

만성신부전 환자에서 혈액투석 후의 안압 및 맥락막두께의 변화

전준우 · 이승우

동국대학교 의과대학 안과학교실

목적: 만성신부전 환자에게 혈액투석 후 안압과 맥락막두께가 변하는지와 안압 변화와 맥락막 변화가 상관관계가 있는지를 알아보기자 하였다.

대상과 방법: 만성신부전으로 혈액투석을 받고 있는 환자 48명 48안을 대상으로 투석 전후의 안압을 측정하였다. 투석 전후 중심각막두께, 혈청오스몰농도, 혈압과 맥락막두께도 측정하여 이들과 안압과의 상관관계를 알아보았다. 맥락막두께는 스펙트럼 도메인 빛간섭단층촬영을 이용하여 측정하였다.

결과: 혈액투석 후 안압은 $14.9 \pm 2.3 \text{ mmHg}$ 에서 $14.3 \pm 2.1 \text{ mmHg}$ 로 낮아졌다($p<0.001$). 맥락막두께 또한 투석 전 $352.2 \pm 31.6 \mu\text{m}$ 에서 투석 후 $306.6 \pm 29.0 \mu\text{m}$ 로 유의하게 감소하였다($p<0.001$). 그 외에 혈압 및 혈청오스몰 농도도 통계학적으로 유의하게 낮아졌다($p<0.001$, $p<0.001$), 중심각막두께의 감소는 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.285$). 혈액투석 후 안압 변화는 맥락막두께의 변화와 양의 상관관계가 있었다($r=0.319$, $p=0.027$).

결론: 혈액투석 후에 체내 수분 소실이 맥락막 부피 및 두께의 감소를 가져오고 이 때문에 안압이 감소할 수 있다고 생각한다.
(대한안과학회지 2013;54(5):752-756)

만성신부전으로 혈액투석을 받고 있는 환자의 눈에 생길 수 있는 변화로는 굴절률의 변화, 결막 혹은 각막의 변화, 수정체혼탁과 안압변화 등이 나타날 수 있다.¹⁻⁵ 혈액투석은 확산과 한외여과의 두 가지 원리를 이용하여 혈액 내 노폐물을 제거하고 신체 내의 전해질 균형을 유지하게 되는데 이 두 가지 원리는 안압에 서로 상반된 영향을 준다. 먼저 반투과성 막을 경계로 그 양측에 환자의 혈액과 일정한 성분으로 조성된 투석액을 서로 반대방향으로 통과시켜 혈액 내의 노폐물의 농도 차이에 의해 제거되는 확산에 의해 혈중 오스몰 농도가 감소하여 방수 내로의 수분 유입으로 안압 상승을 일으킬 수 있고, 이와는 달리 일정한 압력을 가해 과다한 수분을 제거하는 한외여과는 탈수로 인해 안압을 감소시킬 수 있다.⁶ 이전 연구에서는 혈액투석 후 안압 상승이 있었다는 보고와 유의한 안압 상승이 없거나 오히려 안압이 감소한다는 보고가 있어 혈액투석이 안압에

미치는 영향은 아직 명확하지 않다.⁶⁻⁸ 이에 저자들은 혈액 투석 후 안압의 변화가 어떠한지를 알아보고자 하였고, 이런 변화에 영향을 끼칠 수 있는 요인들에 대하여 알아보았다. 또한 혈액투석 후 안구 내 수분의 감소로 인한 변화가 안압의 변화에 영향을 끼칠 수 있으며 이러한 변화는 우리 몸에서 단위 시간당 혈류량이 가장 많은 맥락막의 두께 변화를 통해 이를 설명할 수 있을 것으로 생각하고 최근 개발된 스펙트럼 도메인 빛간섭단층촬영(spectral domain optical coherence tomography, SD-OCT)을 이용하여 맥락막두께의 변화도 측정하여 안압과의 상관관계를 알아보고자 하였다.⁹

대상과 방법

본원에서 만성 신부전으로 일주일에 3회 혈액투석을 받고 있는 환자 중 굴절력이 +3디옵터와 -6디옵터 사이이고, 안축장의 길이가 22 mm 이상 25 mm 미만인 환자를 대상으로, 안압과 시야 검사 결과가 정상범위이며 앞방각경 검사상 앞방각이 Spaeth 분류로 공막 극이 보이는 C level 보다 깊고, 유두 핵몰비가 0.3 이하인 환자를 대상으로 하였다. 다른 안 질환이 있는 환자, 과거력상 녹내장이 있는 환자 및 안압에 영향을 주는 약제를 사용하는 환자는 제외하였다. 또한 세극등현미경검사, 앞방각경 검사 및 안저 검

■ 접수일: 2012년 4월 20일 ■ 심사통과일: 2012년 10월 7일
■ 게재허가일: 2013년 2월 12일

■ 책임저자: 이승우
경상북도 경주시 동대로 87
동국대학교 경주병원 안과
Tel: 054-770-8256, Fax: 054-772-9618
E-mail: meinkamf@hanmir.com

* 이 논문의 요지는 2012년 대한안과학회 제27차 아시아 태평양 학술대회에서 포스터로 발표되었음.
* 이 논문은 2012년도 동국대학교 논문제재장려금 지원으로 이루어졌음.

사상 특별히 안압상승과 관련이 있는 환자도 제외하였다. 투석 전 안과적 기본검사로 시력검사, 안압측정, 시야 검사 및 앞방각경 검사를 시행하였으며 혈액투석은 formula 2000 모델로 4시간에 걸쳐 진행되었다. 투석 전 30분과 투석 후 30분의 안압, 혈압, 혈청오스몰 농도, 중심각막두께 및 맥락막두께를 측정하였다. 안압은 0.5% proparacaine (Alcaine, Alcon, Fort Worth, TX, USA)으로 점안마취 후에 골드만압평안압계를 이용하여 3회 측정하여 평균값을 사용하였고, 안압의 일중 변동에 의한 오차를 줄이기 위해서 모든 환자는 오전에 혈액투석을 받는 환자를 대상으로 하였다. 중심각막두께는 앙와위에서 점안마취를 시행한 뒤 초음파각막두께측정계(Ultrasound pachymeter, model Pacscan 300P, Sonomed Inc., IL, USA)를 이용하여 5회 연속 측정하여 중간값 3개의 평균값을 사용하였다. 시야 검사는 험프리자동시야계(Zeiss-Humphrey Meditec Inc., San Leandro, CA, USA)를 이용하여 Central 30-2 SITA-standard 검사를 시행하였다. 투석 전후의 맥락막두께는 스펙트럼 도메인 빛간섭단층촬영계(Spectralis, Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Germany)를 이용하여 enhanced depth imaging 방법을 이용하여 측정하였다.¹⁰ 촬영 방법으로는 각 100개의 스캔의 평균으로 이루어진 7개의 구획을 황반 중심부와 시신경유두를 포함하는 5 × 30도 직사각형 모양

으로 촬영하였다. 맥락막두께는 Heidelberg Eye Explorer 소프트웨어(version 1.5.12.0)를 이용하여 황반하 망막색소 상피(retinal pigment epithelium, RPE)의 외측경계에서부터 공막(sclera)의 내측 경계까지 수직선을 그어 측정하였다 (Fig. 1). 2명의 저자(JWC, SWL)가 독립적으로 맥락막두께를 측정한 뒤 맥락막두께를 평균하여 측정치를 도출하였다.

통계적인 분석은 통계프로그램 R (version 2.9.2, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)을 이용하였다. 혈액 투석 전과 후의 안압, 혈압, 중심각막두께, 혈청오스몰농도 및 맥락막두께의 변화를 비교할 때는 paired *t*-test를 이용하였고 상관관계분석은 Pearson correlation을 이용하였으며 통계학적 유의성의 기준은 *p*-value가 0.05 미만인 경우로 하였다. 통계적인 분석은 환자의 좌안만을 사용하였다.

결 과

48명 48안이 본 연구의 대상이 되었다. 이 중 남자가 29명(60.4%), 여자 19명(39.6%)이고 평균연령은 54.7 ± 6.7세이었다.

혈액투석 전 평균 안압은 14.9 ± 2.3 mmHg이었으며, 투석 후 평균 안압은 14.3 ± 2.1 mmHg로 통계학적으로 유의

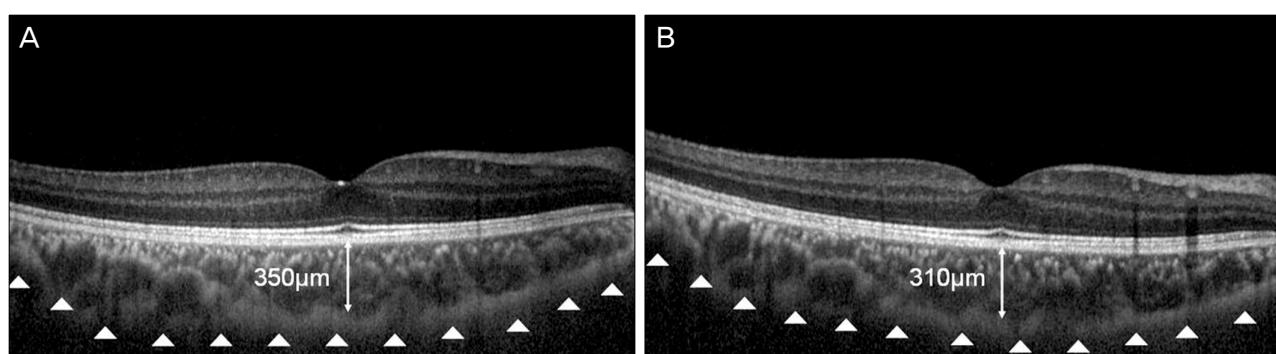


Figure 1. Representative image of right eye in 51 year old male patient with chronic renal failure. The choroid is seen in cross-section image acquired by spectral domain optical coherence tomography (SD-OCT, Spectralis) (double-headed arrow). The choroidal thickness was measured vertically from the basal aspect of the retinal pigment epithelium to the inner surface of the sclera. Choroidal thickness was 350 μm before hemodialysis (A) and 310 μm after hemodialysis (B).

Table 1. Value of each factor in 48 patients before and after hemodialysis

	Before hemodialysis	After hemodialysis	Change in value after hemodialysis	<i>p</i> -value*
Intraocular pressure (mm Hg)	14.9 ± 2.3	14.3 ± 2.1	-0.6 ± 0.6	<0.001
Central corneal thickness (μm)	539.3 ± 29.1	537.3 ± 24.4	-1.98 ± 12.7	0.285
Systolic blood pressure (mm Hg)	156.4 ± 12.7	145.5 ± 9.7	-10.8 ± 7.2	<0.001
Diastolic blood pressure (mm Hg)	94.0 ± 13.0	89.1 ± 9.8	-4.9 ± 4.3	<0.001
Serum osmolality (mOsm)	303.4 ± 13.0	282.5 ± 8.9	-20.9 ± 14.1	<0.001
Choroidal thickness (μm)	352.2 ± 31.6	306.6 ± 29.0	-45.5 ± 13.2	<0.001

*Statistical significance was calculated by paired *t*-test.

Table 2. Relationship between changes of intraocular pressure and factors may affect intraocular pressure

	Factor	Age	Axial length	Refractive error	CCT (μm)
Intraocular pressure	Pearson correlation	-0.186	-0.015	0.034	0.226
	p-value*	0.251	0.928	0.815	0.123
	Factor	SBP (mm Hg)	DBP (mm Hg)	SO (mOsm)	ChT (μm)
	Pearson correlation	0.046	0.024	0.152	0.319
	p-value*	0.757	0.871	0.3	0.027

CCT = central corneal thickness; SBP = systolic blood pressure; DBP = diastolic blood pressure; SO = serum osmolality; ChT = choroidal thickness.

*Statistical significance was calculated by correlation analysis (Pearson's correlation coefficient).

Table 3. Multiple linear regression testing the association between changes of intraocular pressure (IOP) and factors may affect changes of IOP

Factors	p-value*
Age	0.524
CCT change (Before hemodialysis - After hemodialysis)	0.295
SO change (Before hemodialysis - After hemodialysis)	0.321
ChT change (Before hemodialysis - After hemodialysis)	0.037

CCT = central corneal thickness; SO = serum osmolality; ChT = choroidal thickness.

*Statistical significance was calculated by multiple linear regression.

하게 낮아졌으며($p<0.001$), 평균 0.6 ± 0.6 mmHg 감소하였다. 중심각막두께는 혈액투석 전 539.3 ± 29.1 μm에서 혈액투석 후 537.3 ± 24.4 μm로 감소하였으나 통계학적으로 유의하지는 않았다($p=0.285$). 중심와 맥락막두께는 혈액투석 전 352.2 ± 31.6 μm에서 투석 후 306.6 ± 29.0 μm로 유의하게 감소하였으며($p<0.001$), 평균 45.5 ± 13.2 μm 감소하였다(Fig. 1). 혈중 오스몰 농도는 혈액투석 전 평균 303.4 ± 13.0 mOsm에서 투석 후 282.5 ± 8.9 로 유의하게 감소하였으며($p<0.001$) 또한 혈액투석 후 수축기 혈압과 이완기 혈압도 유의하게 감소하였다($p<0.001$) (Table 1).

혈액투석 전후 안압의 변화에 영향을 줄 수 있는 나이, 안축장, 굴절력, 중심각막두께, 혈중오스몰농도, 수축기 혈압, 이완기 혈압과 중심와 맥락막두께와의 관계를 알기 위해 상관분석을 이용하여 분석한 결과 맥락막두께의 감소가 안압의 감소와 유의한 양의 상관관계를 보였으며 이는 통계학적으로 유의하였다($r=0.319$, $p=0.027$) (Table 2).

혈액 투석 전후 안압의 변화를 종속변수로 하여 단변량 분석(상관관계분석)에서 상관관계가 적었던 안축장, 굴절률, 수축기와 이완기혈압의 변화를 제외한 나머지 요인들에 대하여 다중회귀분석을 시행하였으며 이들 중 맥락막두께의 변화만이 유의한 선형관계를 가지는 변수로 나타났다(Table 3).

고 찰

혈액투석은 말기신부전 환자에게서 효과적이고 가장 널

리 쓰이는 신대체요법이다. 이러한 혈액 투석 전후 안압의 변화는 1964년 Sitprija et al¹¹에 의해 처음 기술된 이후로 많은 보고가 있다. 혈액투석 후 안압의 변화는 눈의 기저질환에 따라 다르다고 보고하거나 혈액 투석시기에 따라 다르다고 연구들도 있으나 크게 3가지로 구분된다.^{12,13} 첫째, 혈액투석 후 안압이 상승한다는 결과를 보고하는 연구가 있다.⁶⁻⁸ 그 기전으로 혈액투석 후 혈중 오스몰 농도의 급격한 감소에 따라 오스몰 농도 차가 발생하고 이 때문에 안구 내로의 물의 이동이 발생하거나 혹은 방수 내의 요소의 농도 증가에 따라 혈장 성분이 안구 내로 이동하여 혈액투석 후 안압이 상승하는 것이라고 설명하였다.¹⁴

둘째, 혈액투석 후에 안압 변화가 없다는 보고가 있다. 또한 혈액투석 후 안압의 변화가 없을 뿐만 아니라 각막이나 렌즈 두께의 변화도 없다는 보고가 있다. 그러한 이유로는 최근 혈액 투석기의 발달과 혈액 투석속도를 조절함으로써 급격한 혈압, 체중, 혈중 오스몰 농도의 변화를 예방하고 적은 삼투압의 변화를 발생시켜 혈액투석 후 안압의 변화를 줄이거나 안압의 변화가 없음을 보고하였다.^{13,15-17}

셋째, 혈액투석 후에 안압이 감소하는 것을 보고한 연구가 있다. Tokuyama et al¹⁸은 혈액투석 후 안압이 감소하는 원인으로 투석 도중 투석막을 통해 혈중에서 수분은 급격하게 감소하는데 비해 혈중 오스몰은 거의 일정하게 유지되어 혈중 교질 삼투압은 증가하고 이 결과 안구 내 수분이 혈액 안구 장벽을 통해 방수에서 혈중으로 이동해 안압이 감소한다고 하였다.

안구 내 수분의 변화는 안압과의 상관관계가 있으며 이

러한 갑작스러운 수분의 변화가 특히 우리 몸에서 단위 면적당 혈액 공급이 가장 많은 맥락막 부피 및 두께의 변화가 일어남을 보고한 연구들이 있다.^{19,20} De Moraes et al⁹은 갑작스러운 수분의 섭취 시에 안압이 증가하게 되는데 그러한 원인으로 맥락막두께의 증가와 같은 안구용적의 증가가 원인이라고 설명하였다. 이에 저자들은 혈액투석 후 체내 수분의 소실이 맥락막두께의 감소와 같은 안구용적의 변화를 가져오고 이것이 안압변화의 원인이 될 수 있다고 생각하였다. 본 연구에서 혈액투석 후 맥락막두께는 평균 $45.5 \pm 13.2 \mu\text{m}$ 감소하였으며 이는 통계학적으로 유의하였다($p>0.001$). 회귀분석을 통해 혈액투석전후의 안압변화에 영향을 줄 것으로 예상되는 나이, 안축장, 굴절력, 중심각막두께의 차이, 수축기 및 이완기 혈압의 차이, 혈중 삼투압의 차이, 맥락막두께 차이에 대해 분석하였고, 이를 중심각막두께 차이만이 통계적으로 유의한 상관관계를 가지는 변수로 나타났다. 하지만 여러 연구에서 맥락막두께는 나이, 굴절력과 안축장에 따라 차이가 있음을 보고하였고, 고령, 근시가 심할수록(>-6디옵터) 그리고 안축장이 길수록(>25 mm) 맥락막 두께가 얇아짐을 보고하였다.²¹⁻²³ 이러한 변수들의 상호작용에 의한 영향을 적절히 통제하기 위하여, 대상환자를 굴절력이 +3디옵터와 -6디옵터 사이이고, 안축장의 길이가 22 mm 이상 25 mm 미만으로 선정하였다. 그리고 투석을 받는 환자의 연령대가 크게 다르지 않아 나이에 따른 맥락막두께의 차이도 없었을 것으로 생각된다. 결국 혈액투석 후 체내 수분소실이 맥락막 부피 및 두께의 감소를 가져오게 되고 이 때문에 안구용적이 감소하게 된다. 이런 안구용적의 감소가 혈액투석 후 안압의 감소에 영향을 끼칠 수 있는 하나의 기전으로 생각한다.

그 외에도 Dinc et al¹²은 혈액투석 후 안압 저하의 원인으로 중심각막두께의 영향을 보고하였다. 혈액투석 후에 안구 내 수분의 소실이 중심각막 두께의 감소를 가져오게 되고 이 때문에 각막 두께에 영향을 받는 콜드민압평안압계에 의해 안압이 낮게 측정되는 것이 하나의 원인이라고 가정하였다. 하지만 본 연구에서는 중심각막두께의 변화는 통계학적으로 유의하지 않았으며 안압과의 변화와도 상관관계가 없었다($p>0.05$).

하지만 본 연구는 대상 수가 적고, 기저 질환에 따른 투석 후 안압의 변화가 있음을 보고한 연구도 있었으나¹⁶ 투석을 하게 된 환자들의 기저 질환을 구분하지 않은 점 그리고 맥락막두께를 측정하는 정확한 소프트웨어가 개발되지 않아 주관적인 측정법에 의존한 점 등 한계가 있다. 하지만 본 연구는 스펙트럼 도메인 빛간섭단층촬영계(SD-OCT)를 이용하여 처음으로 혈액투석 전후의 맥락막두께를 측정하고 안압변화와의 상관관계를 연구한 논문으로 의미가 있

을 것으로 생각하고 추후 장기간의 추적관찰을 통해 더 많은 정보를 얻을 수 있을 것으로 생각한다.

참고문헌

- 1) Cecchin E, De Marchi S, Tesio F. Intraocular pressure and hemodialysis. *Nephron* 1986;43:73-4.
- 2) Diaz-Couchoud P, Bordas FD, Garcia JR, et al. Corneal disease in patients with chronic renal insufficiency undergoing hemodialysis. *Cornea* 2001;20:695-702.
- 3) Klaassen-Broekema N, van Bijsterveld OP. Red eyes in renal failure. *Br J Ophthalmol* 1992;76:268-71.
- 4) Tomazzoli L, De Natale R, Lupo A, Parolini B. Visual acuity disturbances in chronic renal failure. *Ophthalmologica* 2000;214: 403-5.
- 5) Aktas Z, Ozdekk S, Asli Dinc U, et al. Alterations in ocular surface and corneal thickness in relation to metabolic control in patients with chronic renal failure. *Nephrology (Carlton)* 2007;12:380-5.
- 6) Broekema N, van Bijsterveld OP, de Bos Kuil RJ. Intraocular pressure during hemodialysis. *Ophthalmologica* 1988;197:60-4.
- 7) Jung SK, Lee SK, Kim JH. Intraocular pressure change by the hemodialysis. *J Korean Ophthalmol Soc* 1995;36:2195-201.
- 8) Seo SG, Kim YI, Kim YW, Yun IH. A study of intraocular pressure during hemodialysis in CRF patients. *J Korean Ophthalmol Soc* 2002;43:1222-9.
- 9) De Moraes CG, Reis AS, Cavalcante AF, et al. Choroidal expansion during the water drinking test. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009;247:385-9.
- 10) Spaide RF, Koizumi H, Pozzoni MC. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2008;146:496-500.
- 11) Sitprija V, Holmes JH, Ellis PP. Intraocular pressure changes during artificial kidney therapy. *Arch Ophthalmol* 1964;72:626-31.
- 12) Dinc UA, Ozdekk S, Aktas Z, et al. Changes in intraocular pressure, and corneal and retinal nerve fiber layer thickness during hemodialysis. *Int Ophthalmol* 2010;30:337-40.
- 13) Samsudin A, Mimiwati Z, Soong T, et al. Effect of haemodialysis on intraocular pressure. *Eye (Lond)* 2010;24:70-3.
- 14) Tawara A, Kobata H, Fujisawa K, et al. Mechanism of intraocular pressure elevation during hemodialysis. *Curr Eye Res* 1998;17: 339-47.
- 15) Austin JN, Klein M, Mishell J, et al. Intraocular pressures during high-flux hemodialysis. *Ren Fail* 1990;12:109-12.
- 16) Costagliola C, Mastropasqua L. The influence of hemodialysis on intraocular pressure: III. Aqueous humor dynamics and tissue hydration. *Ann Ophthalmol* 1991;23:31-4.
- 17) Hojs R, Pahor D. Intraocular pressure in chronic renal failure patients treated with maintenance hemodialysis. *Ophthalmologica* 1997;211:325-6.
- 18) Tokuyama T, Ikeda T, Sato K. Effect of plasma colloid osmotic pressure on intraocular pressure during haemodialysis. *Br J Ophthalmol* 1998;82:751-3.
- 19) Silver DM, Geyer O. Pressure-volume relation for the living human eye. *Curr Eye Res* 2000;20:115-20.
- 20) Phillips CI, Tsukahara S, Hosaka O, Adams W. Ocular pulsation correlates with ocular tension: the choroid as piston for an aqueous

- pump? Ophthalmic Res 1992;24:338-43.
- 21) Agawa T, Miura M, Ikuno Y, et al. Choroidal thickness measurement in healthy Japanese subjects by three-dimensional high-penetration optical coherence tomography. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2011;249:1485-92.
- 22) Ding X, Li J, Zeng J, et al. Choroidal thickness in healthy Chinese subjects. Invest Ophthalmol Vis Sci 2011;52:9555-60.
- 23) Fujiwara A, Shiragami C, Shirakata Y, et al. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography of subfoveal choroidal thickness in normal Japanese eyes. Jpn J Ophthalmol 2012;56:230-5.

=ABSTRACT=

Changes in Intraocular Pressure and Choroidal Thickness after Hemodialysis in Chronic Renal Failure Patients

Jun Woo Chun, MD, Seung Woo Lee, MD

Department of Ophthalmology, Dongguk University College of Medicine, Gyeongju, Korea

Purpose: To evaluate the change of choroidal thickness and intraocular pressure (IOP) as a result of hemodialysis with chronic renal failure patients. In addition, the correlation between the change of choroidal thickness and IOP were evaluated.

Methods: A total of 48 eyes of 48 chronic renal failure patients undergoing hemodialysis were included in the present study. IOP, blood pressure (systolic and diastolic), serum osmolality, central corneal thickness (CCT), and choroidal thickness were measured before and after hemodialysis. Choroidal thickness was measured using spectral domain ocular coherence tomography (SD-OCT).

Results: After hemodialysis, IOP significantly decreased from 14.9 ± 2.3 mm Hg to 14.3 ± 2.1 mm Hg ($p < 0.001$) and choroidal thickness significantly decreased from 352.2 ± 31.6 μm to 306.6 ± 29.0 μm ($p < 0.001$). The other factors that significantly decreased after hemodialysis included serum osmolality ($p < 0.001$) and blood pressure ($p < 0.001$) except CCT ($p = 0.285$). There was a positive correlation between changes in IOP and choroidal thickness after hemodialysis ($r = 0.319$, $p = 0.027$).

Conclusions: Decreased choroidal volume and thickness due to fluid loss may be involved in the mechanism of decreased IOP during hemodialysis.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(5):752-756

Key Words: Choroidal thickness, Hemodialysis, Intraocular pressure, Spectral domain ocular coherence tomography

Address reprint requests to **Seung Woo Lee, MD**
Department of Ophthalmology, Dongguk University Gyeongju Hospital
#87 Dong-daero, Gyeongju 780-350, Korea
Tel: 82-54-770-8256, Fax: 82-54-772-9618, E-mail: meinkamf@hanmir.com