

녹내장에서 망막신경섬유층두께와 중심각막두께의 상관관계 분석

성경림 · 김동윤 · 남윤표

울산대학교 의과대학 서울아산병원 안과학교실

목적: 빛간섭단층촬영으로 측정된 망막신경섬유층두께와 중심각막두께의 관련성을 고찰하고자 하였다.

대상과 방법: 녹내장 100안, 녹내장의증 99안에서 시야 검사, 빛간섭단층촬영, 중심각막두께를 측정하고 지표들의 관련성을 Pearson correlation 분석을 통해 알아보았다. 중심각막두께와 망막신경섬유층두께의 상관관계를 mixed effect model을 통해 분석하였고 얇은 각막군($553.6 \mu\text{m} >$)과 두꺼운 군으로($553.6 \mu\text{m} \leq$) 나누어 양 군 간에 세 지표, 시야검사 mean deviation (MD), pattern standard deviation (PSD), 망막신경섬유층두께의 차이를 비교하였다.

결과: 전체 대상안에서 중심각막두께와 망막신경섬유층두께의 관련성은 관찰되지 않았다($R^2=0.00$, $p=0.88$). 녹내장군과 녹내장의증군에서 중심각막두께와 망막신경섬유층두께는 각각 유의한 상관관계를 보이지 않았다($p=0.11$, $p=0.46$). 얇은 각막군과 두꺼운 각막군 간에 세 지표는 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.38$, 0.32 , 0.44).

결론: 녹내장과 녹내장의증군에서 중심각막두께는 망막신경섬유층두께와 유의한 관련성을 보이지 않았다.

(대한안과학회지 2009;50(3):418-423)

Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS)는 대규모의 전향적인 연구결과 중심각막두께가 고안압증에서 원발 개방각 녹내장으로 진행되는 중요한 위험인자임을 발표하였다.¹ 최근 대규모의 다른 다기관 공동연구에서도 비슷한 결과를 보고하여 중심각막두께는 원발 개방각 녹내장의 진단과 진행에 영향을 미칠 수 있는 중요한 요인으로 인식되고 있으며 여러 각도에서 연구되고 있다.² 중심각막두께는 녹내장의 진단과 관련하여 크게 두 가지 관점에서 고려되어야 한다. 첫째는 현재까지 알려진 녹내장의 가장 중요한 위험인자인 안압을 측정하는 표준방법은 Goldmann 압평 안압 측정법이며 이 측정에 중심각막두께가 영향을 줄 수 있다는 것이다. 이것은 이론적으로 각막두께가 일정하다고 가정한 상태에서 고려된 안압 측정법이며 중심각막이 얇으면 안압은 실제보다 낮게 측정되고 두꺼울수록 높은 것으로 측정된다.³ 따라서 중심각막두께를 보정한다면 정상안과 고안압증 그리고 녹내장에 대한 분류가 달라질 수 있을 것이다. Choi et al⁴은 정상안압성 녹내장으로 분류된 환자들 중 22.58%가 원발 개방각 녹내장으로 재분류될 것이며 56.65%의 두꺼운 중심각막두께를 가진 고안압증환자들이 정상안으로 분류될 수 있을 것이라고 발표한 바가 있다. 중심각막

두께에 따른 안압의 보정은 여러 연구에서 시도되었지만 합치되는 결과는 아직 없는 상태이다.⁵⁻⁷ 이는 중심각막두께 외에도 Goldmann 압평 안압 측정에 영향을 줄 수 있는 알려져 있지 않은 각막의 다른 생역학적 특성이 있을 수 있음을 시사하며 이에 대해서는 연구가 더 필요할 것으로 사료된다. 두 번째 고려해야 될 사항은 중심각막두께와 녹내장과 관련된 기능적(functional), 구조적(structural)손상의 지표들과의 관련성이다. 중심각막두께와 녹내장의 기능적 손상 즉, 시야검사 지표들과의 관련성에 대해서는 Herndon et al⁸이 중심각막두께와 초진 시 원발 개방각 녹내장 정도와의 관련성을 Advanced Glaucoma Intervention Study score를 통해서 알아본 결과 중심각막두께는 초진 시 녹내장 정도와 유의하게 관련되어 있다는 보고를 하였다. Kim and Chen⁹은 여러 종류의 개방각 녹내장환자들에 있어서 얇은 각막두께가 녹내장 진행의 요인임을, 우리나라에서는 Kim et al¹⁰이 원발 개방각 녹내장에서 중심각막두께가 녹내장의 진행과 관련되어 있음을 보고한 바가 있다. 한편 녹내장성 손상의 구조적 지표인 시신경유두나 망막신경 섬유층과 중심각막 두께에 대한 연구는 상대적으로 적은 편이다. Choi et al¹¹은 정상안압성 녹내장에서 stereoscopic optic disc photography로 측정된 시신경유두의 cup disc ratio가 중심각막두께와 관련되어 있음을 보고한 바 있다. 녹내장의 구조적 손상은 기능적 손상에 선행되는 것으로 알려져 녹내장을 조기 진단할 수 있는 방법으로 가능성이 제기되어 왔지만 이 손상을 보다 객관적이고 정량화시킬 수 있는 측정법이 적었던 측면이 있다. 이에 저자들은 최근

■ 접 수 일: 2008년 8월 1일 ■ 심사통과일: 2008년 12월 9일

■ 통 신 저 자: 성경림

서울시 송파구 풍납동 388-1
울산대학교 서울아산병원 안과
Tel: 02-3010-3680, Fax: 02-470-6440
E-mail: sungeye@gmail.com

에 녹내장의 구조적 손상을 보다 객관적이고 정량화시켜서 측정하는 진단 방법으로 많이 사용되며 여러 연구에서 그 진단성을 평가받은 빛간섭단층촬영으로 측정된 망막신경섬유층두께와¹²⁻¹⁹ 시야검사를 통해 얻은 기능적 손상 지표 그리고 중심각막두께와의 관련성을 알아보고자 본 연구를 시행하였다. 본 연구의 주된 관심사는 중심각막두께와 망막신경섬유층두께로 측정된 녹내장의 구조적 손상과의 관련성을 고찰하는데 있었으므로 중심각막두께에 따른 인위적인 안압의 보정, 그리고 보정된 안압에 의한 녹내장의 분류 등은 시행하지 않았다.

대상과 방법

이 연구는 2008년 3월에서 6월까지 서울 아산병원 안과 녹내장 클리닉을 방문하여 녹내장 혹은 녹내장의증으로 진단받은 환자들 중 본 연구의 기준에 해당하는 경우 연속적으로 선택된 환자들을 대상으로 시행한 후향적 연구이다. 모든 환자들은 시행되는 검사에 대하여 설명을 들었고 동의하였으며 모든 검사 과정과 분석은 Declaration of Helsinki에 의거하여 실행되었다. 모든 환자들은 전안부 세극등 검사 및 안저 검사, Goldmann 압평 안압계를 이용한 안압 측정, 초음파를 이용한 중심각막두께 측정(Pachette2® pachymetry; DGH Technology Inc.; Exton, PA, USA) Humphrey 자동 시야계 검사(Carl Zeiss Meditec, Dublin, USA)에 의한 SITA 24-2 시야 검사, 그리고 빛간섭단층촬영(Stratus Optical coherence tomography, Carl Zeiss Meditec, Dublin, USA, software version. 4.0.1)에 의한 망막신경섬유층두께 측정을 시행하였다. 최대교정시력이 20/30 이상인 경우, 구면렌즈대응치 값이 ± 6 디오퍼터 이내, 난시가 ± 3 디오퍼터 이내이며, 전안부 검사 및 전방각경 검사에서 정상 소견을 보이는 경우 대상에 포함되었다. 녹내장의증은 시야 검사상 정상 소견을 보이지만 0.6 이상 증가된 시신경유두함몰, 양안 간에 0.2 이상의 시신경 유두 함몰비의 차이, 시신경 유두의 국소결손, 시신경 유두 출혈, 시신경 섬유결손 등 전형적인 녹내장성 시신경유두 변화가 관찰되는 경우 혹은 Goldmann 압평 안압계를 이용한 안압측정에서 2회 이상 21 mmHg로 측정되어 고안압증으로 분류된 경우를 포함하였다. 녹내장성 시신경 유두변화와 함께 녹내장성 시야가 신뢰할 만한 시야검사에서 2회 이상 확인된 경우 녹내장으로 진단하였다. 2회 이상의 안압 측정에서 모두 21 mmHg 미만으로 측정된 경우는 정상안압성 녹내장으로 정의되었다. 녹내장성 시야손상은 Glaucoma hemifield test (GHT)에서 outside normal limit 소견을 보이면서 pattern standard deviation (PSD)이 정상의 5% 이하로

분류되는 경우로 정의하였다. 시야 검사는 신뢰도 지표상 주시 상실이 20% 미만, 가음성과 가양성 반응이 15% 미만인 경우에만 분석에 포함되었다. 녹내장 이외에 시야에 영향을 줄 수 있는 다른 안과적, 신경학적 이상이 있는 경우는 제외하였다. 양안 모두 연구 기준에 부합할 경우 단안이 무작위로 선택되었다.

빛간섭단층촬영을 이용한 망막신경섬유층두께의 측정은 fast retinal nerve fiber layer (RNFL) mode를 이용하여 측정하였고 평균 망막신경섬유층두께값(average RNFL thickness) 결과 분석에 사용하였다. 빛간섭단층촬영에서 얻은 image의 signal strength가 6 이상인 경우, 그리고 scan circle이 시신경유두의 중심에 잘 위치한 경우를 신뢰할 수 있는 image로 대상에 포함시켰으며 망막신경섬유층 분리측정의 실패(segmentation algorithm failure) 정도가 15%를 넘는 경우 제외되었다. 중심각막두께는 3회 측정치의 평균값을 분석에 이용하였다.

전체 대상안의 중심각막두께와 빛간섭단층촬영에 의해 측정된 망막신경섬유층두께의 관련성 그리고 시야 검사상의 mean deviation (MD), PSD와의 관련성을 각각 Pearson correlation 분석을 통해 알아보았다. 녹내장과 녹내장의증군으로 구분하여 각 군에서 중심각막두께와 망막신경섬유층두께의 상관관계를 환자의 나이, 성별, 빛간섭단층촬영에서 얻은 image의 signal strength, 그리고 구면렌즈대응치를 covariate로 포함시킨 linear mixed effect model을 통해 분석해보았다.

Lee et al²⁰은 224명을 대상으로 한 연구에서 한국인 정상안의 평균 중심각막두께는 553.6 μ m로 보고한 바 있다. 본 연구에서는 이를 기준으로 두 군 즉, 얇은 각막군(553.6 μ m 미만)과 두꺼운 각막군으로(553.6 μ m 이상) 나누어 양 군 간에 망막신경섬유층두께, MD, PSD의 차이가 있는지를 Mann-Whitney U test를 이용해 분석해 보았다. SPSS version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)이 통계분석에 사용되었다.

결 과

녹내장 환자 100명(남자 32명, 여자 68명)의 100안과 녹내장의증 환자 99명(남자 43명, 여자 56명)의 99안이 분석에 포함되었다. 100안의 녹내장안 중 81안은 정상안압성 녹내장으로 진단되었다. 녹내장군의 평균연령은 54.0 ± 13.6 세로 49.2 ± 12.1 세의 녹내장의증군과 차이를 보였다. 시야 검사상의 MD, PSD, 그리고 빛간섭단층촬영에서 측정된 평균 망막신경섬유층 두께는 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 구면렌즈대응치와 중심각막두께는 차이를

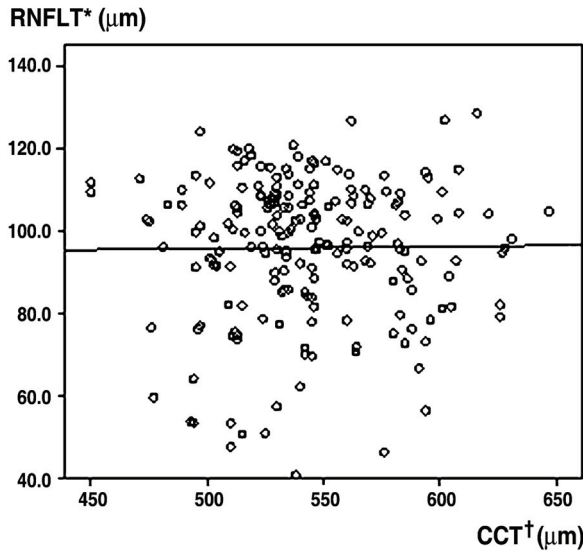


Figure 1. Correlation between average RNFLT* measured by OCT‡ and CCT† in glaucoma and glaucoma suspect subjects ($R^2=0.00$, $p=0.88$). *RNFLT=retinal nerve fiber layer thickness; †CCT=central corneal thickness; ‡OCT=optical coherence tomography.

보이지 않았다(Table 1).

중심각막두께와 빛간섭단층촬영에 의해 측정된 망막신경섬유층두께의 관련성, 시야검사상의 MD, PSD와의 관련성을 각각 Pearson correlation 분석을 통해 알아본 결과 이 세 가지 지표 모두 중심각막두께와의 관련성은 관찰되지 않았다($R^2=0.00$, 0.01 , 0.01 , $p=0.88$, 0.11 , 0.14 , Fig. 1, 2, 3).

녹내장군에서 중심각막두께와 망막신경섬유층두께의 상관관계를 환자의 나이, 성별, 빛간섭단층촬영에서 얻은 image의 signal strength, 그리고 구면렌즈대응치를 covariate로 포함시킨 linear mixed effect model을 통해 분석해보았을 때 통계적으로 유의한 관련성을 보이지 않았다($p=0.11$). 녹내장의중군에서도 같은 방식으로 분석했을 때 중심각막두께와 망막신경섬유층두께는 유의한 관련성을

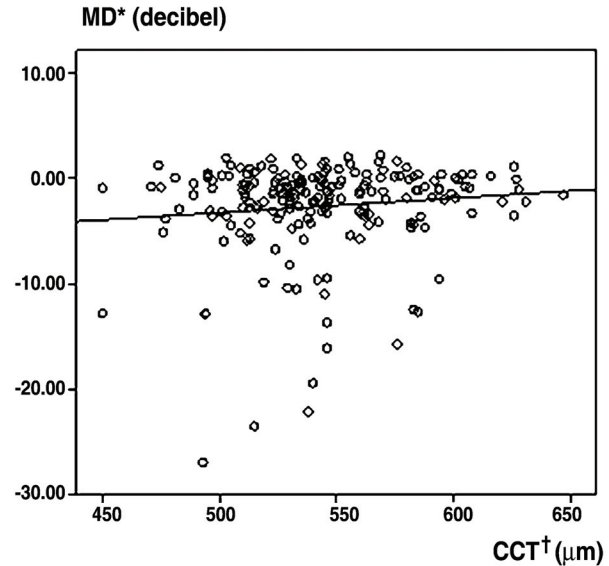


Figure 2. Correlation between VF* MD* and CCT† in glaucoma and glaucoma suspect subjects ($R^2=0.01$, $p=0.11$). *MD=mean deviation; †CCT=central corneal thickness; ‡VF=visual field.

보이지 않았다($p=0.46$). 중심각막두께 553.6 μm 를 기준으로 얇은 각막군(553.6 μm 미만)과 두꺼운 각막군으로(553.6 μm 이상) 나누어 양 군 간의 MD, PSD, 망막신경섬유층두께를 Mann-Whitney U test를 이용해 비교했을 때 모두 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

고 찰

중심각막두께가 고안압증에서 녹내장으로 진행되는 중요한 요인 중 하나라는 OHTS의 보고 이후 중심각막두께와 녹내장의 관련성에 대한 연구가 많아지고 있다. 중심각막두께를 고려하여 계산된 안압을 보정한 분석에서도 이 관련성은 제기되어서 중심각막두께는 안압 측정 외에도 녹내장 영역에서 고려되어야할 점들이 있음을 시사하고 있다.^{21,22}

Table 1. Comparison of age, CCT, * VF† MD‡, PSD§ and average RNFLT¶ assessed by OCT# between glaucoma and glaucoma suspect groups (mean \pm SD**)

| | Glaucoma (n=100) | Glaucoma suspect (n=99) | p value |
|---------------------------------|------------------|-------------------------|---------|
| Age (year) | 54.0 \pm 13.6 | 49.2 \pm 12.1 | 0.005 |
| CCT (μm) | 541.6 \pm 40.0 | 544.7 \pm 35.9 | 0.57 |
| VF MD (dB) | -5.05 \pm 5.24 | -0.29 \pm 1.30 | <0.001 |
| VF PSD (dB) | 4.76 \pm 3.75 | 1.67 \pm 0.38 | <0.001 |
| Average RNFLT (μm) | 89.6 \pm 18.9 | 102.0 \pm 12.70 | <0.001 |
| Spherical equivalent (diopter) | -1.32 \pm 2.88 | -1.20 \pm 2.54 | 0.67 |

* CCT=central corneal thickness; † VF=visual field; ‡ MD=mean deviation; § PSD=pattern standard deviation; ¶ RNFLT=retinal nerve fiber layer thickness; # OCT=optical coherence tomography; ** SD=standard deviation.

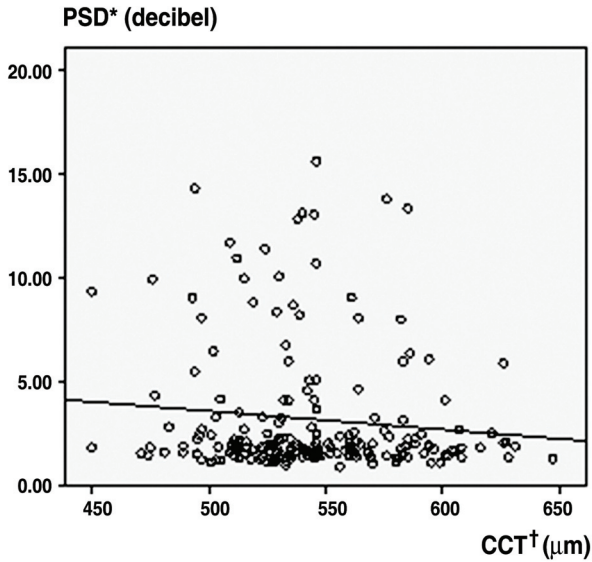


Figure 3. Correlation between VF[†] PSD^{*} and CCT[†] in glaucoma and glaucoma suspect subjects ($R^2=0.01$, $p=0.14$). * PSD=pattern standard deviation; [†] CCT=central corneal thickness; [‡] VF=visual field.

그 중 하나는 중심각막두께와 녹내장 정도(severity)와의 관련성일 것이다. 시야 검사로 본 녹내장의 정도와 중심각막두께가 관련되어 있다는 보고가 있었다.⁸ 녹내장의 기능적 손상 정도와 중심각막두께가 관련되어 있다면 구조적인 손상의 지표 또한 관련되어 있어야 할 것으로 사료된다. 고안압증에서 중심각막두께와 망막신경섬유층두께의 관련성은 보고되어 있으며^{23,24} 최근의 연구에서 정상안에서는 이 두 지표가 관련되어 있지 않다는 보고가 있었으나²⁵ 녹내장 환자에서는 녹내장손상의 구조적 지표인 망막신경섬유층두께와 중심각막 두께의 관련성에 대한 연구결과가 아직 보고된 바가 없다. 이에 저자들은 이 연구를 계획하게 되었다. 저자들이 관찰한 바, 녹내장군과 녹내장의증군 모두에서 중심각막두께는 망막신경섬유층두께와 유의한 관련성을 보이지 않았다. 이의 원인은 여러 가지로 추측될 수 있을 것이다. Early Manifest Glaucoma Trial (EMGT)의 연구

결과에 의하면 녹내장의 진행에 영향을 주는 기본인자를 5년간의 추적결과로 분석하였을 때 중심각막두께는 녹내장의 진행과 상관관계를 보이지 않았으나²⁶ 11년간 추적한 결과에서 기본안압(baseline IOP)이 높은 경우에는 기본 중심각막두께(baseline CCT)가 녹내장 진행에 유의한 예측인자인 것으로 나타났다.²⁷ 이 연구에서 저자들은 21 mmHg를 기준으로 고안압군과 저안압군으로 나누어 각각의 군에서 기본 중심각막두께(baseline CCT)가 녹내장의 진행에 미치는 영향을 살펴보았는데 고안압군에서는 각막 두께 40 μ m 감소에 따라 hazard ratio 1.42 ($p=0.023$)으로 유의한 결과를 보였으나 저안압군에서는 1.05 ($p=0.7655$)로 녹내장의 진행에 영향을 미치지 않는 요인으로 분석되었다. 이는 실제 녹내장으로 진단된 환자들 중에서도 기본 안압의 정도 혹은 개개인의 특성 등이나 밝혀지지 않은 요인에 따라 중심각막두께는 녹내장의증에서 녹내장으로의 이환 혹은 녹내장의 진행에 영향을 미치는 군과 영향을 미치지 않는 군이 혼합되어 있음을 시사한다고 할 수 있다. 연구 대상 녹내장 환자들의 80% 이상이 정상안압성 녹내장인 본 연구에서 중심각막두께와 녹내장의 구조적 손상 지표인 망막신경섬유층두께 그리고 기능적인 시야 검사의 지표들과 관련되어 있지 않다는 결과는 EMGT의 저안압군에서 중심각막 두께와 녹내장 진행이 관련되어 있지 않다는 연구 결과와 부합되는 측면이 있다. 즉 중심각막두께는 고안압증에서 녹내장의로의 이환과 기본 안압이 높은 환자들에서 녹내장 진행에 영향을 주는 것으로 나타났으나 상대적으로 안압이 낮은 군에서는 영향이 적은 것으로 볼 수도 있을 것이다. 물론 모든 안압 측정법의 표준은 현재로서는 Goldmann 안압 측정법이며 이 방법이 중심각막두께에 영향을 받는다는 사실은 항상 고려되어야 한다.

중심각막두께가 망막신경섬유층두께와 상관관계를 보이지 않는 다른 원인으로 생각해 볼 수 있는 것은 이 두 가지 지표의 분포가 상당히 넓다는 점이다. 정상적으로 각각 넓은 범위에 분포하고 있는 두 지표의 관련성을 찾아보는 것은 기술적으로 어려운 측면이 있다. 이에 저자들은 중심각

Table 2. Comparison of age, CCT^{*}, VF[†] MD[‡], PSD[§] and average RNFLT^{||} assessed by OCT[#] between thin cornea (CCT<553.6 μ m) and thick cornea (CCT>553.6 μ m) groups (mean \pm SD^{**})

| | Thin cornea (n=132) | Thick cornea (n=67) | p value |
|--------------------------|---------------------|---------------------|---------|
| Age (year) | 52.5 \pm 11.7 | 49.8 \pm 15.5 | 0.27 |
| CCT (μ m) | 521.9 \pm 21.7 | 585.0 \pm 21.7 | <0.001 |
| MD (dB) | -2.99 \pm 5.0 | -2.05 \pm 3.3 | 0.38 |
| PSD (dB) | 3.43 \pm 3.3 | 2.81 \pm 2.6 | 0.32 |
| Average RNFLT (μ m) | 95.9 \pm 17.9 | 95.9 \pm 16.2 | 0.44 |

* CCT=central corneal thickness; [†] VF=visual field; [‡] MD=mean deviation; [§] PSD=pattern standard deviation; ^{||} RNFLT=retinal nerve fiber layer thickness; [#] OCT=optical coherence tomography; ^{**} SD=standard deviation.

막두께와 망막신경섬유층두께에 영향을 줄 수 있다고 고려되는 여러 covariate들을 포함시킨 분석을 시행하였으나 그 관련성은 발견되지 않았다.²⁸ 그 외에 망막신경섬유층 두께가 객관적이고 정량화시킬 수 있는 지표이지만 녹내장성 구조적 손상을 측정하는 간접적인 지표이기 때문에 관련성이 약화되었을 가능성도 있다.

녹내장 병인 고찰에서 주목받고 있는 사상판(lamina cribrosa)과 각막이 조직학적으로 연관되어 있기 때문에 중심각막두께는 녹내장 영역에서 중요한 의미를 갖는다. 사상판의 두께나 가소성 등이 녹내장의 병인에 관련될 것이라는 추측이 있으나 이를 측정하는 것은 현재의 진단장비로써는 어렵고 한계가 있는 실정이다.²⁹ 따라서 이 사상판과 발생학적으로 같은 기원을 가지는 각막이 이 특성을 대체할 수 있는 측정법으로(surrogate measure) 의미를 가질 수 있다.²³ 중심각막두께 혹은 각막의 가소성(plasticity) 등 각막의 구조적 혹은 생역학적인 특성을 측정하여 직접 접근하기 어려운 사상판의 특성을 유추하고 안압 변화에 따른 사상판의 반응, 그리고 이에 수반되는 녹내장성 시신경 병리를 고찰하는 연구는 녹내장의 병인 분석을 위한 흥미로운 주제일 것이다.

결론적으로, 본 연구 결과에 의하면 녹내장과 녹내장의 중증에서 중심각막두께는 녹내장의 구조적 손상 지표인 망막신경섬유층두께와 기능적 손상을 측정하는 시야검사의 지표들과 유의한 관련성을 보이지 않았다. 이는 중심각막두께가 녹내장의 진행에 미치는 영향이 선별적일 수 있음을 시사한다. 녹내장이 초기에 환자가 자각할 수 있는 증상이 없는 질환이니만큼, 발병 시 바로 내원하기 어렵기 때문에 어떤 인자가 녹내장의 발병 혹은 진행을 보는 요인이 될 것인가 하는 것을 단면적인 연구(cross sectional study)에서 고찰하는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 각막두께와 시신경섬유층두께로 측정한 녹내장성 손상과의 관련성을 보다 정확하고 객관적으로 파악하고, 연구결과가 임상적 의미를 갖기 위해서는 녹내장의 진행과 기본 중심각막두께의 관련성을 장기적으로 추적하는 연구(longitudinal study)가 반드시 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2002;120:714-20.
- Miglior S, Pfeiffer N, Torri V, et al. Predictive factors for open-angle glaucoma among patients with ocular hypertension in the European Glaucoma Prevention Study. *Ophthalmology* 2007;114:3-9.
- Allingham R, Damji K, Freedman S, et al. Intraocular Pressure and Tonometry. In : Allingham RR, Damji K, Freedman S, et al. *Shields' Textbook of Glaucoma*, 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005; chap. 2.
- Choi YJ, Kim JH, Sohn YH. Influence of central corneal thickness on diagnosis of glaucoma. *J Korean Ophthalmol Soc* 2003;44:2823-8.
- Ehlers N, Branssen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol* 1975;53:34-43.
- Wolfs RC, Klaver CC, Vingerling JR, et al. Distribution of central corneal thickness and its association with intraocular pressure: the Rotterdam study. *Am J Ophthalmol* 1997;123:767-72.
- Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. *Surv Ophthalmol* 2000;44:367-408.
- Herndon LW, Weizer JS, Stinnett SS. Central corneal thickness as a risk factor for advanced glaucoma damage. *Arch Ophthalmol* 2004;122:17-21.
- Kim JW, Chen PP. Central corneal pachymetry and visual field progress in patients with open angle glaucoma. *Ophthalmology* 2004; 111:2126-32.
- Kim JH, Lee EK, Kim CS, Lee NH. Central corneal thickness and visual field progression in primary open angle glaucoma. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:1088-95.
- Choi HJ, Kim DM, Hwang SS. Relationship between central corneal thickness and localized retinal nerve fiber layer defect in normal-tension glaucoma. *J Glaucoma* 2006;15:120-3.
- Budenz DL, Chang RT, Huang X, et al. Reproducibility of retinal nerve fiber thickness measurements using the stratus OCT in normal and glaucomatous eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:2440-3.
- Burgansky-Eliash Z, Wollstein G, Chu T, et al. Optical coherence tomography machine learning classifiers for glaucoma detection: a preliminary study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:4147-52.
- Huang ML, Chen HY. Development and comparison of automated classifiers for glaucoma diagnosis using Stratus optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:4121-9.
- Leung CK, Chan WM, Yung WH, et al. Comparison of macular and peripapillary measurements for the detection of glaucoma: an optical coherence tomography study. *Ophthalmology* 2005;112:391-400.
- Medeiros FA, Zangwill LM, Bowd C, et al. Evaluation of retinal nerve fiber layer, optic nerve head, and macular thickness measurements for glaucoma detection using optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2005;139:44-55.
- Kanamori A, Nagai-Kusuhara A, Escano MF, et al. Comparison of confocal scanning laser ophthalmoscopy, scanning laser polarimetry and optical coherence tomography to discriminate ocular hypertension and glaucoma at an early stage. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2006;244:58-68.
- Lalezary M, Medeiros FA, Weinreb RN, et al. Baseline optical coherence tomography predicts the development of glaucomatous change in glaucoma suspects. *Am J Ophthalmol* 2006;142:576-82.
- Manassakorn A, Nouri-Mahdavi K, Caprioli J. Comparison of retinal nerve fiber layer thickness and optic disk algorithms with optical coherence tomography to detect glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2006;141:105-15.
- Lee ES, Kim CY, Ha SJ, et al. Central corneal thickness of Korean patients with glaucoma. *Ophthalmology* 2007;114:927-30.
- Brandt JD, Beiser JA, Kass MA, Gordon MO. Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS). *Ophthalmology* 2001;108:1779-88.
- Brandt JD. Central corneal thickness--tonometry artifact, or something more? *Ophthalmology* 2007;114:1963-4.

- 23) Henderson PA, Medeiros FA, Zangwill LM, Weinreb RN. Relationship between central corneal thickness and retinal nerve fiber layer thickness in ocular hypertensive patients. *Ophthalmology* 2005;112:251-6.
- 24) Kaushik S, Gyatsho J, Jain R, et al. Correlation between retinal nerve fiber layer thickness and central corneal thickness in patients with ocular hypertension: an optical coherence tomography study. *Am J Ophthalmol* 2006;141:884-90.
- 25) Mumcuoglu T, Townsend KA, Wollstein G, et al. Assessing the Relationship Between Central Corneal Thickness and Retinal Nerve Fiber Layer Thickness in Healthy Subjects. *Am J Ophthalmol* 2008; 146:561-6.
- 26) Leske MC, Heijl A, Hussein M, et al. Factors for glaucoma progression and the effect of treatment: the early manifest glaucoma trial. *Arch Ophthalmol* 2003;121:48-56.
- 27) Leske MC, Heijl A, Hyman L, et al. Predictors of long-term progression in the early manifest glaucoma trial. *Ophthalmology* 2007;114:1965-72.
- 28) Stein DM, Wollstein G, Ishikawa H, et al. Effect of corneal drying on optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2006;113:985-91.
- 29) Lesk MR, Hafez AS, Descovich D. Relationship between central corneal thickness and changes of optic nerve head topography and blood flow after intraocular pressure reduction in open-angle glaucoma and ocular hypertension. *Arch Ophthalmol* 2006;124: 1568-72.

=ABSTRACT=

Relationship Between Central Corneal Thickness and Retinal Nerve Fiber Layer Thickness in Glaucomatous Subject

Kyung Rim Sung, MD, PhD, Dong Yoon Kim, MD, Yoon Pyo Nam, MD

University of Ulsan, College of Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the correlation between central corneal thickness (CCT) and retinal nerve fiber layer thickness (RNFLT) as determined by optical coherence tomography (OCT) in glaucomatous subjects.

Methods: One hundred eyes diagnosed with glaucoma and 99 glaucoma suspect (GS) eyes were tested by visual field (VF), OCT, and ultrasonic pachymetry. The relationship between CCT and RNFLT measurements was assessed by Pearson correlation analysis. A mixed effect model was employed to determine the relationship between CCT and RNFLT in glaucoma and GS groups. We divided the patients into two groups depending on the thickness of their corneas: Thin (< 553.6 μ m) and thick (\geq 553.6 μ m), and compared three parameters: VF mean deviation (MD), pattern standard deviation (PSD), and RNFLT between the two groups.

Results: There were no significant correlations between CCT and RNFLT in any participant ($R^2=0.00$, $p=0.88$). There was no significant relationship between CCT and RNFLT in glaucoma and GS groups ($p=0.11$, $p=0.46$). There were no statistically significant differences in MD, PSD, or RNFLT between the thin and thick cornea groups ($p=0.38$, 0.32, 0.44).

Conclusions: CCT is not significantly associated with RNFLT in glaucoma and GS subjects.

J Korean Ophthalmol Soc 2009;50(3):418-423

Key Words: Central corneal thickness, Optical coherence tomography, Retinal nerve fiber layer thickness

Address reprint requests to **Kyung Rim Sung, MD, PhD**

Department of Ophthalmology, University of Ulsan, College of Medicine, Asan Medical Center

#388-1 Pungnap-2-dong, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea

Tel: 82-2-3010-3680, Fax: 82-2-470-6440, E-mail: sungeye@gmail.com