

## I. 서론(Introduction)

인간의 눈은 특수감각기인 시각(Vision) 기능을 수행한다. 시각체제(Visual system)는 안구(eye ball)와 그 주변의 부속구조물(appendages)로서 이루어진다. 시각의 주체는 안구로서 구성은 3층의 막 즉 외막층(outer layer), 중막층(middle layer), 내막층(inner layer)로 되어있다. 외막층은 주로 세포성분과 섬유성분으로 구성되며, 안구의 외막은 전반부 1/6을 차지하는 투명한 각막(cornea)과 그 나머지의 불투명한 공막(sclera)으로 이루어져 있다. 각막의 구성은 5개 층으로 나누어지는데 상피층, Bowman's 막, 실질층, Descemet's 막, 내피층으로 되어 있다.

각막의 기능은 시각에서 외부의 광선이 들어가는 창으로서 광선의 투과, 광선의 굴절, 자외선 차단, 안구내부의

단 기법을 이용해서 각막이 정상 기능을 할 수 있도록 진단을 위한 의료장비가 현재까지 꾸준히 개발되어 임상 현장에서 많이 사용하고 있다.

각막으로 인한 굴절이상 눈의 광학적 시력교정을 위한 진단, 각막 수술 전의 진단과 수술 후 예후 판정, 원추각막의 진단과 처방 후 예후, 콘택트렌즈 처방 전후의 진단 등에 이용하고 있다. 예를 들면 각막지형도에 대한 검사 도구는 Keratometry, Keratoscopy 등이 과거부터 사용되고 있으나, 최근에는 Corneal topographical mapping와 Video를 이용한 Videokeratoscope의 다양한 진단 도구가 개발되어 각막의 형태적 정보를 더욱 정확하게 하여, 임상 진단에 획기적인 진전을 가져온 것이다.

따라서 본 내용에서는 각막의 형태적 진단을 위한 검진 도구의 종류, 원리, 임상적용 등에 대해 자세히 기술하여, 임상 검진에서 폭넓고 깊은 정보를 제공하여 검안사가 이

# 특집 | 첨단 광학 및 광기술 개발

## 각막 지형도(Corneal Topography)의 분석과 임상적 이용

김덕훈\*

보호 등 여러 가지 기능이 있다. 특히 각막은 굴절상태에서 전체 눈굴절력의 약 2/3를 차지한다. 이 같은 각막의 광선 투과와 굴절은 시각기능에 매우 중요한 영향을 미친다. 더욱이 대부분의 인간은 각막이 구형이 아닌 약간의 타원체 모습을 가지므로써 각막 난시를 가지며, 심한 경우 눈의 전체 난시에 영향을 미쳐 굴절 교정을 해야 한다. 또한 각막의 손상, 궤양, 미생물 감염에 의한 각막염, 녹내장 등으로 인해 부종과 혼탁이 올 경우는 시력에 좋지 못한 영향을 준다. 인간 눈은 각막의 손상으로 인한 시력장애가 아주 흔하며 시력에 미치는 결과는 치명적이다. 이 같은 각막의 중요한 기능을 현대의학에서는 여러 가지 진

용을 더욱 쉽게 할 수 있도록 하고, 연구자들에게는 더욱 개선된 의료장비 개발에 학술적 자료를 제공하는 하는데 그 목적이 있다.

## II. 본론(Main issue)

각막의 구면과 원주에 대한 굴절력(corneal power)과 곡률(corneal curvature)의 측정은 여러 검사 도구로 측정할 수 있다. 그러나 임상에서 가장 많이 사용하는 유용한 도구는 keratometry와 keratoscopy라는 것이 입증되었

\* 마산대학 안경광학과

## 각막 지형도(Corneal Topography)의 분석과 임상적 이용

다. 더욱이 최근에는 video를 첨가한 검진 도구가 개발되어 각막 지형도 분석(corneal topographical analysis)에 대한 깊고 다양한 정보를 임상에 제공하고 있다.

### 1. Keratometry

#### 1) 역사

Keratometry는 각막 전면의 곡률을 측정하는데 가장 널리 사용되는 진단용 의료장비이다. 이것은 때로 ophthalmometer라고 부른다.

최초 장비는 Ramsden(1796년)가 실험용으로 각막 곡률에서 변화를 측정하기 위해 개발하였다. 그는 각막에서 반사된 광 즉 mire 영상을 확인하는데 telescope를 사용하였다.

1854년 Helmholtz는 안구의 운동에 의해 원인이 되는 불안정한 영상의 문제를 해결하기 위해 이중 장치(doubling devices)를 추가하였다. 이 장비는 각막 앞에 있는 누액필름에서 반사된 영상의 크기를 결정하는 방법으로 coincidence-doubling을 사용하였다.

이 도구로서 각막 앞 대상물, 영상의 크기, 거리 등을 계산하였다. 그래서 고정된 대상물의 크기와 거리에 의해 곡률의 차이를 가지는 다른 각막 영상을 측정하는데 다양한 double 장치를 개발하였다. 이 장비는 그 후 각막의 곡률과 다른 눈의 광학적 표면을 진단하는데 사용하였다. 이같이 개발된 keratometry는 수동 작동으로 검사자의 숙련된 기법과 피검사자의 협조에 의해 결과가 도출된다(그림 1).

1881년 Javal과 Schiøtz는 기존의 도구를 개선시켜 크기에 따른 조건에서 조절로서 mires의 사용이 임상적으로

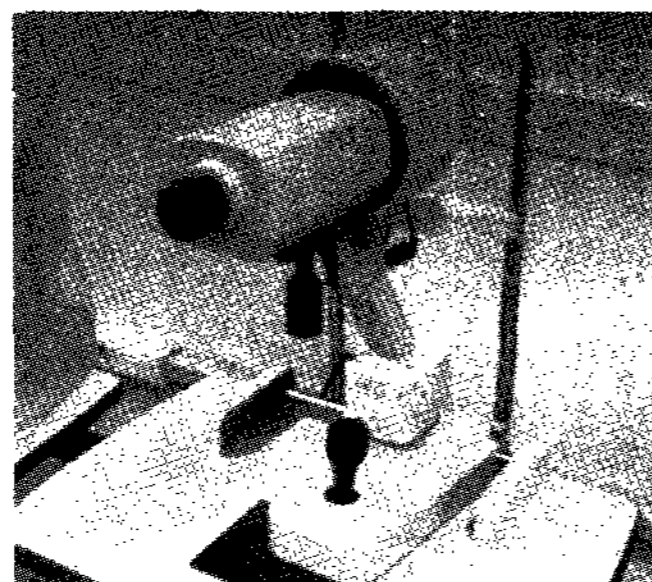


그림 1. 수동형 Keratometer

유용하게 되도록 디자인을 개선시켰다. 지금까지도 이들이 만든 도구를 기준으로 mires를 변화시켜 여러 회사에서 다양한 장비를 개발하여 임상에 이용하고 있다.

오늘날 이 진단 도구는 각막 곡률, 각막난시, 각막굴절력, 각막 난시의 축 등의 각막에 대한 여러 가지 양적인 정보를 제공해주고 있다. 더욱이 최근에 Bausch & Lomb에서는 각막 표면의 양적인 평가를 위해 circular mires를 개발하였다. 이것은 Reichert에 의해 제조된 것으로 도구의 이용은 각막 중심부의 전방 곡률을 측정하는데 가장 널리 사용되는 진단 도구중의 한 개이다.

#### 2) 원리

Keratometer data는 통상 diopter로 표현된다. 그러나 실제로 굴절력을 측정하는 것은 아니다. 오히려 Keratometer는 각막 중심부의 곡률을 측정하는데 목적이 있다. 즉 중심 각막의 3mm이내의 곡률을 측정하는 것이다. diopter로 곡률의 전환은 값의 결과를 다르게 가져올 수도 있다. 이는 흔히 공식에서 사용되는 굴절계수에 의존하는 것이다.

기본적으로 Keratometer는 불룩한 반사 표면에 의해서 형성된 영상의 크기를 측정하기 위해 디자인된 도구이다. 도구의 주요 원소는 mires에 조명되어진다. 이는 투영된 영상의 확대를 위해서 telescope로 반사광이 가서 이것이 일정하게 움직이는 mires 영상의 크기를 정확하게 측정하게 만드는 이중 프리즘(doubling prism)을 도입한 것이다. Keratometer는 적당한 mires 크기를 가지는 고정된 이중 시스템 또는 변화 할 수 있는 이중 체제를 가지는 고정된 mire 크기를 측정하고 분석하는 것이다. 각막 곡률을 계산하기 위한 paraxial 공식은 그림 2에 예시한 기하광학에 근거를 둔 것이다.

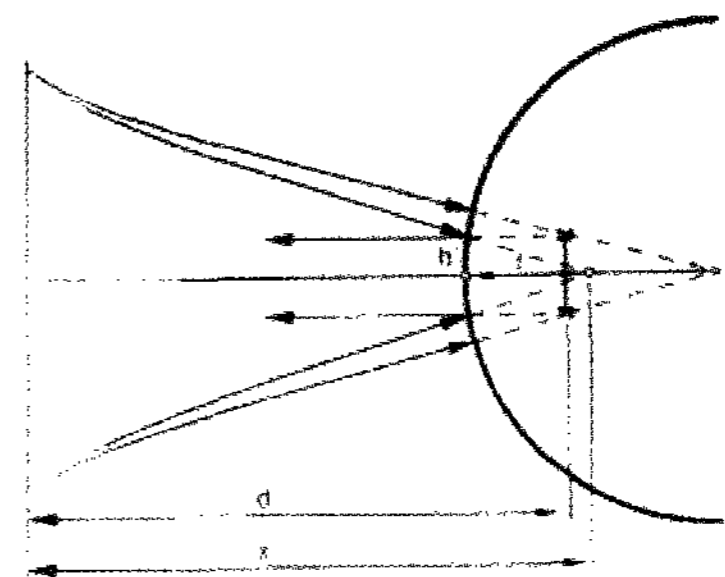
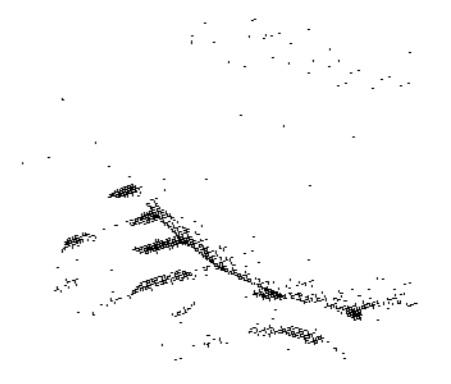


그림 2. Keratometry의 기하학적 원리

구면 반사 표면의 기하 광학이 keratometry의 기초가 된다. 삼각형과 유사한 모습에서 거리(x)에 대한 대상물 높이(h)의 비율은 초점거리(-f)에 대한 영상 높이(h')의



비율과 같다. 통상 거리는 d에 의해서 근사 값이 측정되고, 대상물 높이는 고정되어 있어 영상 높이는 측정된다. 또한 곡률반경은 초점거리의 2배로서 계산된다.

이는 구면 반사표면으로서 각막을 처리한 것이다. 광선의 추적은 비슷한 삼각을 setting한 것이며, 다음과 같은 관계가 이루어진다.

$$h'/h = -f/x$$

$h'$  = 선상 영상 크기,  $h$  = 선상 대상물 크기

$f$  = 오목거울 초점길이,  $x$  = mires에서 오목거울 초점면의 거리

초점 길이 때문에 구면 반사 표면의  $f$ 는  $r/2$ 와 같다. 따라서 등식은  $h'/h = -r/2x$  이다.

여기서  $r$  = 거울 곡률반경이다. mires에서 구면 오목 거울의 초점면 거리( $x$ )는 모른다. 그러나 이것은 mires에서 영상( $d$ )까지 거리에 의해 측정을 할 수 있다.

이 거리는 (Reichert keratometer,  $d = 75\text{mm}$ )는 도구의 전방 초점 길이에 의해 고정되어진다.

각막 곡률의 정상 범위를 위해  $x$ 를 위한  $d$ 의 치환은  $r$ 의 값에서는 단지 0.35%(0.03mm) 오차를 가진다.

이 오차는 mires에서 영상까지 거리( $d$ )의 증가 또는 평행한 mires 사용에 의해 감소될 수 있다. 공식은 다음과 같다.  $h'/h = r/2d$  이다.

Reichert와 비슷한 keratometer 도구에서 mire 분리( $h$ )는 고정되어져 있다. 상의 크기( $h'$ )는 측정되어진다. 그러나 반사된 영상을 직접 측정하기는 어렵다. 왜냐하면 이것은 현미경상에 눈의 움직임의 결과로서 일정하게 움직인다.

이런 문제를 극복하기 위해 표적의 두 번째 영상 형성을 도입하게 되었다. 즉 adjustable prism의 두 번째 영상은 두 영상이 바로 접촉할 때까지 원래에서 대치하게 된다. 즉 아래에서 위 또는 옆에서 옆으로 된다. 두 번째 영상이 이 위치를 얻기 위해 움직여지는 거리는 원래 영상( $h'$ )의 크기와 같다(그림 3).

대개 keratometers의 대상물은 한개 mire 상의 크기( $h'$ )를 측정하는 것이다.

그러나 영상이 움직이기 때문에 이것은 측정하기가 어렵다. 이 문제를 극복하기 위해서 변이되는 prism을 double 영상에 사용된다. 이는 두 영상이 분리 될 때까지 접촉한다.

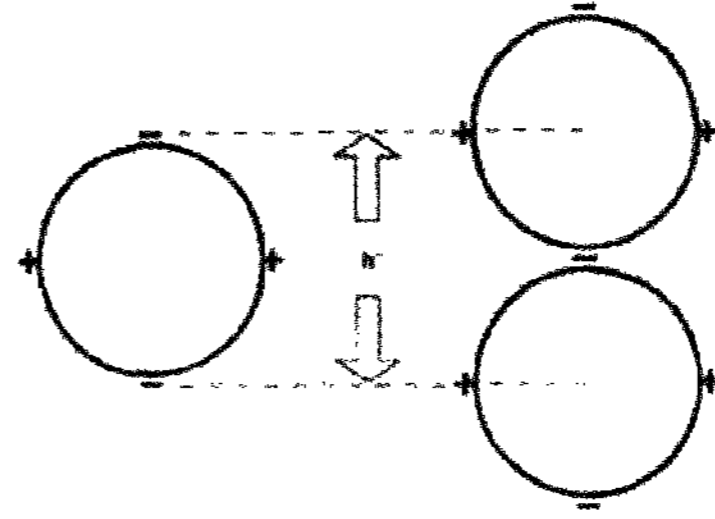


그림 3. keratometry의 측정 원리

이 지점에서 선상거리는 mire 영상 크기와 같을 때까지 움직인다. mire 영상 크기를 알고 있을 때에 각막 곡률반경은 직접 측정된다. 여기서 영상의 크기는 coincidence doubling에 의해 결정된다. 피검자 눈의 움직임이 원래와 두 번째 영상이 똑같이 동시에 영향을 받기 때문에 똑같은 영향에서 doubling의 측정을 위한 영상은 안전하게 된다. 즉 반경( $r$ )은 그때에 paraxial 공식에서 계산 되어진다. Reichert Keratomet는 고정된 크기( $h$ )의 mires로서 시작되고, 영상( $h'$ ) 측정을 위해 variable doubling을 사용한다. 또 다른 접근은 고정된 영상 크기( $h'$ )를 위해서 fixed doubling을 해야 하며, 그 때 조정 크기를 가지는 mires( $h$ )의 분리 측정이 된다.

### 3) keratometer index

일반적으로 임상에서는 곡률반경 보다는 오히려 diopter power의 용어로서 각막표면을 기술한다. 그리고 이 곡률을 diopter로 전환하는 것은 다음의 등식에서 수행되어진다.

즉  $F = n' - n/r$ ,  $F$  = 각막표면의 diopter 굴절력  
 $n'$  = 각막 굴절 계수,  $n$  = 주변매체의 굴절계수  
 (공기 = 1.0),  $r$  = m에서 각막곡률반경

수년 동안 의료장비 제조자들은 각막 굴절 계수를 위해 여러 값을 사용해 왔다.

그러나 Bausch & Lomb Keratometer index는 1.3375로서 표준으로 만들어 왔다. 이 굴절 index 사용으로 계산된 각막 굴절력의 단위 unit를 가끔 Keratometer diopter라 한다.

이 굴절계수는 각막후반 표면에 의해 기여된 -굴절력을 계산해서 감소된 index를 위한 전체 각막 굴절력으로서

## 각막 지형도(Corneal Topography)의 분석과 임상적 이용

측정한 것으로 Bausch & Lomb에 의해 채택되었다.

역시, 편리하게 이 특이한 값을 7.50mm 곡률을 정확히 45.50D로 전환한 것으로 실제 생각은 이 index 사용을 위한 결정에 영향을 미친 것이다. 이 index(1.3375)는 각막(1.376) 보다는 누액(1.336)에 가깝다. Gullstrand's No1 모형 눈 사용으로 이것은 keratometer는 전방 표면의 기초위에 전체 각막의 후방 정점 굴절력의 정확한 평가를 주는 것으로 논증된다. 주어진 7.70mm의 전방 곡률에서 keratometer는 다음과 같이 전체 각막 굴절력이 측정된다.  $F = (n' - n) / r = (1.3375 - 1.0) / 0.0077 = 43.83$  Diopter 이다.

이 각막의 점차적 평행 굴절 계산으로 비교 하는 것이다. 이 모델 눈은 0.50mm의 중심 두께, 6.8mm의 후방 곡률, 그리고 각막을 위한 1.376 굴절 index 그리고 방수를 위한 1.336 index를 추정하여 계산 한 것이다. 이 경우 전방각막 표면 굴절력(F)은 다음과 같다.

$$F1 = (n' - n) / r = (1.376 - 1.0) / 0.0077 = +48.83D$$

그리고 후방 각막표면의 굴절력은 다음과 같다.

$$F2 = (n' - n) / r = (1.336 - 1.376) / 0.068 = -5.88D$$

Vergence 광학에 의한 후방 표면에 대해 언급된 전방 표면 굴절력은 다음과 같다.

$$FVP = F1 + F2 / 1 - (t/n')F2, \text{ FVP} = \text{front vertex power}$$

$$BVP = F1 / 1 - (t/n')F1 + F2, \text{ BVP} = \text{back vertex power}$$

여기서 후방 표면 쪽으로 언급된 전방표면 굴절력은 즉  $1.376 / [(1.376 / 48.83) - 0.0005] = +49.71$  D이다. 따라서 후방 표면 굴절력과 조합에서 진실한 후방 정점 굴절력  $F_{BVP}$ 는 다음과 같다.

$$F_{BVP} = 49.71 + (1.336 - 1.376) / 0.0068 = +43.83 D$$

이것은 정확히 keratometer 측정과 일치한다.

### 4) Keratometry의 조작 과정

도구의 사용방법은 임상에서 매우 중요한 숙련을 요구한다.

다음은 Reichert keratometer를 대상으로 기본 단계를 수동식 장비를 기준으로 다음과 같은 순서로 mires의 모습을 보고 실시한다(그림 4).

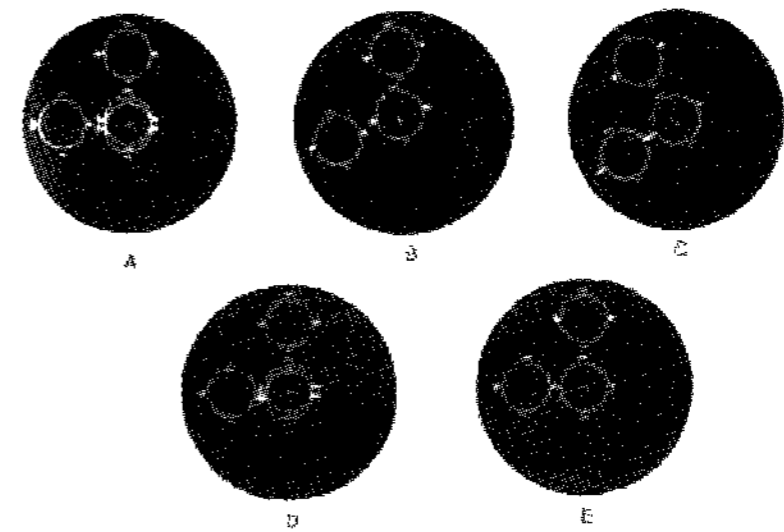


그림 4. Keratometry의 측정 동안 mires 상의 모습변화

A: 초점할 때의 mires 상은 +표가 원의 중심에 오도록 한다.

B: 초점을 맞출 때 mires는 반드시 한 개가 되도록 한다.

C: 경사 축을 정렬 한다. + 표는 수평 경선을 측정하기 위해 사용한다.

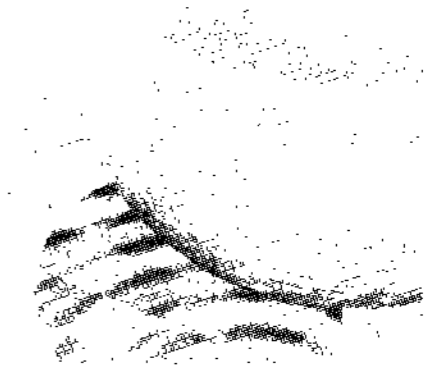
D: 남은 +값은 수평축의 마지막 정리를 위해 mire 상의 초점의 이중 +를 정리한다.

E: 수직축을 정리한다. tube의 측면에 있는 값을 기록한다.

한편 검안사는 keratometer의 검사를 다음의 순서로서 간단히 요약 할 수 있다.

Keratometric calibration chart를 이용한다. 피검자에게 keratometer 사용 전에 eyepiece를 조절 한다. instrument 정렬은 각막위의 mires 영상의 중심을 이용해서 한다. 다음은 mires 영상의 초점을 맞춘 후, keratometer를 회전시켜 Axis를 바로한 후, 정확히 초점된 mires가 나타났을 때 Curvature를 측정하고 Data를 기록한다.

예제)	K readings (D)	Corneal radius(mm)
	47.00	7.18
	45.00	7.50
	43.00	7.85
	41.00	8.23



### 5) Keratometer의 이용

keratomtry는 콘택트렌즈의 임상 현장에서 가장 널리 사용되어져 왔다. 또한 굴절이상의 측정을 위해 유용한 진단 자료를 제공한다. 그리고 구면 각막 조건의 평가와 확인에 도움이 된다. 대개 keratometer 자료(K값)는 중심 각막 곡률 또는 각막 난시의 양적인 기술로서 용이 된다. 통상 keratometer 정상 범위는 36.00D에서 52.00D이다.

예제) OD, 42.50 @ 178/44.25  
OS, 42.37 @ 015/44.50

- 원주에서 각막 난시는 -원주 축으로서 평평한 주경선(통상 수평)으로 말하는 것은 keratometer 자료에서 유래하는 것이다.

그리고 원주 굴절력으로서 두 주경선(ΔK) 사이 굴절력에서 차이를 말한다.

+ 원주 축은 steep 경선과 일치한다. 초기에 주어진 K 값을 사용하면 측정된 각막 난시는 다음과 같이 표시한다.

즉 OD -1.75X 178 OS -1.87X 015

한편 각막 난시는 keratometer ring mires의 불규칙 또는 왜곡은 각막 표면의 전체적인 양적 평가를 나타내는 것이다. 콘택트렌즈 임상에서 keratometry는 하드렌즈의 베이스 커브 선택을 위해 아주 중요하고 이것은 역시 소프트렌즈 베이스 커브 선택을 위해 기초 안내 자료로서 사용된다. 또한 keratometry는 콘택트렌즈 자체의 굴절력과 베이스 커브도 평가 할 수 있다. 더욱이 소프트와 하드렌즈 유연성 입증에 대해 눈에서도 할 수 있다. 또한 keratometry는 각막의 표면 침착물, 불규칙성 또는 콘택트렌즈 표면의 좋지 못한 습윤성을 찾는 데 도움이 될 수 있다. 콘택트렌즈 착용과 연관된 각막 곡률에서 변화는 기본 자료를 비교에 의해 찾을 수 있다. 수동과 자동 keratometers는 역시 하드 콘택트렌즈의 기본 곡률을 입증하기 위해 사용될 수가 있다. 렌즈는 mount 되고 측정은 오목표면에 수행된다. 왜냐하면 영상은 블록 반사 표면 보다는 도구 쪽에 약간 가까이 위치하고 측정된 곡률은 약간 오차가 있어, 이는 전환 chart를 가지고 교정해야 한다. 중등도에서 고도난시(1.5 Diopter 또는 그 이상)에서 keratometry는 굴절 동안 측정된 전체난시인 굴절난시 평가를 위해 유용한 도움

이 된다. 그리고 고도 굴절성 난시(2.00 diopter 또는 그 이상)의 경우에는 정상적으로 전방 각막의 토크는 눈 난시의 대부분을 담당한다. 고도 난시를 가지는 환자와 굴절이 어려운 환자의 keratometry는 Javal' 법칙의 사용에 의해서 측과 원주 굴절력의 탁월한 지시를 준다. 이것은 keratometry로부터 눈 난시(굴절성 난시)를 예견한 표준화된 공식이다.

즉 굴절성 난시=1.25(keratometric 난시)+(0.50 X 180).

이 공식에서 +0.50 X 180은 눈의 평균 내부난시(internal astigmatism)를 나타낸다.

Grosvenor는 1.25 값의 제거는 좀 더 좋은 결과를 준다는 Javal's 법칙의 단순 version을 발견하였다. Grosvenor's의 변경한 Javal's 공식은 즉 굴절난시=keratometry 난시 +(0.50 X180).

이전의 keratometry에서 환자의 측정된 굴절 난시는 아래와 같다.

예상되는 굴절 난시 축이 측정된 것임을 주시해야 한다.

각막난시	OD -1.75 X 178	OD -1.87 X 015
평균 내부난시	+0.50 X 180	+0.50 X 180
예상 굴절난시	-1.25 X 180	-1.37 X 180

검사자는 이 법칙을 기억하고서 이것은 일반적으로 굴절난시는 비슷한 축을 가진다. 그리고 이것은 직난시(with- the rule)의 각막난시(수평, -원주 축) 보다는 0.50 diopter 약한 것이다. 각막난시의 도난시(against-the rule)의 각막난시(수직-원주 축)를 위해 굴절난시는 적은 축을 가지며, 약 0.5D 이상 더 굴절력이 크다. 무수정체 또는 위수정체 환자의 어려운 굴절에서는 keratometry에서 직접전체난시의 측정값을 제공한다. 왜냐하면 내부난시에 대해 주요 기여를 하는 렌즈는 없기 때문이다. 이론적으로 경사진 안내렌즈는 전체난시에 기여를 하나 효과는 적게 나타난다. 최근에 더욱 완전한 접근은 vector에 기초한 분석의 발달로서 각막난시와 굴절난시 사이의 관계를 검사에 이용하게 되었다.

이전에 윤곽이 된 관계는 거의 180도와 90도 근처의 난시의 형태에 대해 사실 제한된 것이다. Thibos와 동료들은

## 각막 지형도(Corneal Topography)의 분석과 임상적 이용

vector에서 구면(S), 원주(C), 그리고 축(a)의 전통적인 극성 표시를 3개 원소로 전환시킨다. 즉 M, J<sub>0</sub>, J<sub>45</sub>에서 등식은 다음과 같다.

$$\text{즉 } M=S+C/2, J_0=(-C/2)\cos 2a, J_{45}=(-C/2)\sin 2a$$

이러한 등식은 눈을 검사하는 검안사가 쉽게 인지할 수 있고, vector fashion에서 함께 부가했을 때에 전체량을 구성하는 두 원주구성(J<sub>0</sub>& J<sub>45</sub>)를 가지는 등가구면(M)의 사용으로 임상적으로는 장점을 가진다. 구성은 사인과 코사인 vector를 가지는 것으로 남은 원주의 1/2(C/2)가 각각 관계되는 것이다. Tong와 동료들은 구성 vector는 Grosverner와 Javal에서 일정한 패션에서 기술할 수 있는 초등학생을 대상으로 연구 보고하였다.

$$\text{굴절 } J_0=(0.931 \times \text{각막 } J_0)-0.276 D$$

$$\text{굴절 } J_{45}=(0.638 \times \text{각막 } J_{45})+0.010 D$$

이러한 두 등식이 vector 부가에 의해 조합했을 경우 결과는 Javal's 법칙의 Grosvenor's version과 유사하다. -0.276의 차단은 Javal's 법칙에서 차단의 약 1/2로 기록된다. Tong은 사난시를 가진 각막난시는 수정체에 의해 약 40% 감소됨을 나타내었다.

부동시(anisometropia)의 경우에 keratometry는 축성 또는 굴절성 병인 사이의 구별을 도와 줄 수 있다. 만약 각막의 곡률이 두 눈에서 비슷하면 이것은 부동시가 축성에 있다고 결론지어질 수 있다. 두 눈 사이의 K값의 차이가 의미 있으면, 굴절성 부동시(anisometropia)로 추정된다.

난시는 기원에서 항상성 굴절이 일어날 수 있다. 안구 축 길이의 초음파 A 측정은 이 평가를 입증하게 된다. keratometry는 역시 진행성 근시를 찾기 위해 그리고 결정하기 위해 사용되어질 수 있다. 만약 진행이 축성 변화보다는 오히려 각막에 있을 경우에 그렇다. 일부의 경우에 keratometry는 비대칭을 가지는 환자의 초기의 원추각막 진단, 최초 진단정보를 제공할 수가 있다. 즉 원추각막은 자료가 고도난시 또는 불규칙한 난시를 가지는 조합형에서 비정상적으로 steep 곡률을 가질 때 의심을 가져야 하는데 이 때에 왜곡된 mires상을 나타낸다. slit-lamp microscopy, videokeratometry 또는 pachymetry의 추적 연구에서 진단은 더욱 분명하게 확인 할 수 있는 자료가

된다.

왜곡된 mires는 다른 비정상 진단을 도울 수 있는데 예를 들면 petrygia이다. 이는 광학적으로 중심 각막에 각막의 건조, 침착 그리고 다른 표면 불규칙성 등 영향을 줄 수 있다. 또한 순목을 수행하는데 여러 가지 왜곡은 누액 비정상을 암시한다. 역시 Kertometry 자료는 역시 백내장 수술에서도 중요하다.

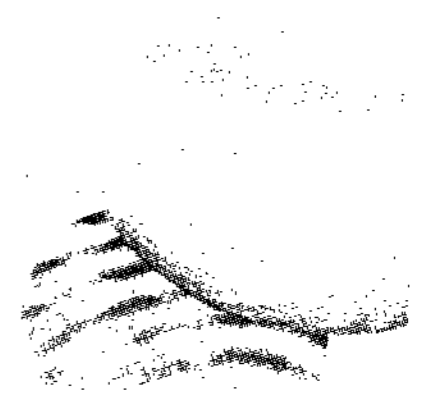
굴절, 축길이 그리고 다른 정보를 가지고서 keratometer 값은 눈에서 이식을 위한 적당한 안내렌즈(IOL)굴절력을 계산하는데 사용된다. A 초음파 사용도 이러한 계산을 수행하는데 컴퓨터 프로그램이 포함된다. keratometry의 변화는 백내장 수술동안 각막 표면을 찾는데 이용한다. 그리고 keratometry는 수술 후 여러 주일 동안에 각막 난시의 상태를 찾기 위해 유용하다. 봉합성 유도난시(suture induced astigmatism)는 역시 계산되어질 수가 있으나, keratometry의 기초위에서 조사 되어진다. 따라서 keratometry의 임상적 이용은 여러 가지가 있다(표 1).

표 1. Keratometry의 임상 적용

콘택트렌즈의 base-curve 선택
RGP 콘택트렌즈의 유연성 조사
콘택트렌즈의 침착물, 불규칙성, 습윤성 조사
각막 표면의 왜곡 조사 및 상태 진단
콘택트렌즈 base-curve의 입증
굴절성 난시의 평가
축성과 굴절성 부동시의 진단
원추각막과 다른 각막 질환의 진단과 조사
안내렌즈(IOL) 굴절력 계산
각막 수술전후 난시의 진단
각막의 혼탁 및 손상 부위 진단

이러한 결과의 일부는 computer로 결합된 video keratometry를 사용하면 더욱 좋은 결과를 해석 받을 수 있다. 과거에는 각막 형태의 자세한 연구는 주변 주시장치 들로서 변형된 keratometry부터 사용으로 시도 되어져 왔다. 그리고 각막의 더 많은 주변 지역의 측정을 위해 적은 mires 영상을 사용해 왔다.

주변 keratometry는 널리 이용되어진 것은 아니다. 비록 일부는 주변 측정을 orthokeratology의 생산을 예견할 수 있는 것으로 암시되어져 왔다. 이는 근시 교정을 위해 중심 각막을 편평하게 할 목적을 위해 각막 모양을 변형하기 위해 하드 콘택트렌즈의 연속 착용을 위해 처방하는 것



이 목적이다. 더욱 최근 연구에서는 이 같은 제안은 장점이 많지 않는 것으로 나타났다. computerized videokeratography 개발과 이런 도구들의 넓은 이용은 주변 각막 측정을 위해 더욱 필요함을 인식하게 되었다. 그러나 keratometry도 주변 각막에 대한 조사에서 유용한 자료를 제공하고 있다.

## 6) Auto-keratometry

수동식 keratometry는 임상 현장에서는 거의 사용하지 않고 있다. 왜냐하면 근래에는 대부분의 임상에서는 keratometry와 autorefractometer를 결합한 Auto-refractive keratometry를 사용하고 있다. 이는 사용이 편리하고 결과의 자료도 높은 신뢰성을 주기 때문이다. 또한 computer를 결합한 keratoscope로서 이용되는 central keratometry가 급속히 널리 이용된다. 따라서 현재 거의 모든 안경원과 안과에서는 Auto-refractometer 와 auto keratometer를 결합한 KR을 함께 사용되는 장비의 출현으로 각막에 대한 임상진단 정보를 쉽고 다양하게 얻고 있는 것이다(그림 5).

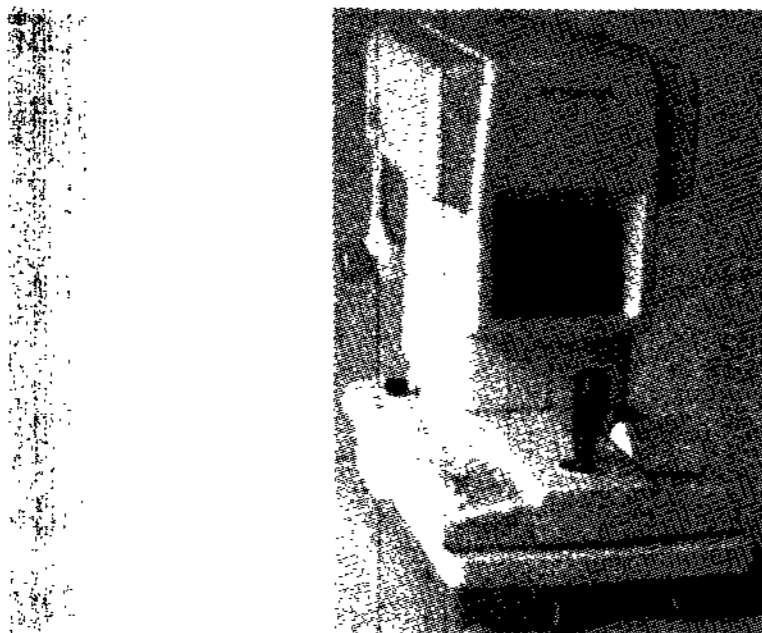


그림 5. Auto-KR ( Topcon Co.)

## 7) 임상 증례

현재 임상에서 널리 사용되고 있는 증례는 다음과 같다.

피검사자는 우선 keratomter 앞에서 앉아서 자세를 유지한다.

검사자는 Auto-Refractometer keratometry를 사용해서 피검자가 기기 내에서 보이는 영상을 정확히 인지하도록 한 후 버튼을 누르고 자료를 출력한다(표 2).

이 검사는 통상 한눈에 3회 정도 반복 측정 후 평균값을 사용한다.

위 피검자의 눈의 평균 굴절 값은 오른 눈은 구면이 -

표 2. Auto KR로 측정된 피검자 각막

REF. DATA			
JD:	12.00	CYL:	(-)
(R)	S	C	A
-	1.25	- 0.50	131
-	1.25	- 0.25	93
-	1.25	- 0.25	92
-	1.25	- 0.25	93
S. E.	- 1.50		
(L)	S	C	A
-	1.50		
-	1.50		
-	1.75		
-	1.50		
S. E.	- 1.50		
PD: 65			
KRT. DATA			
(R)	D	MM	A
M	41.75	8.10	164
J	42.25	7.98	74
AUE	42.00	8.04	
	CYL:	-0.50	164
	MM1	MM2	A1
01#	8.09	7.97	164
02#	8.13	7.97	163
03#	8.11	8.00	161
(L)	D	MM	A
M	41.75	8.08	1
J	42.50	7.92	91
AUE	42.25	8.00	
	CYL:	-0.75	1
	MM1	MM2	A1
01#	8.08	7.92	1
02#	8.09	7.94	2
03#	8.08	7.91	1
			TOPCON

1.25diopter이며, 난시는 0.25 diopter이고 이때 난시 축은 93도이다. 한편 왼눈은 구면만 -1.50 diopter로 나타났다.

한편 각막에서 오른 눈은 수평 굴절력이 41.75 diopter이고, 이때 각막 곡률은 8.10mm이며, 축은 164도이다. 또한 수평 굴절력이 42.25 diopter이고, 각막의 곡률은 7.98mm이며, 축은 74도이다. 따라서 평균 각막의 굴절력은 42.00 diopter이고, 각막의 곡률은 8.04mm이며, 각막 난시는 0.50 diopter이고 축은 164도이다.

왼 눈은 수평 굴절력이 41.75 diopter이고, 이때 각막 곡률은 8.08mm이며, 축은 1도이다. 수평 굴절력은 42.50 diopter이고, 각막의 곡률은 7.92mm이며, 축은 91도이다. 따라서 평균 각막의 굴절력은 42.25 diopter이고, 각막의 곡률은 8.00mm이며, 각막 난시는 0.75 diopter이고 축은 1도이다.

## 2. Keratotomy

### 1) 역사와 특징

거의 1세기 동안 임상자들은 양적인 각막 표면의 자료를 얻기 위해 keratometry에 전적으로 의지해 왔다. 굴절과 콘택트렌즈 fitting을 위한 진단 정보 제공을 위해서 keratometry는 대부분의 정상 각막을 위해 적당히 수행하였다. 그러나 이것은 중심 각막에 대한 제한된 sample에도 불구하고 keratometry는 수술 전 진단 정보를 위해 유용한 값을 제공하였다. 이 같은 것은 안내 렌즈(IOL) 굴절

## 각막 지형도(Corneal Topography)의 분석과 임상적 이용

력의 계산, 수술에서 나타나는 유도난시의 크기 등에서도 좋은 자료를 제공해 왔다. 그러나 중심 3mm 밖의 각막 모양에 대한 정보는 keratometry 보다는 keratoscopy가 오히려 필요하였다.

임상에서 keratoscopy는 1870년 이후부터 사용되어져 왔다. 각막으로부터 동심원상 링(cocentric ring)의 반영된 형태를 관찰에 의한 각막 표면을 연구하는 도구는 placido가 필수적이었다(그림 6).

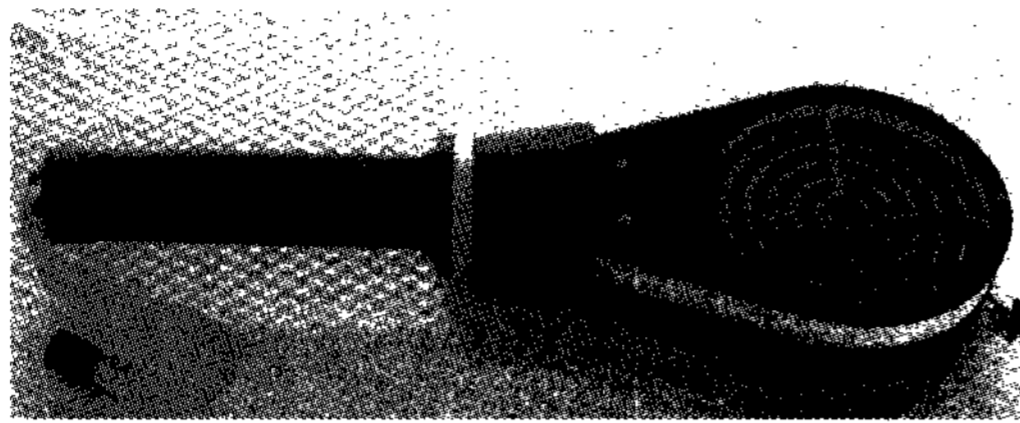


그림 6. Placido disk의 모습

Placido disk라 부르는 이 같은 장치를 가지고서 각막 표면의 대부분의 질적인 평가는 가능하다. placido disk의 수많은 변형들이 임상을 위해 개발되었으며, 각막 수술을 위해서도 이루어져왔다. 1980년까지 도구들은 단지 각막의 전체적인 질적 평가를 제공해 왔다. 1880년 javal은 keratoscopy 같은 disk를 그의 ophthalmometer에 부가하였다.

그래서 영상을 확대하였다. 그는 영상을 사진으로 기록하는 것이 중요함을 인식하였다. 1966년 Gullstrand는 처음으로 photokeratoscope를 개발하였다. 이것이 keratographs의 수학적 분석을 위한 방법을 개척하도록 하였다. Gullstrand는 placido-ring 영상의 조심스런 측정에서 양적인 자료의 파생을 위해 algorithms을 개발하였다. 각막표면의 대부분을 위한 양적인 자료 축출은 각막 지형을 이해하는데 매우 중요하다.

그러나 과정은 그 시기에는 임상적 사용을 위해서는 너무 난해하였다. 1970년대에 polaroids camera로서 여러 가지 photokeratoscopes를 개발하였다. 특히 한 가지 version인 corneascope는 comparator라 부르는 혁신적인 비교 장치를 가지고서 처음으로 상대적으로 polaroid keratographs의 평가를 하였다.

일부 제조자들은 이러한 도구를 사용하는 사람들에게 실체를 위해 polaroid 영상의 computer 분석을 제공하였다. 이러한 도구들은 우선 contact lens fitting을 위해 사용하였다. 그러나 그들은 keratometry에 의해 제공된 자료를 즉시 이용하는 단순성에 의뢰하는 검안사들 사이에서는 널리 받아들여지지 않았다.

1980년에는 keratorefractive 수술은 각막 지형의 임상적 평가의 더 좋은 방법의 개발을 위해 자료를 제공해 주었다. 그러나 주요문제는 각막 표면의 적당한 묘사를 위한 과정에서의 자료의 부피였다. 비록 keratometry는 4개의 각막 주변 point의 기초위에 각막을 평가하지만, 컴퓨터로 된 videokeratoscope는 거의 전체 각막 표면에서 여러 수천 개의 points를 평가하는 것이다. video-image processing과 microcomputer 기법에서 진행된 것에서 오는 현대 각막 분석에서 약진은 자료의 큰 부피를 바로 습득하고 빠른 분석을 위한 수단이 제공되었다. 1987년 이후 color topographic maps는 computerized videokeratoscopes의 out put를 전개하기 위해 표준 방법을 가지게 되었다.

computerized anatomy에 의해 개발된 corneal modeling system은 computerized videokeratoscope 사용으로 처음 널리 사용되었다. 도구의 개선으로 값의 저하, 그리고 정확한 각막 정보를 위한 큰 용량으로 computerized videokeratoscope의 새로운 시대는 1990년 초에 널리 사용하게 되었다.

1990년의 전반기 동안 3개의 다른 전략이 발달되었다. 이는 placido-disc 기술의 개선에 따라서 이루어진 것이다.

Rasterstereography laser holographic interferometry와 scanning slit 접근이 개발되었다. 일부 임상에서는 단지 scanning slit만 발견하였다. PAR corneal topography system은 sample된 표면의 점을 coordinate(X,Y,Z)를 stereotriangulation에 의해 computer된 곳에서 rasterstereography 원리에 기준을 하였다.

이 도구는 fluorescein staining된 누액위에 격자로 된 곳에 투사하였다.

이같은 영상은 video camera에 의해 포착된 것을 computer에 의해 분석되었다.

각막의 표면지역이 공막 밖에 있는 것도 측정되는 장점이 있다. 그러나 이 방법은 placido-based competition 보다는 덜 민감하게 제공된다.



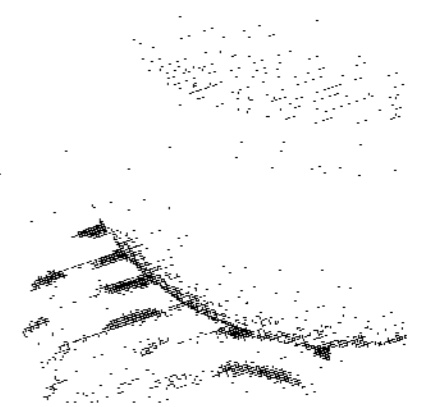


표 3. 다양한 corneal topography 모델과 형태

company	model	type
Alcon laboratories, Inc., Ft. Worth TX	EyeMap EH-290	Placido desktop
Bausch & Lomb, Inc., Rochester, NY	Orbscan IIz	Placido with slit-scan
Paradigm Medical Industries, Salt Lake City, UT	Dico CT 200	Placido desktop
Euclid Systems, Herndon, VA	ET-800	Fourier profilometry
EyeQuip, Ponte Vedra Beach, FL	Keraton Keraton Scout	Placido desktop Placido portable
Haag-Streit USA, Inc., Mason, OH	CTK-922	Placido desktop
Marco Instruments, Jacksonville, FL	3D Wave EysSys Vista	Aberrometer plus Placido portable
Medmont Pty. Ltd., Vermont, Victoria, Australia	E 300	Placido desktop
Nidek Co., Ltd., Gamagori, Japan	OPD-Scan	Aberrometer plus
Oculus, Inc., Lynnwood, WA	Easygraph	Placido portable
Tomey Corp., Nagoya, Japan	TMS-4 RT 6000	Placido desktop Placido, auto-K, auto-Rx
Topcon, Corp., Tokyo, Japan	KR-8000PA	Placido, auto-K, auto-Rx
Carl Zeiss Meditec, Inc., Dublin, CA	Humphery Atla	Placido desktop

CLAS 1000은 interferometry 위에 기초를 둔 것으로 이것은 간접 현상의 비교에 의해 강력히 제공되는 고해상력 각막 표면 maps를 가진다.

이 일반적인 방법은 micron 보다는 더욱 정확하고 혼한 광학적 평가 기법을 가진다.

Orbscan은 각막을 가로질러 광학적 slit의 급속한 연속을 scan 한 것으로 이런 영상의 분석에 의해 전방 표면 위 points의 coordinates를 computer 처리한 것이다.

이것은 역시 후방 각막 표면을 기하학적으로 computer 처리하도록 하였다. 그리고 큰 selling points는 각막 두께의 maps를 computer로 처리하였다. 이같이 전체 각막의 모양을 인지하는 것은 눈의 광학에 대한 각막의 광학적 기여를 결정하는데 큰 장점으로 보여진다.

그러나 이 기법으로서의 주요 문제는 scan이 이동하는데 수초 이상이 요구되는 것이다.

그래서 motion의 떠나는 기회가 주시의 불안전에서 인공 산물이 생긴다.

눈 사이에 좋지 못한 correlation의 연구결과는 placido-based keratoscopes와 Orbscan으로 측정된다. 이를 개선하기 위해 Orbscan은 다시 디자인 되어 개발한 것이다. Orbscan II는 placido disk target를 부가했다. Cho와 동료

들은 정확성은 적어도 placido-based system 보다는 고도 확대의 순서로 제한하였다. 다른 placido가 아닌 기법은 정확성에서는 오히려 좋다. 최근 Euclid ET-800 topography system이 사용되고 있다. 제조에 따라서 이것은 Fourier profilometry라 부르는 방법을 사용하였다. 독자적인 연구 보고에 있어 계산 자료는 날짜에 따라서 이용되는 것이 없었다. 이 같이 computerized placido-based videokeratoscopy는 현재 각막 표면의 mapping을 위해 가장 인기 있는 방법이다. 그래서 각막의 color map를 만드는 videokeratoscope에 의한 과정이 검사될 것이다. 현재까지 개발된 placido에 기초한 각막 지형도의 진단 도구들은 여러 가지가 있다(표3).

## 2) Algorithms

Algorithms는 각막 지형도를 만드는데 필요한 이론적인 바탕에서 만든 임상 tool이다.

이것은 다음과 같은 종류가 있다.

### ① Keratographic Algorithms

Keratographic 자료에서 각막의 지형도를 만드는 것은 다음과 같은 과정에 의해서 수행된다. Keratoscope rings

## 각막 지형도(Corneal Topography)의 분석과 임상적 이용

의 video 영상을 포착한다.

Rings 위에 points들의 각의 크기를 측정한다. 각 points에 의해서 각막 표면을 재구성한다.

각 표면 점에 대해 dioptric 또는 다른 기술로서 평가한다. color topographic maps에서 표면 기술을 표현한다. 한편 계산을 위한 입력 자료들이 computer에 의해 포착되고 저장된 자료에서 동심원상의 링의 영상이 도출되어 나오는 것이다. polar coordinate system은 ring 위에 부가되고 반사된 영상위에 각점이 각막으로부터의 경선 거리에 특성화 시켜나가는 것이다(그림7). 즉 polar coordinates는 videokeratographic image로 사용한다. 만약 중심이 각막 첨부와 일치하면 points는 첨부( $p$ )와 경선( $\theta$ )에서 이들 거리에 의해 특성화 하게 된다.

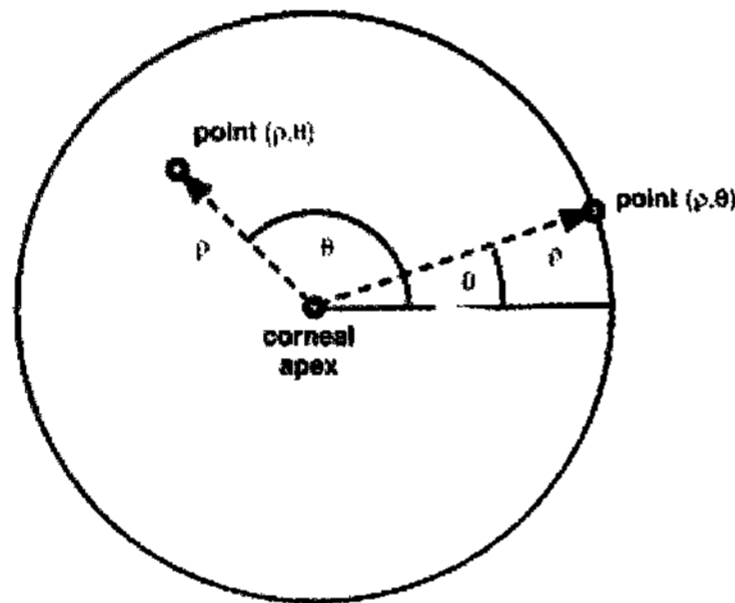


그림 7. Keratographic Algorithms 원리

Topographer의 대상물은 영상을 나타내기 위해서 각막 표면의 points를 3차원 공간에서 위치를 계산해 내는 것이다. 각막은 경선에 의해 경선을 분석할 수 있다. 그래서 그림 7과 같이 2차원적인 기하학적 광학 문제를 작업을 통해서 감소시킨다.

그러나 각막은 완전한 구형이 아니므로 약간의 타원체로서 오차는 발생할 수 있다.

### ② Van Saarloos algorithm

영상을 이차원적으로 생각하면 Keratoscope rings는 광축에서 다른 거리에 위치한 대상물 지점을 나타낸다. 즉 각막 표면에 반사가 되면 주광선은 video camera 영상 plane에 대응되는 영상 points에 대해 camera nodal point를 통해서 추적할 수가 있다.

이와 같이 이 algorithm은 각막의 반사 점에서 유일한 위치를 정확히 결정하기 위해 3가지 사항을 부가한 것이다.

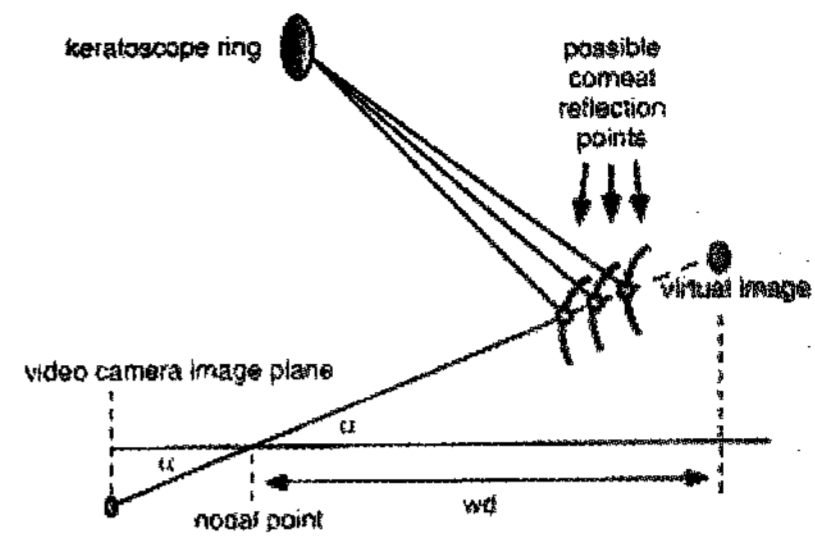


그림 8. Computerized videokeratoscopes의 각막 표면 반사 점

연속적인 각막 points는 적은 circular arc에 의해 합친다.

각 각막의 pint는 single slope values를 가진다(그림 8).

입사 광선과 반사 광선은 입사각과 반사각이 같이 동등한 결과를 가진다. 이 algorithm은 특수한 각막 points에 대해 zero를 만들기 위해서 여러 반복적인 계산을 해야 한다. 그래서 각 대상 point를 위해 자료들은 강제적으로 만족하게 만드는 것이다.

과정은 각막 첨부 radius( $r$ )를 측정한다(그림 9).

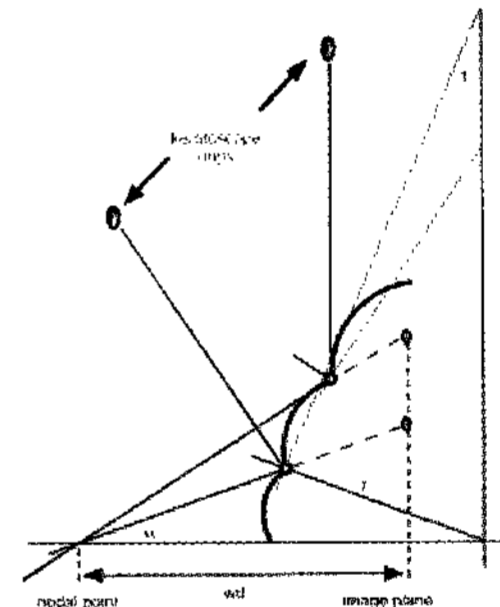


그림 9. van Saarloos algorithm의 원리

다음으로 최초 각막 반사 point와 이것의 slope 계산을 위한 coordinates 계산한다.

이전 point의 자료를 사용하여 연속 반사 point를 위한 coordinates와 slope의 계산 다음 경선을 위한 과정을 반복하여 결과를 도출한다.

### ③ Klein algorithm

이것은 개선된 algorithm으로서 각막 표면의 더 좋은 models를 위해 smooth 하게 연속적으로 curve를 가지게 각각 반사 점을 연결하는 것을 제안한다(그림 10).

반사광선위에 최초 반사 point를 계산하는데 직접 각막

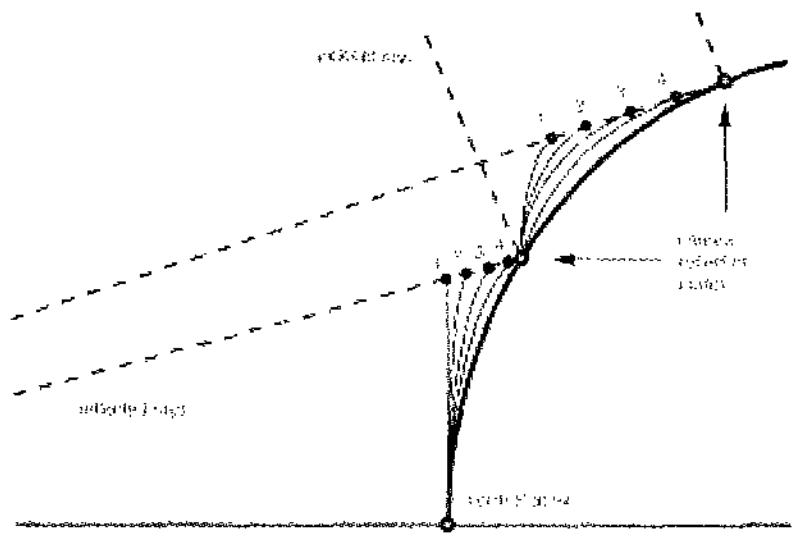


그림 10. Klein algorithm의 원리

apex에 관해서 한다.

이 지점에서 정상 입사광과 반사광을 비교한다. 만약 최초 각이 다음 각 보다 크면 입사점(b)을 위해 더 좋은 계산을 위한 반사광선에 따라서 증가시킨다.

apex와 point(b) 결합을 polynominal로 curve를 계산한다.

입사각과 반사각이 동등이 될 때까지 2단계, 3단계로 반복한다. 이 반사 점을 위한 자료를 이용해서 유사한 연속 점을 계산한다. 다음 경선을 위해 전체 과정을 반복한다.

위 과정에서 결과는 각막 표면의 반사 point를 위해 3차원적인 coordinates는 2차원적인 기하학적 방법을 가정하여 이를 computer에 입력하는 것이다.

### 3) Corneal Topographical Mapping

각막 지형도 map에서 나타나는 결과들은 다음과 같다.

surface elevation map은 reference plane을 사용해서 각 point의 상대적인 surface elevation을 나타내게 하는 것이다. 즉 reference plane와 3개의 reference spheres를

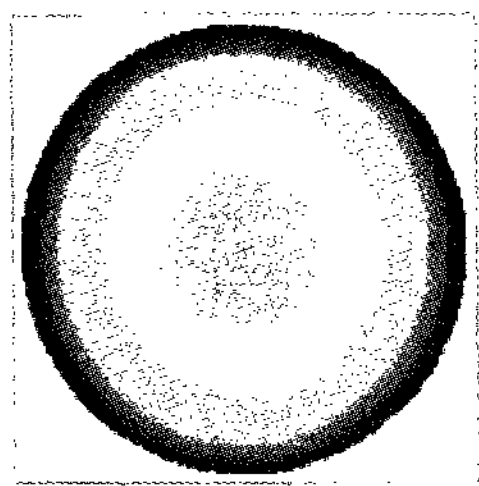


그림 11. Corneal surface elevation map

사용해서 같은 이론적인 각막을 위해 4개의 surface elevation maps를 나타낸다(그림 11).

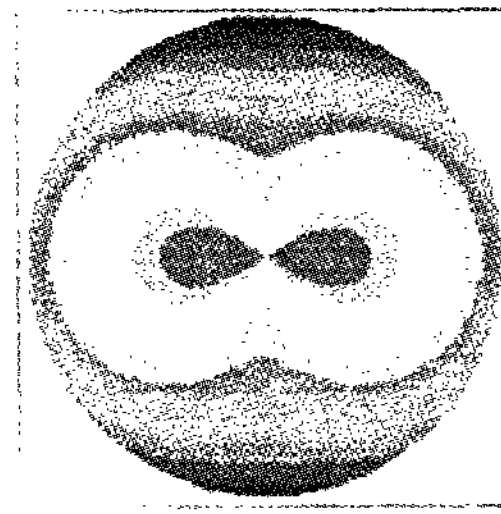


그림 12. axial maps의 모습

따라서 surface toricity는 reference spheres를 사용하면 쉽게 나타난다. 그러나 elevation을 plane에 사용하면 구별은 불가능하다.

한편 dioptric corneal maps는 국소 dioptric values의 의미에서 각막을 표현하는 것이다.

이는 숫자에서 나타난 diopter의 값을 color map로 나타내는 것을 의미 한다.

이외에도 sagittal radius라고도 부르며 corneal topographic mapping의 표준으로 여기는 axial curvature maps, 주변 points를 위한 axial radius 보다는 길이를 증가시키는 tangential radius 또는 meridional radius를 나타내는 Instantaneous curvature maps가 있다(그림 12).

한편 각막 표면의 굴절력 map를 ray tracing에 단순한 접근에 기초를 둔 Ray-Tracing refractive power maps도 있다(그림 13).

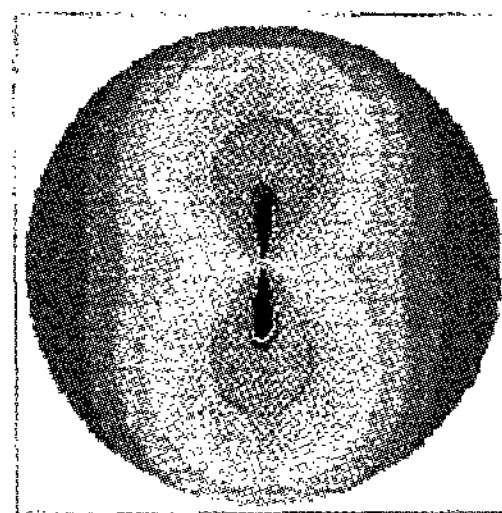


그림 13. Ray -Tracing refractive power maps

## 각막 지형도(Corneal Topography)의 분석과 임상적 이용

### 3. Videokeratoscope

#### 1) 특징

Videokeratoscope는 가장 최근에 개발된 각막 지형의 정보를 제공하는 것으로 computer와 video를 기존의 keratometer와 keratoscope에 접목시켜 각막의 형태를 보다 정밀한 정보를 시각적으로 임상 검안사와 연구자에게 제공하고 있다.

#### 2) 임상적 이용

현재 이 도구를 이용한 임상에서 진단적 이용은 다음과 같다.

- Keratoconus (원추 각막): Videokeratoscope의 가장 중요한 이용은 각막의 임상적 초기 진단을 위한 정보와 처방 후 사후 관리(after care)를 위한 정보를 제공하는 것이다. 원추각막은 시력장애가 가장 느리게 진행되는 것으로 각막의 중앙 하부가 원추모양으로 얇아지는 것이다. 이 진행의 초기 임상적 진단은 매우 어려우나 Videokeratoscope를 이용할 경우 환자의 자각증상을 타각으로 확인해 주므로써 조기에 진단을 통한 환자의 RGP 렌즈 처방을 통한 시력 개선을 하는데 좋은 진단적 정보를 제공한다. 또한 렌즈 처방 후 사후 각막의 변화를 추적하고 관리하는데 중요한 재료를 제공한다.
- penetrating keratoplasty(각막 이식): 인간의 각막이 손상 또는 질환에 의해 수행하지 못할 경우 각막이식을 받게 된다. 각막 이식의 성공여부는 결국 이식 수술 전 각막에 대한 정확한 정보를 바탕으로 수술을 시행해야하며, 수술 후 환자의 각막 상태를 사후 관리하는 각막의 정보를 추적하고 처방하는 것이다. 이 모든 각막에 대한 정보는 결국 Videokeratoscope의 진단적 자료가 중요하다.
- Trauma(외상): 인간 각막의 외상은 결국 시력장애에 직접적인 영향을 미친다. 이같이 각막 손상 부위의 크기, 모양, 위치 등에 대한 정확한 진단적 자료는 결국 Videokeratoscope를 이용하는 것이 가장 중요하다. 또한 처방 후에도 추적을 위한 진단 자료를 제공한다.
- Terrien's Marginal degeneration(Terrien's 주변 변성) : 이것은 각막의 병변이 각막 상부 주변지역으로서 주로 발생하나 간혹 하부에서도 발생하는 각막 변성이다. 특히 조기에 발견하기란 아주 어렵다, 또한 진

행이 느리므로 발견하기 어렵다. 이 같은 조기 발견을 위한 것은 처방에 매우 큰 영향을 미친다. 이 질병의 조기 진단은 바로 Videokeratoscope로 이루어지며, 이 진단을 통해서 RGP 렌즈의 처방과 사후 관리도 할 수 있다.

- Pellucid Marginal degeneration(Pellucid 주변 변성): 이 질병은 원추각막과 같이 각막의 하부가 점차 얇아지는 것이다. 초기에 주로 난시를 유발하는데, 난시축의 방향은 도난시이다. 그 위치는 각막중앙의 하부이나 각막이 돌출되지 않는다. 이는 주로 ORBscan으로 진단을 하는데 두께를 pachymetry로 확인되는 장점이 있다.
- Refractive surgery(굴절 수술): 각막의 굴절이상을 그 낱들 경우 시력은 약시로 진행될 수 있다. 이 같은 굴절 이상 눈의 교정은 안경, 콘택트렌즈 등 광학적 처방으로 가능하나, 최근에는 엑시머, 라식, 라섹 등 각막 수술을 통한 교정시력을 얻는 환자가 증가하고 있다. 이 경우 수술의 가장 중요한 것은 정확한 진단적 자료이다. 이러한 진단은 결국 수술의 성공을 좌우한다.
- Contact lens(콘택트렌즈): 콘택트렌즈는 굴절이상 눈의 시력 교정에 중요한 방법이 될 수 있다. 그러나 이 같은 렌즈의 처방에서 RGP 렌즈의 처방은 각막의 정확한 정보가 성공을 좌우한다. 더욱이 Orthokeratology 동안 각막 모양의 변화 상태를 진단하고 이를 처방에 제공하는 것이 치료의 성공을 가지게 한다.

### 4. ORBSCAN

ORBSCAN은 최근 임상에서 각막지형도에서 진단 장비로서 가장 많이 이용하는 도구이다

- 1) 기종: ORBSCAN™ II, ORBSCAN™ IIZ
- 2) 생산: Bausch & Lomb(USA)
- 3) 특징: Orbscan 의료장비는 advanced placido disc system으로서 slit scanning technology를 이용한 인간 눈의 corneal optical system(각막의 광학체제)의 정확한 분석을 제공하는 multidimensional diagnosis system(다차원 진단체제)을 가지고 있다. light slits를 이용하여 눈에 optical을 보내기 위해 head scan이 45도 각도로 투사한다. 20개의 slits는

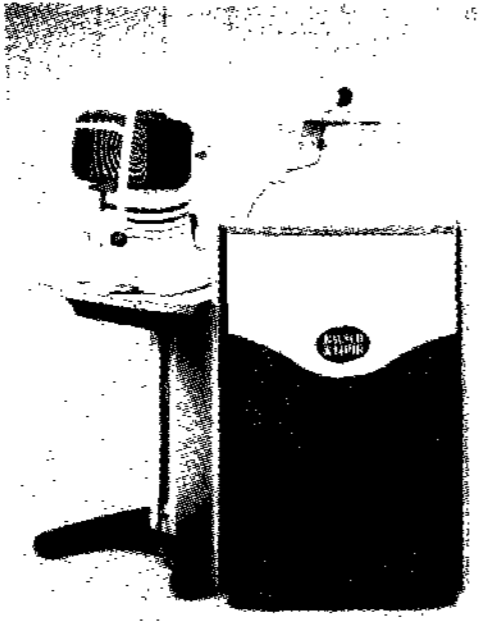
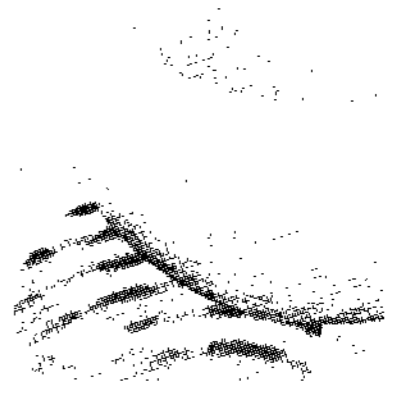


그림 14. ORBSCAN의 모습( Bausch& Lomb Co.)

왼쪽에서 눈 위에 연속 투사하고, 20개의 slits는 오른쪽에서 눈에 투사하여 합계 40개의 slits가 9000개의 data points를 제공한다. 왼눈과 오른 눈에서의 투사 시간은 0.75초에 이루어진다. 투사된 optical scan 이후 extra picture는 placido ring을 사용해서 수행된다.

- 4) 측정: 인간 각막(cornea)의 전방과 후방 표면 모두에 elevation과 curvature 측정에 사용된다. 또한 전체 각막의 pachymetry, white-to-white 측정, anterior chamber 깊이, Kappa angle 등도 측정한다. 다시 말해 이 도구는 기존 장비들에 비해 각막의 전반부와 후반부 그리고 각막의 두께도 함께 측정하는 장점을 가진다(그림 14).

이 장비를 이용할 경우 각막의 진단 정보는 각막 중심을 기준으로 3mm와 5mm 이내의 각막의 평균 굴절력, 난시 값, steep와 flat한 축, 카파 각, 각막의 지역별 굴절력, 동공 직경, 각막의 부위마다 두께 등을 알 수 있다. 또한 이 같은 값을 칼라 색으로 표시 해 주므로써 시진으로도 쉽게 판독이 된다.

- 5) 목적: ORBscan은 인간 각막에서 굴절이상을 가지는 피검사자들의 각막에 대한 질적 및 양적인 종합적인 자료를 제공하므로써 임상 진단을 통한 치료의 성공률을 높이는데 있다. 즉 ORBscan은 각막의 형태에 대한 종합적인 진단 정보를 검안사, 의사 및 연구자들에게 제공하는데 목적이 있다.

- 6) Maps의 형태: Elevation maps, Mean power maps, Astigmatic power maps, Axial power maps, Tangential power maps, Optical power maps, Pachymetry maps, Anterior chamber maps, Eye

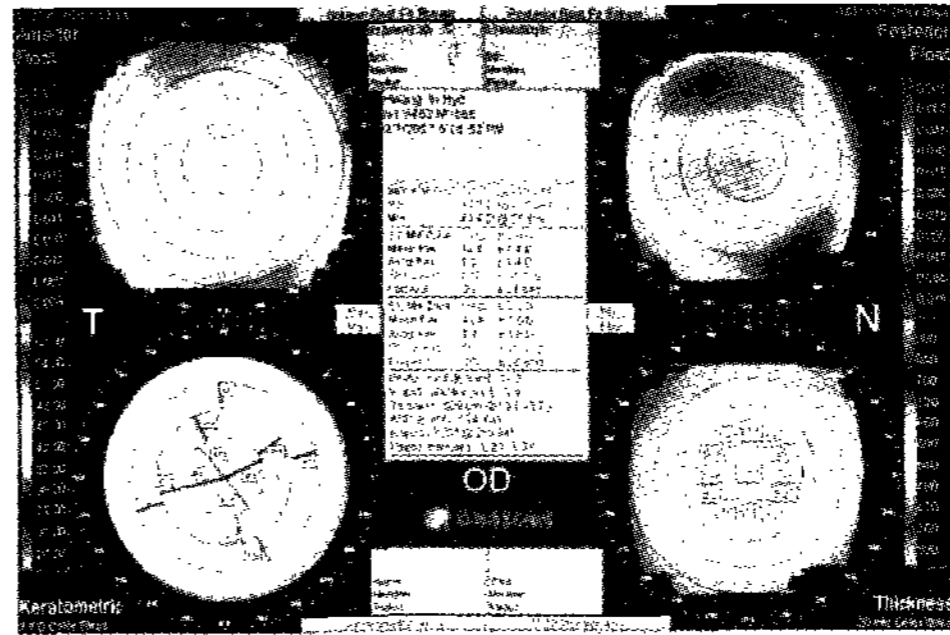


그림 15. 근시성 난시 피검사자의 ORBSCAN 모습(오른 눈)

image, Quad map, Difference maps, 3-D difference maps, Dual maps, Displaying maps 등이 있다.

- 7) 임상 증례 : 근시성 난시를 가진 피검사자 오른 눈의 ORB scan의 자료는 우선 각막의 전면과 후면에서 Keratometry의 값을 숫자와 칼라로 나타내어 육안으로도 쉽게 각막의 형태를 알 수 있고, 또한 pachymetry를 이용해서 각막의 부위별 두께를 확인할 수 있다(그림 15). 특히 각막의 중앙 simk's, 3mm 그리고 5mm로 나누어서 각 부위의 평균 굴절력, 난시 굴절력, 축 등을 수치로 나타내었다.

### III. 결론(Conclusion)

인간의 눈은 시각을 담당하는 매우 중요한 특수 감각기관이다. 시각의 주체인 안구에서 눈 굴절의 약 2/3 즉 약 +43 diopter를 차지하는 각막은 시력에 가장 큰 영향을 미치는 비조절성 굴절기관이다.

이같이 각막은 시각에서 아주 중요시되는 조직으로서, 이곳의 진단과 처방의 정보는 임상 안과에서도 매우 중요하게 여긴다. 이같이 각막에 대한 정확한 임상 진단의 정보제공을 위해 진단 장비의 개발은 끊임없이 개발되어 왔다. 그러나 각막 진단 장비는 기본적으로 Keratometer와 Keratoscope이다. 그러나 최근 진단용 의료장비는 컴퓨터 공학의 발달로 computer -associate videokeratospoe로서 그 기능이 과거와는 다른 자세한 각막의 지형에 대한 종합 정보를 제공하고 있다. 이 같은 최신 의료 장비의 개발은 결국 임상에서도 각막 이상의 정확한 진단 정보를 받으므로써 환자의 처방에 대한 성공 확률을 높여가고 있

## 각막 지형도(Corneal Topography)의 분석과 임상적 이용

다. 그러나 이런 진단 장비도 검안사의 정확한 사용과 의사들의 정확한 판독과 치료 적용이 매우 중요하다. 그렇지만 현재까지 개발된 의료 장비들도 완벽한 진단 정보를 제공할 수 있는 도구는 아니다. 따라서 앞으로도 과학자들은 보다 더욱 정확하고 정밀한 진단 정보를 위한 진단 장비의 의공학적인 개발을 계속할 것으로 여겨진다.

### 참고문헌

- (1) ORBSCAN manual, Bausch & Lomb, USA (2002).
- (2) 김덕훈 외 7인, 시기 해부학, 정문각(2006).
- (3) 김덕훈 외 6인, 임상 눈 해부학 실습서, 코리아 메디칼(2007).
- (4) 김덕훈 외 6인, 시기 생리학, 현문사(2007).
- (5) 김덕훈 외 1인, 콘택트렌즈학 개론, 현문사(2004).
- (6) William J Benjamin, Borish's Clinical refraction, Butterworth-Heinemann(2006).
- (7) Barbara C, Latif MH, Ophthalmic technical personnel, Saunder(1995).
- (8) Nathan efron, Contact lens practice, Butterworth-Heinemann(2002).
- (9) Theodore G, Primary care optometry, Butterworth-Heinemann(2007).

### 약 령



김덕훈

- 학력 :  
1978~1982 대구대학교 사범대학 생물교육전공, 이학사  
1982~1985 영남대학교 이과대학 대학원 생물학과, 이학석사  
1985~1988 영남대학교 이과대학 대학원 생물학과, 이학박사  
1996~2000 인제대학교 의용공학과 공학박사

- 경력 :  
1983~1990 영남대학교 이과대학 연구조교 및 강사  
1985~1988 대구대학교 사범대학 및 자연대학 외래강사  
1987~1988 계명대학교 의과대학 의학과 연구조교 및 강사  
1990~1992 동국대학교 의과대학 의학과 연구조교 및 강사  
1994~1995 일본 나가사키대학교 의과대학 의학과 연구원  
1997 뉴질랜드 오클랜드 대학교 검안대학 연수  
2003~2004 캐나다 워털루 대학교 검안대학 연수  
2005 호주 시드니 대학교 시과학 대학 연수  
2007 중국 의과대학교 제 4 종합병원 연수  
1992~현재 마산대학 안경광학과 교수