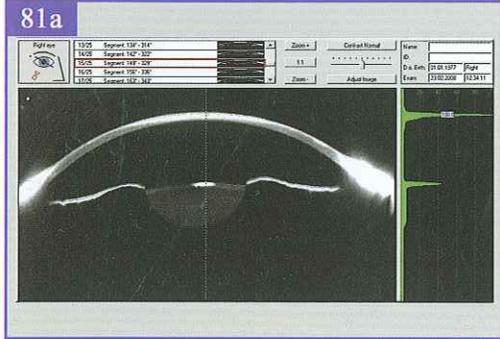
Figure (80) shows the followings:
 a: The examined eye in which the camera-/intersection position of the selected picture was taken. This can be changed manually.
 b: Control of -zoom and +zoom.



خيالات شايملفلوغ وقياس الكثافات

يُظهر الشكل (80) ما يلي:
 أ: العين المصورة والمقطع المشاهد الآن،
 والزاوية التي تم التصوير منها. يمكن
 تبديل الزاوية يدوياً.
 ب: التحكم بالتكبير والتصغير.

يعتمد مبدأ التصوير الطبوغرافي في آلة التصوير بنتاكام على التقاط صور جانبية للشرائح الضوئية (79). حيث يتم توجيه شق ضوئي أزرق ذي مركز دوراني لتُنَبِّت عليه العين المدروسة. تتوضع آلة التصوير جانبياً وتقوم بالتقاط الصور لكل الأوساط التي يستطيع الشق الضوئي اختراقها، والوصول إليها. إن هذا المبدأ في التصوير يتغلب على مشكلة عمق البؤرة، التي يعاني منها كثير من أجهزة التصوير الطبوغرافي.



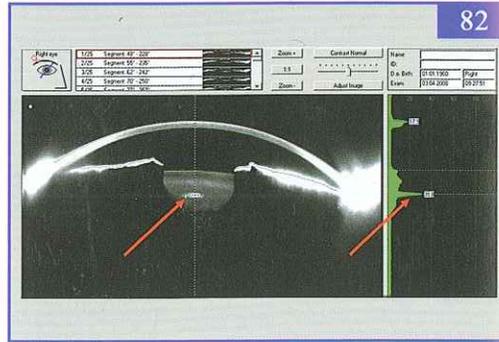
c: Control of contrast: This is necessary to show details (81a and b). Reducing contrast enhances superficial corneal opacities, although it is the same green density diagram in both figures.

d: Measurement functions:
- Anterior chamber angle.
- Anterior chamber depth.

e: Corneal density.

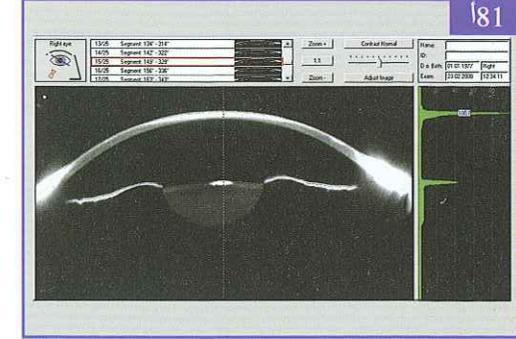
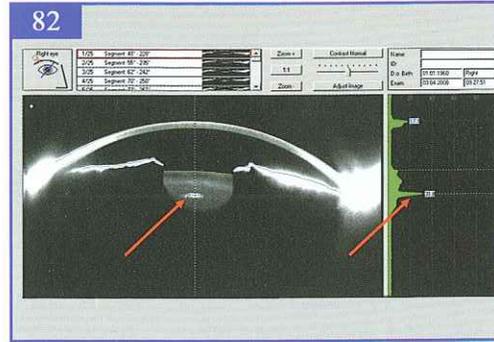
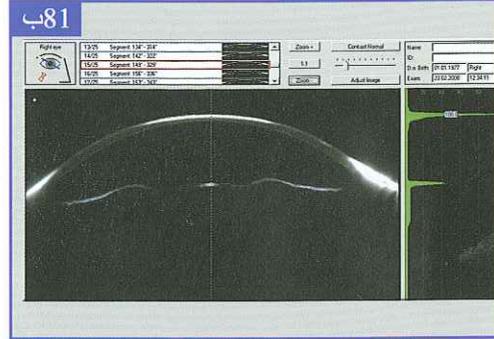
f: Lens density:

By clicking anywhere on the lens, the display will show the densitometry in a green bar on the right hand side of the image. The height of the graph (green) expresses the opacity of the lens. The corresponding section plan – marked by the dashed lines – is evaluated numerically by means of moving the mouse and the left mouse button depressed, the system is able to evaluate the densitometry at any point of the lens. The same applies on the cornea.



Densitometry is essential in taking the right decision in some cases such as:

- The depth of PTK to treat a superficial corneal opacity.
- The reason of clinical manifest astigmatism and topographic corneal astigmatism incongruence, such as opacities in the cornea or the lens (82).



ج: التحكم بمدى التباين: وهو مهم في إظهار بعض التفاصيل (81 أ و ب). لاحظ كيف أن تخفيف شدة التباين تؤدي لظهور التكتفات السطحية في القرنية بشكل أوضح، بالرغم من أن الكثافة التي يُظهرها المخطط الأخضر، هي نفسها في الشكلين.

د: القياسات التي يمكن إجراؤها:

1. زاوية البيت الأمامي.
2. عمق البيت الأمامي.

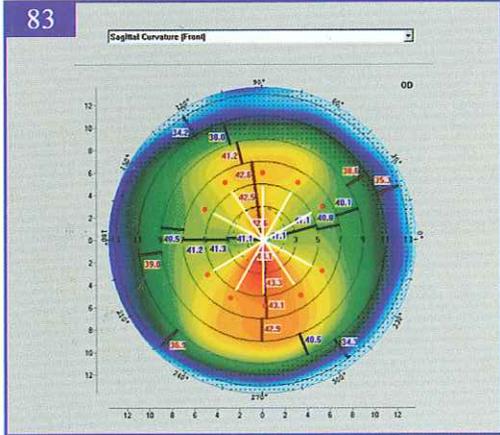
هـ: كثافة القرنية.

و: كثافة الجسم البلوري.

يمكن قياس كثافة أية نقطة في الجسم البلوري بواسطة مقياس الكثافة الأخضر الموجود على الطرف الأيمن من الصورة. يمثل ارتفاع المخطط الأخضر شدة كثافة الجسم البلوري. يجري تقييم رقمي للمقطع الموافق (المتمثل بالخط المتقطع) وذلك بتحريك المشيرة مع الضغط على زر الأيسر. يطبق ما سبق أيضاً على القرنية.

يفيد قياس الكثافة في قرارات عدة:

- عمق قطع القرنية الضوئي العلاجي (PTK) اللازم لإزالة تكثف سطحي في القرنية.
- سبب اختلاف الحرج السريري الظاهري عن الحرج القرني الطبوغرافي، كأن يكون هناك تكثفات في القرنية أو في الجسم البلوري (82).



CASE STUDY

Keratoconus

Let us first explain

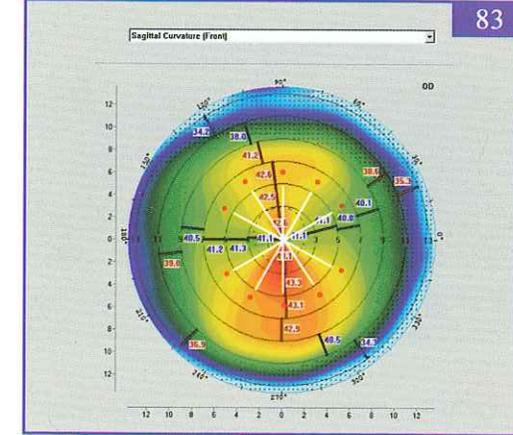
I-S Rabinovich law (83):

First, the flat axis is identified on the sagittal curvature map. Then the curvature power is measured in five points above the flat axis, they are 3mm far from corneal center and 30° apart. The average of the measured points is calculated. The same process is repeated below the flat axis. The superior average is then subtracted from the inferior average (I-S). The normal value is positive and less than +2, i.e. the cornea is normally slightly steeper inferiorly than superiorly. It is abnormal when the difference is more than +2.

Keratoconus Topographic Indices according to Rowsey's rule of 2's:

Beware of occult keratoconus when you see:

- Cornea over 2 diopters steeper than 45 (≥ 47)
- Cornea over 2 diopters steeper than fellow.
- Cornea over 2 diopters I-S (Rabinovich): inferior-superior disparity 6mm optical zone.
- SRAX Law: It is the abbreviation of Skewed Steepest Radial Axis Index. It is an index of the angulation between the lower and the upper segments, if it is more than 22°, it is a risk factor. It is calculated as follows: The disparity between the axes of the two segments is measured. Suppose that the axis of the upper part is 45°, and the axis of the lower part is 265°, the disparity is $265-45=220$. Subtract 180° from the result, and you will have 40°, which is more than 22°.



دراسة حالات سريرية

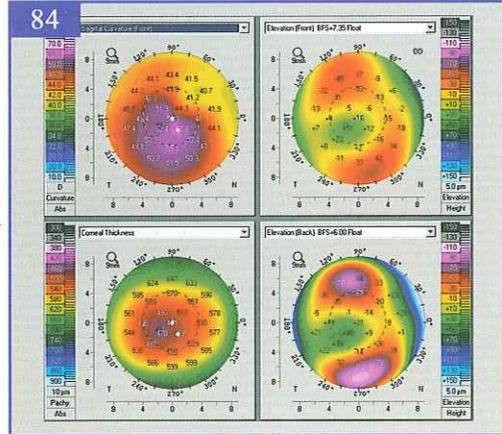
القرنية المخروطية

لنشرح أولاً قانون رابينوفيتش I-S (83): يتم تعيين المحور الأقل تحدباً على الخارطة التحديدية السهمية الأمامية، ثم يتم قياس القوة التحديدية في خمس نقاط تبعد عن مركز القرنية 3 ملم، ويفصل الواحدة عن الأخرى زاوية 30 درجة، وتقع النقاط أعلى المحور الأقل تحدباً، ثم يؤخذ المتوسط منها، وتكرر العملية نفسها أسفل المحور ذاته ويؤخذ المتوسط منها. يطرح بعد ذلك متوسط القسم العلوي من متوسط القسم السفلي (I-S)، تكون القيمة السوية موجبة وأقل من +2، مما يعني: أن تحدب القسم السفلي للقرنية أكبر من تحدب القسم العلوي بشكل خفيف. وتعد الحالة مرضية إذا كان الفارق أكثر من +2.

المعايير الطبوغرافية للقرنية المخروطية

حسب قاعدة راوسي ذات الرقم اثنين:

- انتبه للحالات الخفية من القرنية المخروطية عندما تشاهد:
- قوة التحدب القرني أكثر من 45 باثنتين (47 فأكثر)
- قرنية ذات قوة تحديبية أكبر من القوة التحديدية لقرنية العين الثانية بأكثر من اثنين.
- القوة التحديدية السفلية أكبر من القوة التحديدية العلوية بأكثر من اثنين ضمن دائرة الـ 6 ملم المركزية (قانون رابينوفيتش I-S).
- قانون (SRAX): وهو اختصار لـ "مشعر المحور الشعاعي المتجانف الأكثر تحدباً": هو مشعر لمقدار التزوي بين محوري القطعتين السفلية والعلوية. إذا كان أكثر من 22 درجة فهو مؤشر خطر. يُحسب هذا المشعر بالنظر إلى محور القسم العلوي ولنفرض 45 درجة، وإلى محور القسم السفلي ولنفرض 265 درجة، فيكون الفارق بينهما $265-45=220$ ، ثم نطرح 180 من الناتج فيكون الحاصل 40 درجة وهو أكثر من 22 درجة.



- Peripheral thickness $>20\mu$ greater than the central thickness.

Other Important Criteria of Keratoconus:

- Look at the 4mm central circle and compare the two opposite vertical values in all maps. In case of keratoconus:
 - 1- Thickness of the lower point is 30mm more than the upper point.
 - 2- Curvature power of the lower point is 1.5D more than the upper point.
- Compare the thickness in the thinnest location between the examined cornea and its fellow, the difference is more than 30 microns.
- The average of central curvature readings increases more than one diopter every 1-2 years.

Topographic Differential Diagnosis of Keratoconus:

Beware of false positive cases:

- Use of contact lenses, particularly hard.
- Pellucid marginal degeneration.
- Keratoglobus.
- Post corneal surgery.
- Trauma.
- Peripheral ulcerative disease.
- Salzmann's nodular degeneration.
- Tear film disturbance.

Case Study:

Let us apply the all mentioned criteria on a keratoconus case (84):

التشخيص التفريقي الطبوغرافي للقرنية المخروطية:

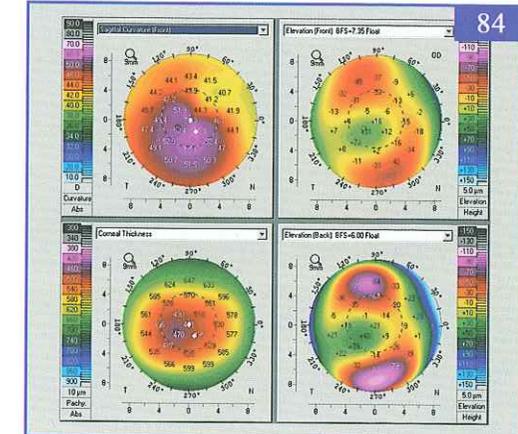
يجب الانتباه للحالات التالية ذات

الإيجابية الكاذبة:

1. استخدام العدسات اللاصقة وخاصة الصلبة.
2. التناكس الهامشي الشفاف.
3. القرنية الكروية.
4. جراحة سابقة على القرنية.
5. رض.
6. آفة مقرحة محيطية.
7. عقيدة سالزمان التنكسية.
8. اضطرابات فلم الدمع.

دراسة حالة سريرية:

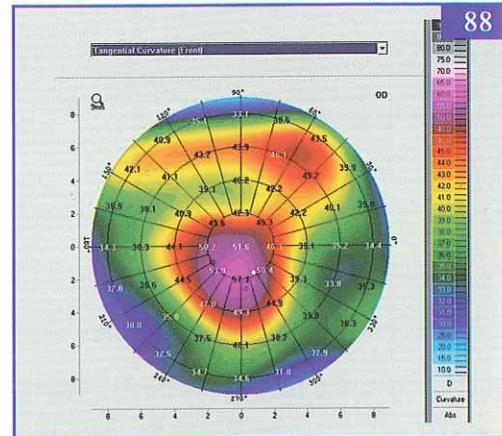
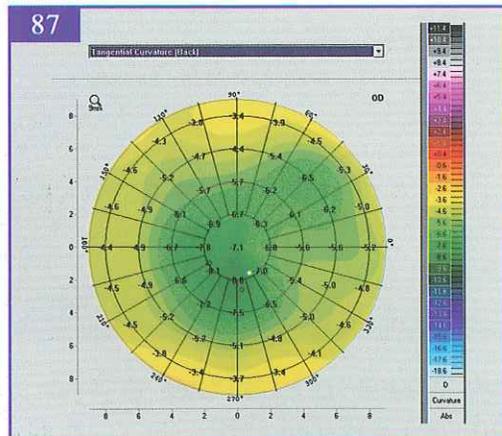
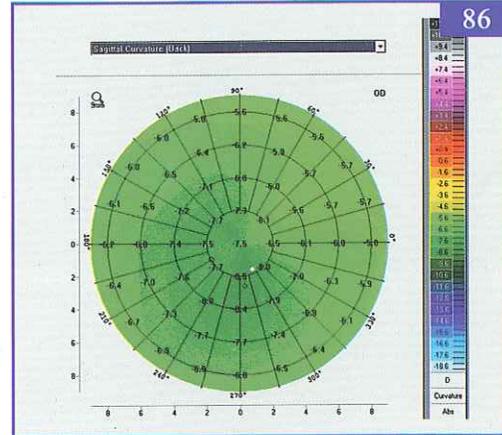
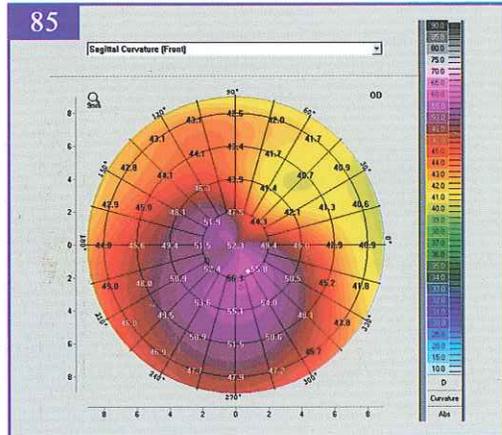
لندرس الآن حالة قرنية مخروطية ونطبق كل المعايير السابقة التي مرت بنا (84):



- تزيد الخانة المحيطية على المركزية بأكثر من 20 ميكروناً.

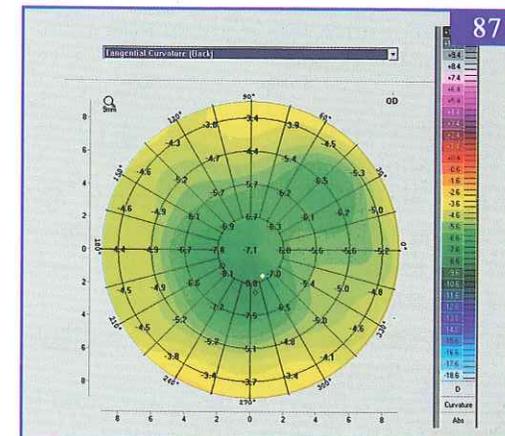
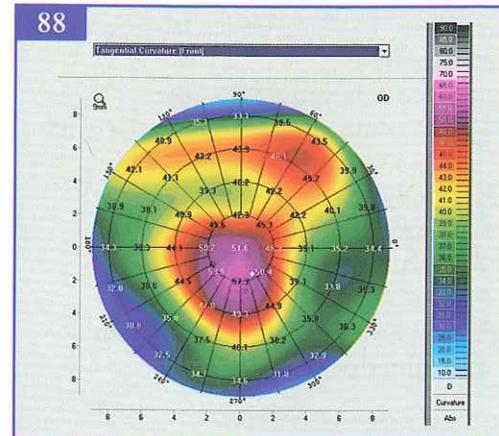
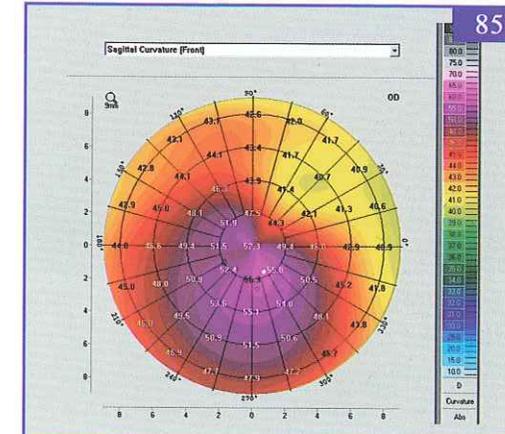
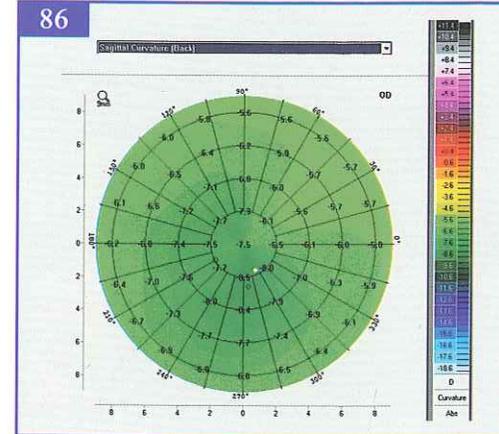
معايير أخرى مهمة للقرنية المخروطية:

- ننظر إلى الدائرة المركزية ذات القطر 4 ملم، ونقارن بين القيمتين المتقابلتين في الاتجاه العمودي، وذلك على كل الخرائط. في حال القرنية المخروطية:
 1. تزيد خانة النقطة السفلية عن العلوية بأكثر من 30 ميكروناً.
 2. يزيد تحذب النقطة السفلية عن العلوية بأكثر من 1.5 كسيرة تحدبية.
- نقارن بين ثخانتتي القرنتيتين في أرق نقطة، يزيد الفارق عن 30 ميكروناً.
- ازدياد متوسط القراءات التحديدية في مركز القرنية بمعدل أكثر من كسيرة تحدبية واحدة كل سنة إلى سنتين.



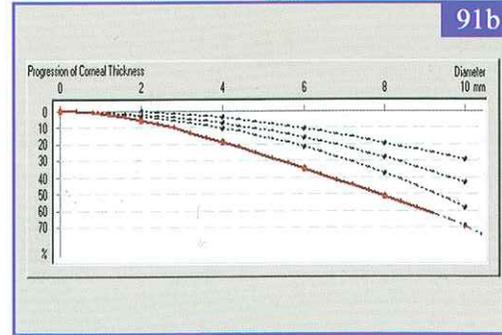
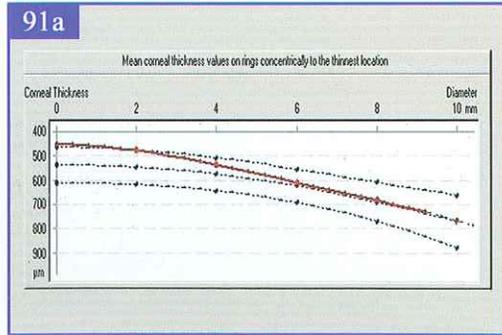
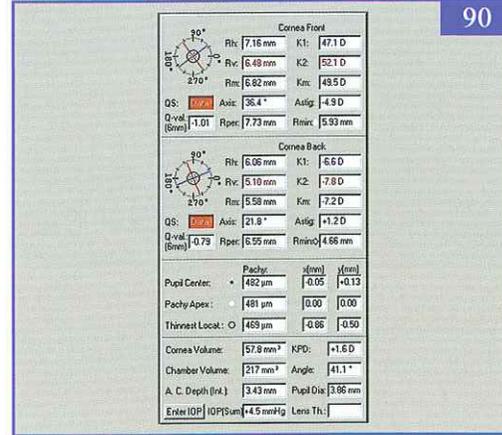
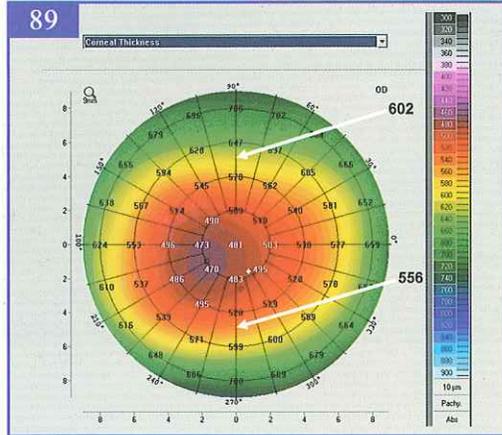
1. Anterior sagittal curvature map (85):
 - Curvature power is 1.5D more inferiorly than superiorly.
 - Angulation is more than 30 degrees.
 - Curvature readings are more than 47D.
2. Posterior sagittal curvature map (86):
 - power of concavity (negative values) in the lower part is more than that in the upper part.

3. Posterior tangential curvature map (87) is similar to the posterior sagittal curvature map.
4. Anterior tangential curvature map (88) is noisier than the anterior sagittal curvature map, as the cone and irregularity are more detailed and clearer. This indicates an anterior keratoconus, because of the similarity between the sagittal and tangential maps of the back surface of the cornea.



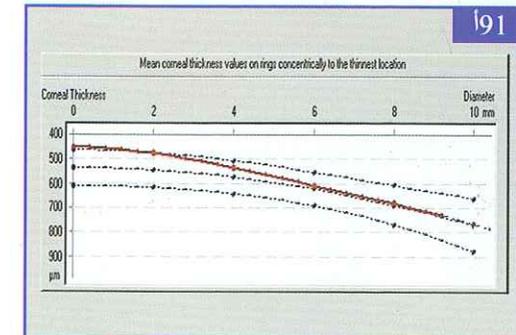
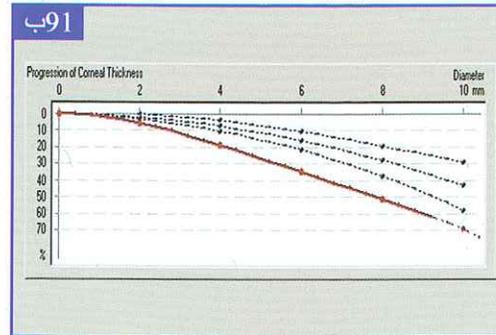
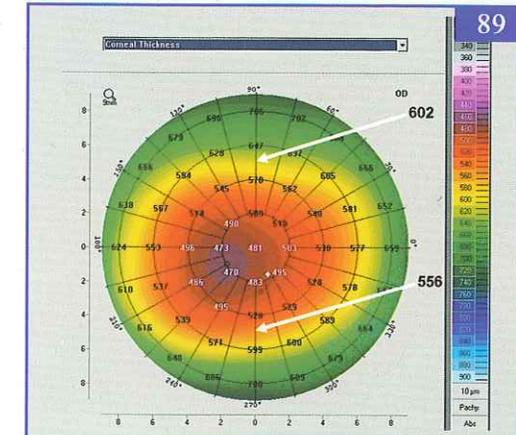
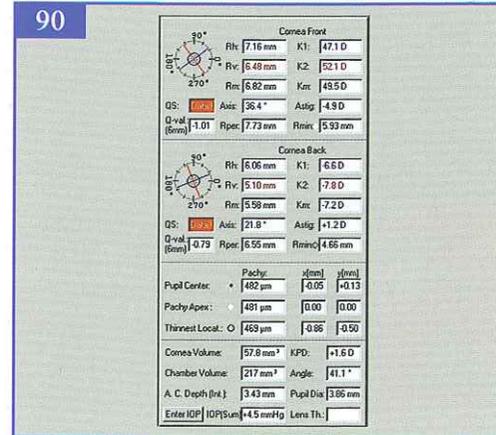
3. خارطة التحديبية التماسية الخلفية (87): تشابه خارطة التحديبية السهمية الخلفية.
4. خارطة التحديبية التماسية الأمامية (88): وهي لا تشابه خارطة التحديبية السهمية الأمامية، حيث يظهر فيها كل من المخروط وعدم الانتظام بشكل أكثر وضوحاً، مما يدل على أنها قرنية مخروطية أمامية، نظراً للتشابه بين الخارطتين السهمية والتماسية للوجه الخلفي للقرنية.

1. خارطة التحديبية السهمية الأمامية (85): تبدو فيها المؤشرات التالية:
 - القوة في القسم السفلي أكبر من العلوي بما يزيد عن 1.5 كسيرة تحديبية.
 - التزوي أكبر من 30 درجة.
 - القراءات التحديبية أكبر من 47 كسيرة تحديبية.
2. خارطة التحديبية السهمية الخلفية (86): تبدو فيها القوة التقرنية في القسم السفلي أكبر من العلوي.



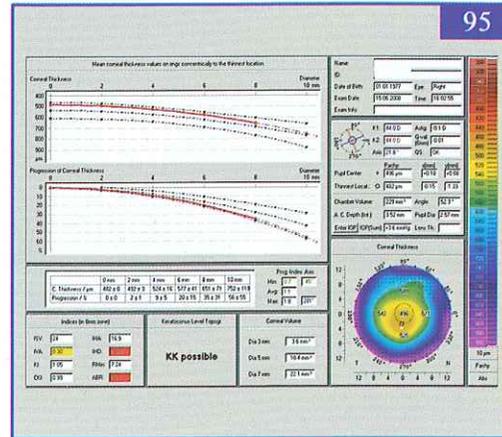
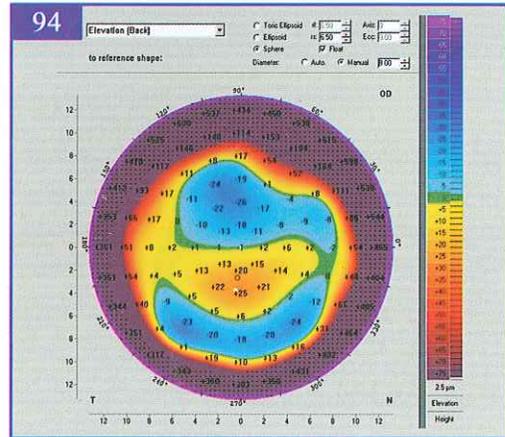
5. There is more than 30μ difference between the lower and upper points at the 4mm circle (89).
 Figure (90) shows:
 6. Anterior curvature readings are more than 47D.
 7. The thinnest location is less than 470μ .
 8. The difference between the thinnest location and cornea apex thickness is more than 10μ .

9. The thinnest location is -500μ (inferiorly displaced) from the apex.
 10. Q-value is < -1 .
 11. KPD index is $> +1.5$.
 12. Keratoconus diagram shows deviation before the 6mm circle (91a and b).



9. مقدار انزياح أرق نقطة بالنسبة لقمة القرنية -500 ميكرون في الاتجاه العمودي، أي: نحو الأسفل.
 10. قيمة Q > -1 .
 11. مشعر الانحراف القياسي القرني أكبر من $+1.5$.
 12. منحى مشعر القرنية المخروطية يبدي انحراف المخطط، قبل دائرة الـ 6 ملم (91ا و ب).

5. الفارق في ثخانة القرنية بين النقطة السفلية والعلوية على دائرة 4 ملم، أكبر من 30 ميكرون (89).
 وبالنظر إلى الشكل (90):
 6. القراءات التحديدية للوجه الأمامي تزيد عن 47 كسيرة تحديدية.
 7. أرق نقطة في القرنية أقل من 470 ميكرون.
 8. الفارق في ثخانة القرنية بين أرق نقطة وقمة القرنية أكثر من 10 ميكرونات.



MISCELLANEOUS

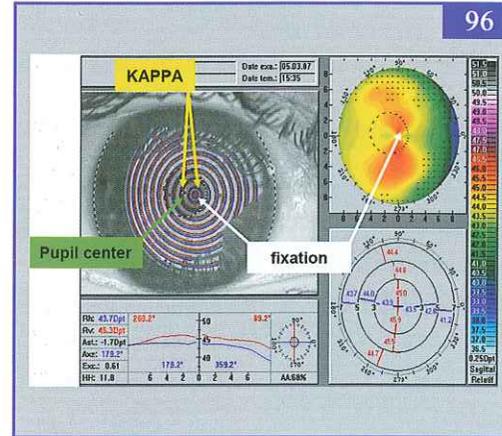
Decentration / Offset Pupil

As previously mentioned (see figure 59), the computer considers the cornea apex as the origin of corneal coordinates to which the pupil center is measured. When taking captures and when doing the surgery, the pupil should not be dilated, because the location of the physiological pupil center is different from that of the dilated pupil.

Angle Kappa:

It is the angle between the visual axis and the axis which passes through the pupil center (96). Systems depending on Placido disc measure angle kappa but other systems (like Pentacam) do not. This raises the need to find a way to estimate the angle in such systems. It was found that the visual axis passes somewhere in between the pupil center and the apex of the cornea, and might be half the distance.

Anyhow, angle kappa is considered significant when it exceeds 0.1mm (100 μ). This is important for two reasons:



- When angle kappa is $> 0.1\text{mm}$ (100 μ), the capture should be repeated to be sure that the patient was fixing well during the capture. That is because the angle increases (or decreases) due to misalignment. If the angle is still the same, it is real and valid. Misalignment during captures causes many mistakes that will be mentioned in the paragraph "the effect of misalignment on corneal topography".
- When a patient naturally has wide angle kappa, his topography may display unreal changes, resembling the case of misalignment. This will be mentioned in the paragraph "the effect of misalignment on corneal topography".

متفرقات

إزالة التمرکز أو إعادة التمرکز

ذكرنا في فقرة سابقة (راجع الشكل 59) أن الحاسب يُعدّ قمة القرنية مبدأً للإحداثيات، ويقاس بالنسبة إليه مركز الحدقة. كما ذكرنا أيضاً أنه من المهم أن تكون الحدقة غير موسعة دوائياً عند إجراء التصوير وعند العملية، لأن موقع مركز الحدقة يختلف ما بين أن تكون الحدقة بقطرها الفيزيولوجي أو بحالة التوسّع الدوائي.

زاوية كابتا:

زاوية كابتا هي الزاوية الفاصلة ما بين المحور البصري والمحور المارّ عبر مركز الحدقة (96). تستطيع الأجهزة المعتمدة على نظام قرص بلاسيديو أن تقيس زاوية كابتا وهو ما لا تستطيعه الأجهزة الأخرى مثل البنتاكام. إذا لابد من طريقة لقياس الزاوية في مثل هذه الأجهزة. لوحظ أن المحور البصري يمر عبر القرنية في نقطة تقع ما بين مركز الحدقة وقمة القرنية، وقد تكون في منتصف المسافة بينهما.

على أية حال تُعدّ زاوية كابتا مهمة عندما تزيد على 0.1 ملم (100 ميكرون). إن هذا مهم لسببين:

- عندما تكون زاوية كابتا أكبر من 0.1 ملم (100 ميكرون)، يجب إعادة التصوير أكثر من مرة، للتأكد من أن المريض كان يثبت بشكل جيد أثناء التصوير، إذ إن الزاوية تزداد (أو تنقص) مع فقد التثبيت أثناء التصوير، فإذا بقيت الزاوية كما هي بالرغم من إعادة التصوير عدة مرات، فهي زاوية حقيقية. إن سوء التثبيت أثناء التصوير يؤدي إلى أخطاء عديدة سنأتي على ذكرها بالتفصيل في فقرة "تأثير سوء التثبيت على نتائج التصوير الطبوغرافي".
- عندما تكون الزاوية كبيرة بشكل طبيعي عند مريض ما، فإنها تقلّد حالة سوء التثبيت، مما يعطي تبدلات غير حقيقية في الصور الطبوغرافية كما سيأتي في فقرة "تأثير سوء التثبيت على نتائج التصوير الطبوغرافي".

- When treating refractive errors (particularly hyperopia and astigmatism), optimal results can be achieved when the center of ablation coincides with the optical axis. This can be achieved by taking angle kappa into account and can be done in two ways:

The first one depends on the coordinates of the pupil. Half the values are manually input into the excimer computer with full attention to the algebraic sign provided that any value input should not exceed 200 μ .

For example, if $X = 0.2\text{mm}$ (200 μ) and $Y = 0.1\text{mm}$ (100 μ), we input $X = 100\mu$ and $Y = 50\mu$. But, if $X = 0.5\text{mm}$ and $Y = 0.3\text{mm}$, we input $X = 200\mu$ and $Y = 150\mu$.

The second one is the topography guided treatment. Captures are managed and installed into the excimer computer with no need to any manual adjustment of centration. In both methods, great care should be taken to the location of the flap, because the decentration holds the risk of applying part of the laser beam out of the flap bed leading to irregular treatment and hence aberrations (mainly coma). So, the flap should also be decentered to compensate for the decentration.

Decentration is mostly important when correcting hyperopia and astigmatism.

-Hyperopia:

Depending on corneal biomechanics, ablating corneal periphery causes central steepening. But the question is: where will be the apex of the steepening? Is it at the corneal apex or at pupil center? Does it coincide with the optical axis? The answer is: by decentration, we are as near as possible to the optical axis, and, by the way, reducing the possibility of iatrogenic aberrations.

-Astigmatism:

When astigmatism is $>2D$, it will be useful to apply what has been mentioned in hyperopia to have optimal results.

أكثر ما تفيد إزالة التمرکز في حالتين: المد، والحرّج.

- مد البصر:

من المعروف أن الكشط في حالة المد سيكون محيطياً، من أجل إحداث تحدب في مركز القرنية، اعتماداً على الخواص الحيوية الميكانيكية للقرنية. لكن السؤال المطروح الآن: أين ستكون قمة التحدب؟ هل ستكون مطابقة لقمة القرنية، أم لمركز الحدقة، أم موافقة للمحور البصري؟ والجواب: أنه بإجراء إعادة التمرکز، نستطيع أن نقول: إننا اقتربنا قدر الإمكان من المحور البصري، مقللين بذلك من الزوغانات المحدثة بقدر الإمكان.

- حرّج البصر:

عندما يزيد الحرّج على كسيرتين، يصبح من المفيد تطبيق ما ذكر في حال المد للحصول على أفضل نتيجة بصرية ممكنة.

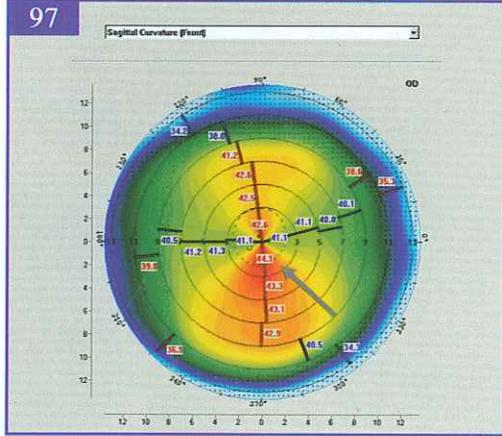
• عند علاج سوء الانكسار لدى المريض - خاصة المد والحرّج - فإن أفضل نتيجة تكون عندما ينطبق مركز الكشط على المحور البصري للعين المعالجة، وهذا يمكن تحقيقه بإحدى طريقتين:

الأولى: هي تلك التي تستخدم إحداثيي مركز الحدقة، حيث يتم إدخال نصف القيمتين إلى حاسب جهاز الإكزيمر بشكل يدوي، مع الانتباه للإشارة الجبرية، بشرط ألا تزيد أية قيمة مدخلة عن 200 ميكرون.

مثلاً: إذا كانت قيمة $X = 0.2$ ملم (200 ميكرون)، وقيمة $Y = 0.1$ ملم (100 ميكرون)، فإننا ندخل $X = 100$ ميكرون، و $Y = 50$ ميكرون. لكن لو كانت $X = 0.5$ ملم، و $Y = 0.3$ ملم، فإننا ندخل $X = 200$ ميكرون، و $Y = 150$ ميكرون.

الثانية: هي تلك التي تعتمد النظام الموجّه بالطبوغرافيا، حيث تتم معالجة الصور الطبوغرافية ثم تحميلها إلى حاسب جهاز الإكزيمر دون أي تعديل يدوي للتمرکز.

في كلتا الطريقتين، يجب الانتباه الشديد إلى أن إعادة تمرکز حزمة الليزر يتطلب ضبطاً محكماً للسديلة المجرأة، أي إعادة تمرکز لها أيضاً، وإلا سيقع جزء من حزمة الليزر المطبق خارج منطقة العلاج المطلوبة، مما قد يسبب زوغانات ناتجة عن تطبيق غير منتظم، وأهم الزوغانات المحدثة هنا: زوغان الفاصلة، ولذلك يجب إعادة تمرکز السديلة أيضاً للتكيف مع إعادة تمرکز أشعة الليزر.



The Effect of Misalignment on Corneal Topography

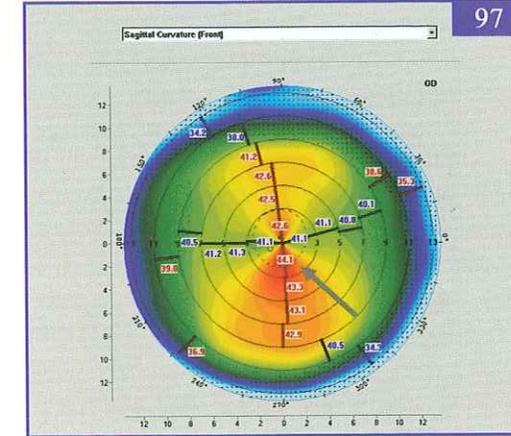
One of the main reasons to postpone the operation is the risky indicators in topography, such as hot spot (97).

The hot spot is an island of high K-readings on the anterior sagittal curvature map.

One of the reasons of hot spot is misalignment, which makes the computer give misleading data which appear like a hot spot. This problem happened frequently with old topographic systems where the anterior sagittal curvature map was the only map to display, there were neither posterior curvature map nor elevation maps or thickness map or any other indispensable maps.

There are two kinds of misalignment:

1. Patient's error misalignment: This happens when the patient fixes on a point away from the original fixation point of the camera. This error is called: misalignment by rotation. Of course, this appears clearly to the examiner, but instead of asking the patient to re-concentrate and align properly, the examiner wrongly tries to overcome this problem by realigning the camera on the displaced pupil!!
2. Examiner's error misalignment: the patient here aligns properly on the fixation point, but the examiner doesn't adjust the camera properly on patient's pupil. This error is called: misalignment by translation.



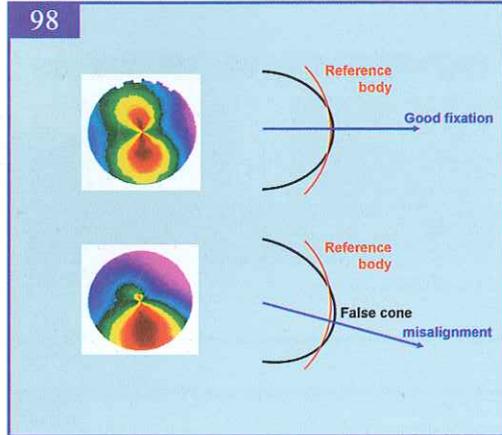
تأثير عدم التثبيت الدقيق على نتائج التصوير الطبوغرافي

إن أحد الأسباب المهمة لإلغاء العملية هو: أن تكون في الصورة الطبوغرافية مؤشرات خطيرة، وأهمها: البقعة الحارة (97). والبقعة الحارة: هي قراءات تحدبية عالية تظهر بشكل جزيرة على الخارطة التحديبية السهمية الأمامية.

إن من أسباب البقعة الحارة عدم التثبيت الصحيح، مما يجعل الحاسب يعطي معلومات غير دقيقة تظهر بشكل بقعة حارة، وهذا ما كان يحدث كثيراً في السابق، لأنه كان يعتمد في الأجهزة القديمة على الخارطة التحديبية السهمية للوجه الأمامي للقرنية، دون أية خرائط للوجه الخلفي، أو للارتفاعات، أو خرائط الثخانة، وغيرها من الخرائط التي لا غنى عنها للدراسة المتكاملة.

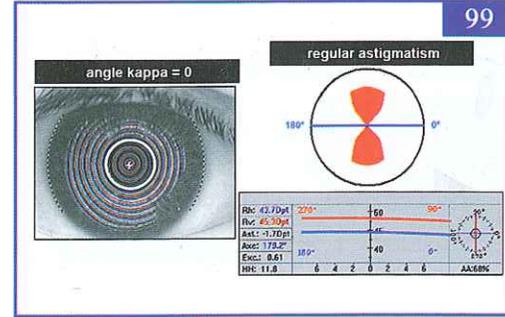
هناك نوعان من أخطاء التثبيت:

1. خطأ المريض: وهو يحدث عندما يثبت المريض على نقطة خارجة عن نقطة التثبيت الأساسية في الجهاز، ويدعى هذا الخطأ: سوء التثبيت الدوراني. بالطبع يظهر هذا للفاحص، ولكن بدلاً من أن يطلب من المريض التركيز والتثبيت الصحيح، يحاول وبشكل خاطئ التغلب على هذه المشكلة بإعادة ضبط الجهاز على حدقة المريض المنزاحة!!
2. خطأ الفاحص: يظهر عندما يثبت المريض فعلاً على نقطة التثبيت المطلوبة، لكن الفاحص لا يضبط الجهاز على حدقة المريض بل يضبطه منزاحاً. يسمى هذا الخطأ: سوء التثبيت النقلي.

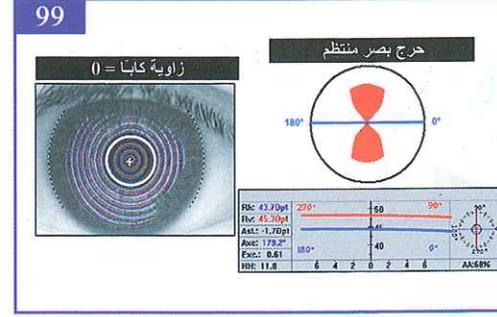


• Misalignment by rotation:

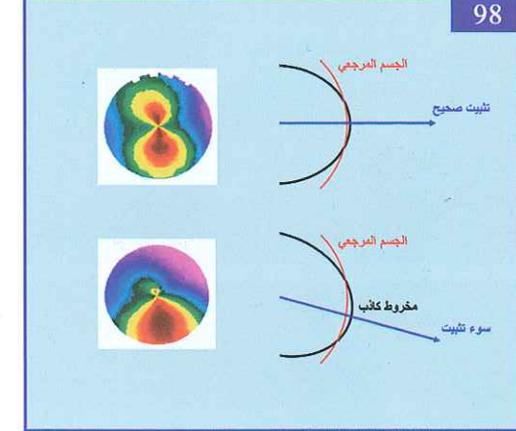
In this kind, the corneal apex is displaced towards the new wrong fixation point. Suppose that the patient fixes under the original fixation point (98),



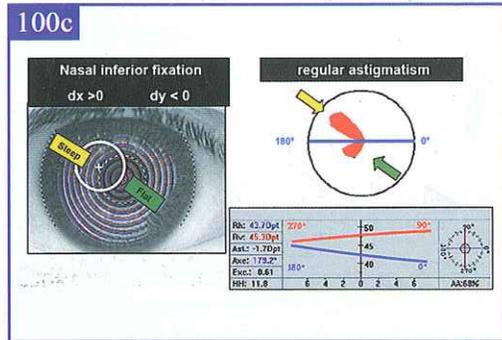
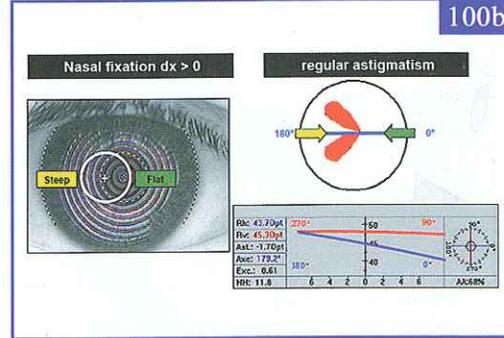
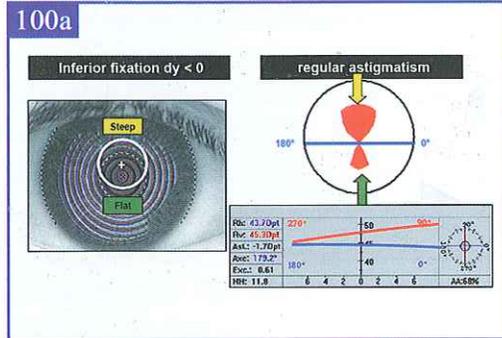
the apex will move downwards. This appears in the anterior elevation map as a cone in relation to the reference body. The anterior curvature map will interpret this as a hot spot, and it might appear as an asymmetric bow-tie, or even a pseudokeratoconus. Figure (99) is an illustration of an anterior sagittal curvature map of regular with-the-rule astigmatism.



ستنتقل قمة القرنية للأسفل، وهذا ما يظهر بخارطة الارتفاعات الأمامية على أنها - أي ذروة القرنية - ذروة مخروط نسبة للجسم المرجعي. أما خارطة التحديبة الأمامية، فستفهم الأمر على أنه بقعة حارة، وربما ظهرت بشكل ربطة العنق غير المتناظرة، أو حتى قرنية مخروطية كاذبة. يُظهر الشكل (99) شكلاً ترسيمياً لخارطة سهمية أمامية لحالة خرج بصر منتظم موافق للقاعدة،



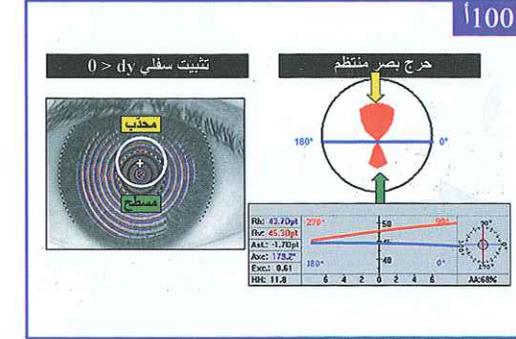
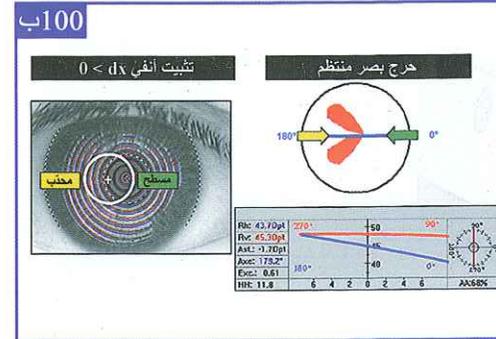
• سوء التثبيت الدوراني:
يؤدي سوء التثبيت الدوراني، إلى انتقال قمة القرنية نحو جهة التثبيت الجديدة. ولنفرض أن المريض يثبت أسفل نقطة التثبيت الأساسية (98)،



Regular Astigmatism **100d**

	vertical	horizontal
Angle kappa		
dx		
dy		
dx + dy		

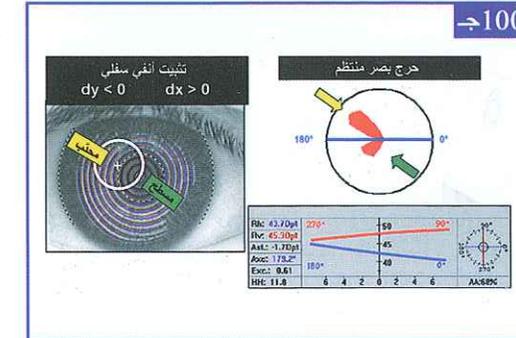
Notice the symmetric pattern when fixation is good and central and angle kappa is within normal limits. Notice also how the pattern changes according to misalignment or to abnormal angle kappa (100a b c and d).



100د

حرج بصر منتظم

	عمودي	أفقي
زاوية كابا		
dx		
dy		
dx + dy		



لاحظ كيف يبدو النموذج متناظراً عندما يكون التثبيت جيداً ومركزياً وزاوية كابا ضمن الحدود السوية. تظهر الأشكال (100 أ و ب و ج و د) كيف يتبدل النموذج عند المريض نفسه مع تبدل سوء التثبيت أو زاوية كابا.

Quantitatively, a study was carried out on one of the topographic systems (other than the Pentacam), the results were: most values were affected like Sim Kmin and Sim Kmax. The I-S value increases by downward fixation and decreases by upward fixation. Q-value changes in the positive direction (the cornea becomes more oblate). Yet, there is no similar study on the Pentacam. In fact, regardless of the changes in values, the pattern of the anterior curvature map differs leading to wrong interpretation and consequently wrong decision.

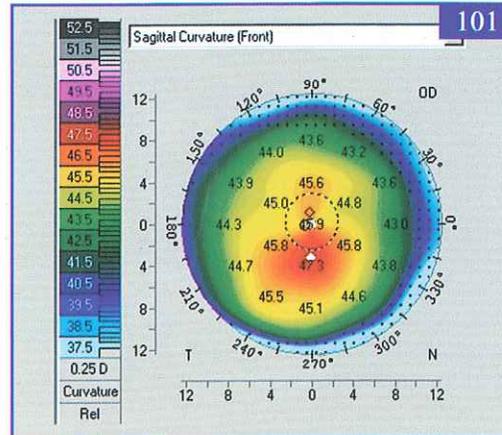
• Misalignment by translation:

According to the previous study, this error does not generally lead to significant changes. I-S value is not affected. Q-value changes half the changes caused by misalignment by rotation.

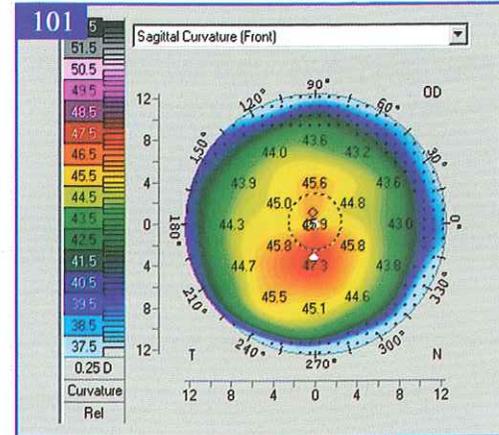
Hot Spot

Etiology:

1. Misalignment: It has been mentioned before.
2. Tear film disturbance: It will be discussed later.
3. Pre-stage keratoconus (Form Froste keratoconus): Of course, the diagnosis is settled according to the full picture.



4. Use of contact lenses (101): Contact lenses (soft or hard) should be stopped for at least two weeks before examination and topography. Contact lenses have rest points against corneal surface, which is believed to cause epithelial hypertrophy and appears as a hot spot. To distinguish this hot spot from that resulting from ectatic corneal disorders like keratoconus, we should look at corneal thickness in the center of this spot, and compare it with the surrounding points. If it is epithelial hypertrophy, the spot will be thicker than the surroundings and vice versa if it is ectatic. Some references say that long use of contact lenses causes corneal thinning.



4. استخدام العدسات اللاصقة (101): يجب دوماً التوقف عن استخدام العدسات اللاصقة، لفترة لا تقل عن أسبوعين قبل الفحص والتصوير سواءً أكانت العدسات قاسية أم طرية، والسبب في ذلك: أن للعدسة اللاصقة نقاط ارتكاز على سطح القرنية، ويعتقد أن هذا يحرض تضخماً في النسيج الظهاري يظهر بشكل بقعة حارة. ولتمييز هذه البقعة الحارة عن تلك الناتجة عن الآفات التمددية في القرنية مثل القرنية المخروطية، ننظر إلى ثخانة القرنية في مركز هذه البقعة، ونقارنها مع النقاط المجاورة فإذا كان السبب تضخماً في النسيج الظهاري، فستكون أثنى من مجاوراتها، والعكس صحيح لو كانت تمددية. تذكر بعض المراجع أن الاستخدام المديد للعدسات اللاصقة يرقق من القرنية.

أما من ناحية التبدلات الكمية، فقد أجريت دراسة على إحدى أجهزة التصوير الطبوغرافية - سوى البنطاكام - وتبين في الدراسة ما يلي: تتأثر معظم القيم كالقراءات التحديدية الصغرى والكبرى. تزداد قيمة (I-S) عند التثبيت للأسفل، وتنقص عند التثبيت للأعلى، كما تتبدل قيمة Q بالاتجاه الموجب (تصبح القرنية أكثر تفلطحاً)، وحتى الآن لا توجد دراسة مماثلة على جهاز البنطاكام. في الحقيقة، بغض النظر عن تبدلات القيم، يكفينا أن شكل الخارطة السهمية الأمامية يختلف مع سوء التثبيت مما يؤدي لتشخيص خاطئ ومن ثم قرار خاطئ.

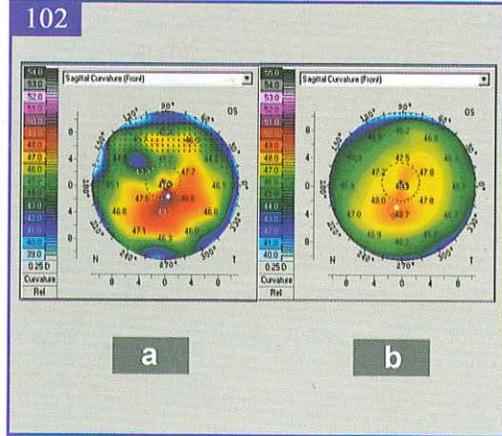
• سوء التثبيت النقلي:

بالاعتماد على الدراسة المذكورة في الفقرة السابقة، لا يسبب هذا النوع تبدلات مهمة في القيم عموماً، كما لا يسبب أي تغير في قيمة (I-S)، لكنه يسبب تبدلات في قيمة Q تعادل نصف التبدلات التي يحدثها النوع الأول من سوء التثبيت.

البقعة الحارة

الأسباب:

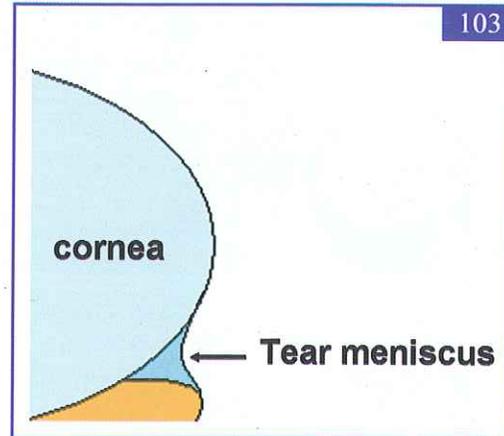
1. عدم التثبيت الصحيح: وقد مر الحديث عنه.
2. اضطرابات فلم الدمع: وسيأتي الحديث عنه لاحقاً.
3. بداية القرنية المخروطية: أو قرنية فورم فروست المخروطية. وبالطبع تكون هناك مؤشرات مرافقة، تشير بكليتها إلى التشخيص الصحيح.



5. Salzmann's nodular degeneration: It is one of the surface degeneration of the cornea. Because the lesion is translucent, it allows the slit light to penetrate, so the computer of the camera will identify it as a cone apex.

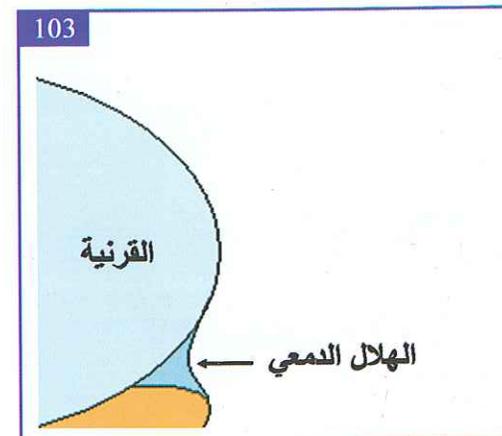
Tear film disturbance

1. Lack of tears: This can be diagnosed by tear film tests such as: tear film break up time and Schermer test. The former is more accurate in this case because it evaluates the quality, while the latter measures the quantity. Quality of course is more important in this field than quantity. Tear film disturbance should be treated and the patient recaptured to find that the hot spot had disappeared if it was caused by lack of tears (see the difference between a and b in figure 102).

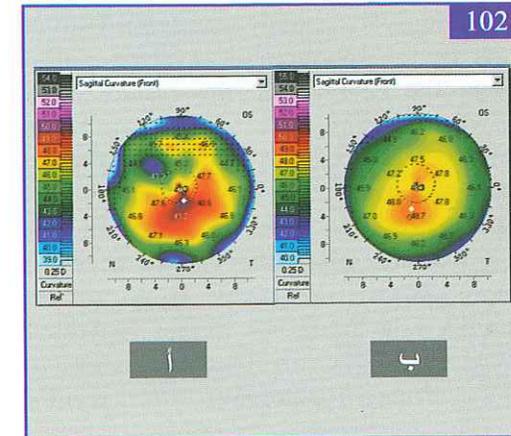


P.S. Pentacam system is the least affected by lack of tear film contrary to the Placido disk systems.

2. Lacrimation: both kinds of lacrimation (epiphora and hyper secretion) increase the tear strip on the lower lid margin. As we know, the tear strip is concave. It is followed by an upper convex part (103).



ملاحظة: يُعدّ نظام آلة التصوير بنتاكام أقل الأنواع تأثيراً بجفاف الدمع خلافاً لتلك المعتمدة على مبدأ قرص بلاسيديو.
2. الدُماع: يؤدي فرط الدمع بنوعيه: فيض الدمع، وفرط الإفراز، إلى كبر الشريط الدمعي على حافة الجفن السفلي. يأخذ الشريط الدمعي شكلاً مقعراً كما نعلم، ويليه باتجاه الأعلى منطقة محدبة (103)،



5. عقيدة سالزمان التنكسية: وهي نوع من التنكسات السطحية التي تصيب القرنية، ولها قوام شافٍ مما يسمح للشق الضوئي باختراقها، فيفهمها حاسب آلة التصوير على أنها ذروة مخروط.

اضطرابات فلم الدمع

1. جفاف الدمع: يمكن اكتشاف ذلك من خلال اختبارات فلم الدمع، كاختبار تكسر فلم الدمع، وهو اختبار أكثر دقة في هذه الحالة من اختبار شيرمر؛ لأن الأول يكشف نوعية فلم الدمع، والثاني يقيس الكمية، وبالطبع النوعية أهم من الكمية في هذا المجال. يمكن علاج اضطراب فلم الدمع ثم إعادة التصوير، لنجد أن البقعة قد اختفت إن كان الجفاف هو سبب البقعة الحارة (لاحظ الفرق بين الصورة (أ) والصورة (ب) في الشكل 102).

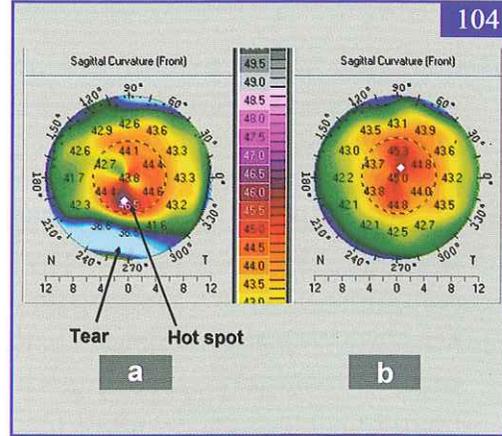
which is the corneal center. This would be interpreted by the computer as a hot spot (104a). When we see the marked sign in figure (104a), the patient is asked to dry his eyes to be recaptured. See how the picture will differ (104b).

Incongruence of Topographic and Clinical Manifest Astigmatism

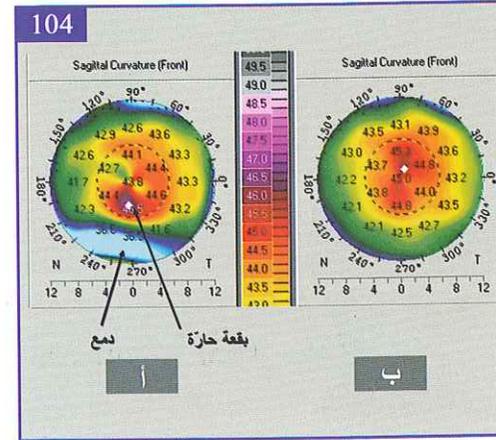
Sometimes, the clinical manifest refraction may reveal astigmatism which differs from the topographic astigmatism (which appears on both corneal faces). The incongruence may be in values and/or axes.

Etiology:

1. Misalignment: we can discover misalignment when we recapture the patient and find that both the picture and angle kappa have changed.
2. Corneal irregularity: it is more obvious on the tangential curvature map.
3. Hot spot.
4. Tear film disturbance.
5. Corneal opacities, particularly central.



6. Lenticular astigmatism: corneal astigmatism may be accompanied by lenticular astigmatism, and in some cases, all of the clinical astigmatism may be lenticular. One of the causes of the lenticular astigmatism is lens subluxation or dialysis. But the most important thing is when there is subtle cataract, it may begin with astigmatism before it becomes visible on the slit lamp, hence the importance of Scheimpflug images and lens densitometry.



6. الحرج البلّوري: قد يترافق الحرج القرني مع حرج بلّوري، وقد يكون الحرج السريري كلّه ناتجاً عن حرج بلّوري. إن من أسباب الحرج البلّوري وجود تحت خلع في البلّورة، أو انفكّاك في أربطتها، إلا أن أهم ما في الأمر هو أن الساد عندما يكون في بدايته، قد يظهر بشكل حرج بصر قبل أن يصبح مرئياً بالمصباح الشقي، ومن هنا تأتي أهمية دراسة خيالات شايملفلوغ وقياس كثافة الجسم البلّوري.

وهي مركز القرنية مما يجعل الحاسب يُعدّ هذه المنطقة (أي مركز القرنية) بقعة حارة (الصورة أ في الشكل 104). عند ملاحظة العلامة المشار إليها في الصورة (أ) من الشكل (104)، يمكن إعادة التصوير بعد أن نطلب من المريض تجفيف عينه، لاحظ كيف تبدلت الصورة (الصورة ب في الشكل 104).

عدم تطابق الحرج الطبوغرافي مع الحرج السريري الظاهري

قد لا يتطابق الحرج الذي يظهر على وجهي القرنية بالتصوير الطبوغرافي مع الحرج الظاهر بالفحص السريري للمريض. وقد يكون عدم التطابق في المحور أو في القيمة أو في كليهما.

الأسباب:

1. سوء التثبيت: يمكننا أن نكتشف سوء التثبيت عندما نقوم بإعادة التصوير، لنجد أن الصورة قد اختلفت وكذلك زاوية كآبا.
2. عدم انتظام القرنية: يظهر عدم الانتظام بشكل أدق وأوضح بالخارطة التحديدية التماسية.
3. البقعة الحارة بأسبابها المختلفة.
4. اضطرابات فلم الدمع بنوعيه.
5. تكتفات القرنية خاصة المركزية.

1. Alan N. Carlson. The Oculus Pentacam: steering clear of bad decisions. Oculus: The Pentacam: the next wave in comprehensive eye scanner technology. ESCRS Sweden 2007
2. Benjamin F. Boyd, et al. Wavefront analysis, aberrometers and corneal topography: section I: chapter 1: the refractive media of the human eye. Eds. Vidushi Sharma and others. Section II: chapter 3: Fundamentals on corneal topography. Eds. Guillermo L. Simón and others. Section III: chapter 9: topographic and pachymetric changes induced by contact lenses. Eds. Jairo E. Hoyos and others. Highlights of Ophthalmology International. 2003: 3-7;25;160-164
3. David D. Bogorad. Getting started with the Pentacam. Oculus: The Pentacam: the next wave in comprehensive eye scanner technology. ESCRS Sweden 2007
4. David R. Hardten. Innovative uses of the Pentacam in a complex anterior segment practice. Oculus: The Pentacam: the next wave in comprehensive eye scanner technology. ESCRS Sweden 2007
5. Frederic Hehn. Angle Kappa can induce Keratoconus Index in Normal Corneas. 9th International Wavelight Congress Budapest June 2008
6. J. James Rowsey. Keratoconus topography and Indices. AAO New Orleans Nov. 2007
7. J. Trevor Woodhams. Pentacam: the new standard beyond Placido topography. Oculus: The Pentacam: the next wave in comprehensive eye scanner technology. ESCRS Sweden 2007
8. Jason E. Stahl. Why the Pentacam is essential in my refractive & cataract practice. Oculus: The Pentacam: the next wave in comprehensive eye scanner technology. ESCRS Sweden 2007
9. Jone A. Vukich. Pentacam analysis of corneal aberration: a simplified method to customize aspheric IOL selection. Oculus: The Pentacam: the next wave in comprehensive eye scanner technology. ESCRS Sweden 2007

10. Leonardo Mastropasqua, et al. photorefractive keratectomy with aspheric profile of ablation versus conventional photorefractive keratectomy for myopia correction. J Cataract Refract Surg 2006; 32: 109-116
11. Marc A. Michelson. Understanding the role of the Pentacam in refractive surgery. Oculus: The Pentacam: the next wave in comprehensive eye scanner technology. ESCRS Sweden 2007
12. Michael W. Belin. A new enhanced keratoconus detection program for refractive surgery screening. Oculus: The Pentacam: the next wave in comprehensive eye scanner technology. ESCRS Sweden 2007
13. Pentacam user manual. Oculus; 2007, 2008
14. Perry S. Binder. Analysis of ectasia after laser in situ keratomileusis: Risk factors. J Cataract Refract Surg 2007; 33: 1530-1538
15. Renato Ambrósio, et al. corneal -thickness spatial profile and corneal-volume distribution: Tomographic indices to detect keratoconus. J Cataract Refract Surg 2006; 32: 1851-1859
16. Ronald R. Krueger. Understanding Wavefront: From Basic to LASIK and Beyond. AAO New Orleans Nov. 2007
17. Sandrine Hick, et al. Effects of misalignment during corneal topography. J Cataract Refract Surg 2007; 33: 1522-1528
18. Stephen E. Pascucci. Surgical screening & planning using the Oculus Pentacam. Oculus: The Pentacam: the next wave in comprehensive eye scanner technology. ESCRS Sweden 2007
19. Steven C. Schalhorn. The added value of the Pentacam in a refractive practice. Oculus: The Pentacam: the next wave in comprehensive eye scanner technology. ESCRS Sweden 2007
20. Steven J. Dell. Why do I need a Pentacam? Oculus: The Pentacam: the next wave in comprehensive eye scanner technology. ESCRS Sweden 2007

وبعد:

فإن الحمد لله الذي وفقني لإنجاز هذا الكتاب، وأسأله تعالى أن يجعل فيه المنفعة، سواء من الناحية العلمية أو من ناحية خدمة اللغة العربية الأصيلة. وأتوجه إلى السادة الأطباء الكرام، ملتماً منهم النصح، عسى أن أتدارك أي خطأ في الطبقات القادمة.

أستقبل ملاحظاتكم القيمة على العناوين التالية:

بريد: سورية - دمشق - التل - ص.ب: 167

بريد إلكتروني: E-mail: mazen.sinjab@hotmail.com

: info@alzahra-sy.com

: info@z-lasik.org

+963 11 447 1220

هاتف:

+963 947 000 350

نقال:

+963 11 447 1220 ext.2

فاكس: