

## Complications caused by perfluorocarbon liquid used in pars plana vitrectomy

Jae Ho Yoo<sup>1</sup>, Ki Yup Nam<sup>2</sup>, Seung Uk Lee<sup>2</sup>, Ji Eun Lee<sup>2</sup>, Sang Joon Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Oksan Health Subcenter, Euiseong-Gun, Korea*

<sup>2</sup>*Department of Ophthalmology, College of Medicine, Kosin University, Busan, Korea*

### 유리체망막 수술 시 사용된 과불화탄소액의 안내잔류와 이로 인한 합병증

유재호<sup>1</sup>, 남기엽<sup>2</sup>, 이승욱<sup>2</sup>, 이지은<sup>2</sup>, 이상준<sup>2</sup>

<sup>1</sup>의성군 옥산 보건지소, <sup>2</sup>고신대학교 의과대학 안과학교실

**Objectives:** To assess the inadvertent intraocular retention of perfluorocarbon liquid (PFCL) after vitreoretinal surgery and their complications.

**Methods:** We retrospectively reviewed the medical records of 108 patients who underwent vitreoretinal surgeries using intraoperative PFCL (perfluoro-n-octane (C<sub>8</sub>F<sub>18</sub>), 0.69 centistoke at 25°C, PERFLUORN®, Alcon, USA) and the removal of PFCL through fluid-air exchange. The analysis was focused on the occurrence of intraocular retained PFCL, diagnoses, surgical procedures, and complications.

**Results:** Retinal detachment (51 cases, 47%) was the most common surgery which used PFCL intraoperatively. Other causes were vitreous hemorrhage (24 cases, 22%), posteriorly dislocated lens (22 cases, 21%), and trauma (11 cases, 10%). Intraocular PFCL was found in a total of 9 (8.3%) eyes. PFCL bubbles remained in anterior chamber and vitreous cavity were observed in 4 cases and subretinal retained PFCL was observed in 5 cases. Three of 5 cases of subretinal PFCL exhibited in subfoveal space. Among the three subfoveal cases, macular hole developed after PFCL removal in 1 case, epiretinal membrane in the area where had been PFCL bubble. However, we observed no complications in 1 case of subfoveal PFCL that was removed by surgery. PFCL in anterior chamber and vitreous cavity were in 4 cases.

**Conclusions:** The presence of subfoveal PFCL might affect visual and anatomic outcomes. However, subfoveal PFCL may induce visual complications, and therefore requires special attention.

**Key Words:** complication, Perfluorocarbon liquid, retinal detachment, Vitrectomy

과불화탄소액은 거대열공망막박리 및 증식성 유리체 망막병증, 외상망막박리, 수정체 혹은 인공수정체 탈구 등 각종 유리체망막질환 수술 시 유리체 대용물로 사용된다. 과불화탄소액은 물보다 높은 비중을 나타내며, 광학적 투명성, 낮은 점도 등의 특성으로 인해 망막하액의 이동,

거대망막열공의 평탄화 등에 유용하게 사용되고 있다. 이러한 과불화탄소액이 안내수술 후에 잔류하게 되는 경우, 특히 망막하로 유입된 과불화탄소액에 의한 여러 합병증이 보고되었다.<sup>1~5</sup> 이는 큰 주변부 망막 절개술을 시행하거나, 과불화탄소액 제거를 위한 공기-액체 치환술 시

에 잘 일어나는 것으로 알려져 있다.<sup>6</sup> 망막하 과불화탄소액 잔류의 빈도는 연구에 따라 0.9 ~ 11%까지 다양하게 보고되고 있다.<sup>6-8</sup> 장기간 과불화탄소액이 망막하에 잔류된 경우 다양한 결과를 유발할 수 있으며, 10년간 경과 관찰 시 유의한 합병증이 없었다는 보고에서부터 과불화탄소액에 의한 영구적 중심암점까지 다양한 보고가 알려져 있다.<sup>1</sup> 국내의 경우 과불화탄소액에 의한 안독성 실험 및 과불화탄소액을 이용한 유리체망막수술의 임상성적 등에 대한 보고는 있으나, 과불화탄소액의 잔류 증례에 대한 분석은 없었다. 본 연구는 과불화탄소액이 망막하 유입, 유리체강내 잔류한 증례의 진단 및 수술방법, 이로 인한 합병증 발병 여부 등을 알아보았다.

## 대상과 방법

2004년부터 2009년 동안 본원에서 망막박리, 유리체 출혈, 유리체강내 수정체 이탈 등으로 유리체망막수술을 시행하며 과불화탄소액으로 perfluoro-n-octane(PERFLUORN®, ALCON, U.S.A., perfluoro-n-octane(C8F18), 0.69 centistoke at 25°C)을 사용한 환자 108명, 108안의 병력지를 후향적으로 분석하였다.

성별은 남자 80명(74.1%), 여자 28명(25.9%)이었고, 연령분포는 22세에서 84세로 평균  $57.25 \pm 15.10$ 세였다. 추적관찰기간은 1~70개월, 평균  $21.73 \pm 17.73$ 개월이었

다. 수술안은 우안 45안, 좌안 63안 이었다(Table 1).

모든 환자는 술 전에 교정시력 측정, 안압 측정, 세극등 검사 및 안저검사를 시행하였다. 수술방법은 전체 환자, 108안 모두에서 기본적으로 평면부유리체절제술과 과불화탄소액 주입 및 제거술을 시행하였다. 과불화탄소액 주입 시 모든 경우에 끝이 무딘 23 gauge 바늘을 이용하여 시신경 유두 근처에서 서서히 주입하였다. 열공성 망막박리의 경우 망막하액이 앞쪽의 열공을 통해 배출되게 하였고, 망막박리와 망막주름이 펴지도록 하면서 필요에 따라 남은 견인과 증식막을 제거하였다. 기존의 망막열공으로 망막하액 배출이 어려운 경우 망막하액배출을 위한 망막 절개술을 시행하였다. 과불화탄소액 주입 시에는 끝이 무딘 23 게이지 바늘을 이용하여 시신경 유두 근처에서 서서히 주입하였다. 과불화탄소액의 제거는 끝이 실리콘으로 된 extrusion needle을 이용하여 제거하였다. 만약 백내장으로 인해 수술 시야에 방해가 되는 경우 수정체 절제술을 함께 시행하였다. 필요에 따라 증식막 제거술, 주변부 망막절개술, 망막열공냉동응고술, 안내레이저 광응고술, 공막돌륭술, 액체공기교환, 과불화탄소 가스나 실리콘 기름 충전을 통한 망막압박을 시행하였다. 수술방법에 따라 안저검사가 적절히 이루어질 수 없어 과불화탄소액의 잔류를 확인할 수 없는 경우는 대상에서 제외하였다. 이들 환자에서 과불화탄소액의 잔류 유무와 해부학적 잔류 위치, 잔류 기간에 따른 합병증의 발병 여부 등에

Table 1. Demographics of total patient and retained PFCL cases.

|                          | Total             | Retained PFCL     |
|--------------------------|-------------------|-------------------|
| No. of surgeries         | 108               | 9(8.3%)           |
| Gender                   |                   |                   |
| Male                     | 80                | 8(10%)            |
| Female                   | 28                | 1(3.6%)           |
| Age (years)              |                   |                   |
| Mean (S.D.)              | $57.25 \pm 15.10$ | $52.11 \pm 18.78$ |
| Range                    | 22-84             | 20-78             |
| Follow-up period (month) |                   |                   |
| Mean (S.D.)              | $21.73 \pm 17.73$ | $26.92 \pm 20.01$ |
| Range                    | 0.25-70           | 0.25-48           |
| Time Left in (month)     |                   |                   |
| Mean (S.D.)              |                   | $18.58 \pm 4.24$  |
| Range                    |                   | 0.25-48           |

**Table 2.** Cumulative Percent of Eyes with Retained Perfluorocarbon Liquid

|                                         | Total No. of cases (%) | Retained PFCL, No.(%) |
|-----------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Rhegmatogenous retinal detachment       | 45(42%)                | 5(11.1%)              |
| Idiopathic                              | 39(36%)                | 4(10.3%)              |
| Trauma                                  | 6(6%)                  | 1(16.7%)              |
| Vitreous and Subretinal hemorrhage      | 31(29%)                | 0(0.0%)               |
| Due to diabetic Retinopathy             | 22(20%)                | 0(0.0%)               |
| Due to Trauma                           | 5(5%)                  | 0(0.0%)               |
| Due to Retinal vein occlusion           | 2(2%)                  | 0(0.0%)               |
| Due to Age-related macular degeneration | 1(1%)                  | 0(0.0%)               |
| Lens drop in vitreal cavity             | 21(19%)                | 3(14.3%)              |
| Tractional retinal detachment           | 7(6%)                  | 1(14.3%)              |
| Suprachoroidal hemorrhage               | 2(2%)                  | 0(0.0%)               |
| Choroidal detachment                    | 2(2%)                  | 0(0.0%)               |
| Total                                   | 108(100%)              | 9(8.3%)               |

**Table3.** Patient Characteristics with retained PFCL

| Patient | Age | Gender | Diagnosis                   | Operation                                | Site of PFCL     | PreOP VA | PostOP VA | Time Left in (month) | Follow up period (month) | Complication | Further Surgery       |
|---------|-----|--------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------|----------|-----------|----------------------|--------------------------|--------------|-----------------------|
| 1       | 78  | M      | RRD                         | PPV, Lensectomy, SB, Gas inject          | Anterior chamber | 0.075    | 0.1       | 0.25                 | 0.25                     | nil          | nil                   |
| 2       | 73  | M      | Posteriorly dislocated lens | PPV, Phacofragm atome                    | Anterior chamber | CF       | CF        | 1                    | 18                       | nil          | nil                   |
| 3       | 51  | M      | Posteriorly dislocated lens | PPV, Phacofragm atome                    | Anterior chamber | LP       | HM        | 1                    | 2                        | nil          | nil                   |
| 4       | 63  | M      | Posteriorly dislocated lens | PPV, Phaco c Scleral fixed IOL           | Vitreal cavity   | HM       | 0.8       | 12                   | 12                       | Floater      | nil                   |
| 5       | 20  | M      | RRD                         | PPV, SB, SiO inject                      | Extrafovea       | CF       | 0.25      | 24                   | 24                       | nil          | nil                   |
| 6       | 30  | F      | RRD                         | PPV, SB, C3F8 Gas inject                 | Extrafovea       | CF       | 0.1       | 36                   | 48                       | nil          | nil                   |
| 7       | 57  | F      | TRD, PDR                    | PPV, SiO inject                          | Subfovea         | CF       | HM        | 3                    | 48                       | Macular hole | PFCL removal          |
| 8       | 45  | M      | RRD                         | PPV, SB, FAX, EL, lensectomy, SiO inject | Subfovea         | CF       | 0.125     | 48                   | 48                       | nil          | Secondary IOL implant |
| 9       | 52  | M      | RRD                         | PPV, SB, Lensectomy, SiO inject          | Subfovea         | CF       | HM        | 42                   | 42                       | ERM          | nil                   |

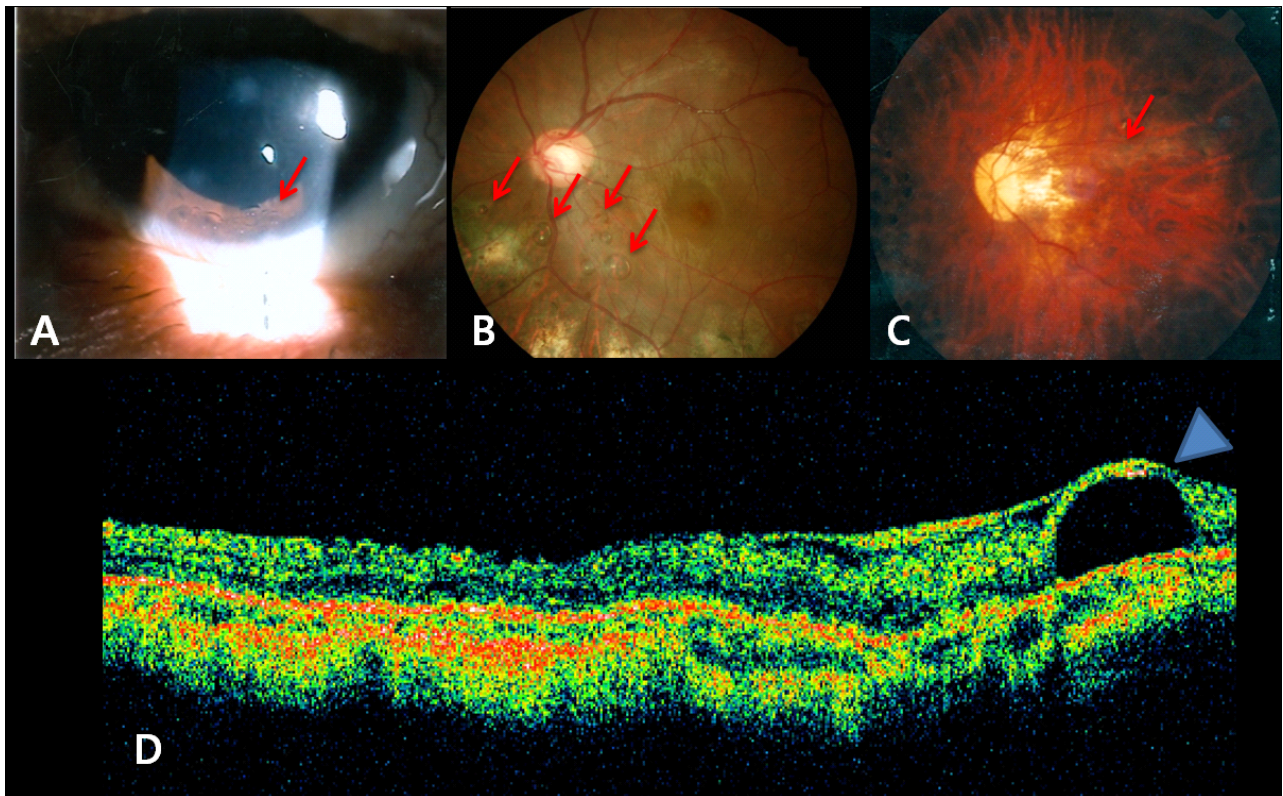


Fig. 1. A. Anterior segment Photo shows multiple PFCL bubble in inferior anterior chamber.(red arrow) B. Postoperative retinography of case 5 showing multiple PFCL spheres in the posterior pole, extramacular.(red arrow) After 2 years, notice the reflexes caused by PFCL. The patient's visual acuity was 0.25. C. Postoperative retinography shows PFCL bubble at superior side of macula.(red arrow) D.Vertical OCT section of the "C" case was shown and the intraretinal black hollow (arrow head) was PFCL subretinal bubble.

대하여 알아보았다.

## 결과

과불화탄소액을 사용한 총 108안의 수술 중 9안에서 과불화탄소액이 안내에 잔류되어 8.3%의 빈도를 보였다. 과불화탄소액을 사용한 수술로, 전체 108안 중 열공성 망막박리 45안 (41.7%), 유리체출혈 30안 (27.8%), 유리체강내 수정체 이탈 21안 (19.4%), 견인성 망막박리 7안 (6.5%), 맥락막상강출혈 2안 (1.9%), 맥락막박리 2안 (1.9%), 망막하 출혈 1안 (0.9%)이었다(Table 2). 과불화탄소액이 잔류되었던 수술 적응증은 열공성 망막박리가 5안(4.6%)으로 가장 많았으며, 다음으로 수정체 후방 편위 3안(2.8%), 견인성 망막박리 1안(0.9%) 순이었다(Table 2).

과불화탄소액이 잔류된 해부학적 위치로 분류하면 전방내 3안, 유리체강내 1안, 망막하에 잔류된 경우가 5안이었다(Table 3).

전방과 유리체강내에 잔류된 4안의 경우 수술의 원인은 수정체 후방 편위가 3안, 열공성 망막박리 수술 1안이었고, 12개월의 경과관찰 기간 동안 유의한 해부학적 변화가 세극등 검사상 관찰되지 않았다. 환자는 과불화탄소액으로 인한 비문증을 호소하였다. 과불화탄소액이 전방내에 잔류한 1례의 경우 열공성 망막박리 수술 시에 과불화탄소액을 사용하였다(Fig. 1A). 수정체 후방 편위로 유리체절제술과 수정체파쇄술을 시행하기 위해 과불화탄소액을 사용한 3례의 경우 2안에서 전방내, 1안에서 유리체강내에 과불화탄소액이 잔류되었다. 증례 4의 경우 경과관찰 중 유리체강내에서 과불화탄소액이 발견되었고, 1년간의 경과관찰 기간 동안 해부학적 변화는 발생하지 않았



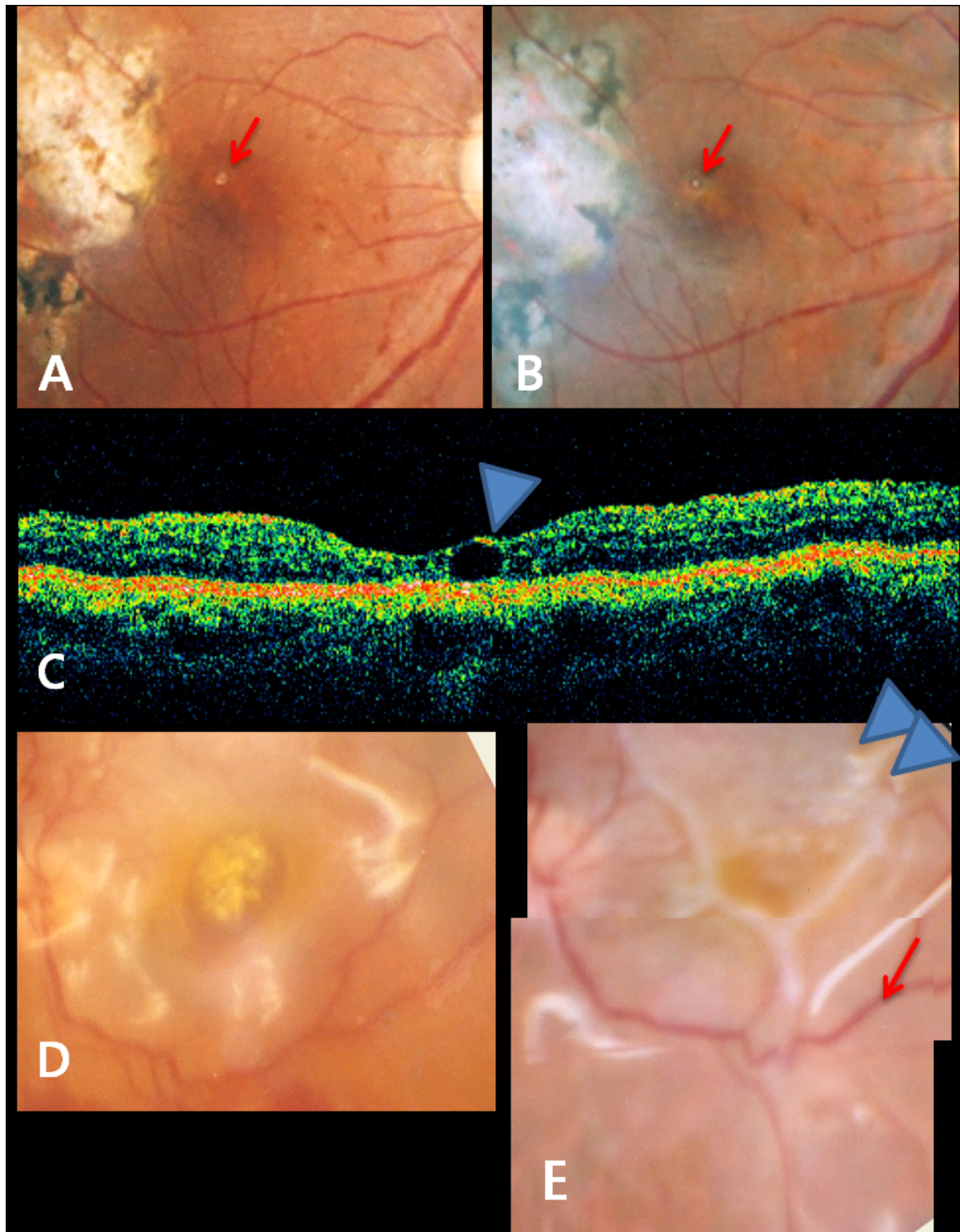


Fig 2. A. Retinography shows round reflex at macular due to subfoveal PFCL and atrophic change around posterior pole due to laser treatment. B. After 48 months with secondary IOL implant, retinography shows no obvious anatomy changes.(red arrow) The patients last visual acuity was 0.125. C.Vertical OCT section of the "B" case was shown and subfoveal PFCL bubble was observed.(blue arrow head) D. Postoperative retinography showing yellowish glistering macula due to submacular PFCL.(red arrow) E. After 6 months, retinography shows inferiorly displaced PFCL (red arrow) and premacular gliosis and epiretinal membrane.(blue arrow head)

으나 환자는 비문증을 호소하였다(Table 3).

과불화탄소액이 망막하로 유입된 경우는 총 5안으로 이 중 2안은 황반부를 벗어난 망막하에 유입되었고, 3안은 황반하로 유입되었다. 이 경우 수술 적응증은 열공성 망막박리가 4안으로 가장 많았으며, 증식성 당뇨망막병증에 동반된 견인성망막박리가 1안이었다.

황반부를 벗어난 후극부 망막하로 유입된 2안의 수술 적응증은 모두 열공성 망막박리였으며, 경과관찰 기간은 2년에서 4년이었다. 경과관찰 동안 시력에 대한 영향이 없었고, 90D 세극등 검사와 OCT검사상 망막의 변화가 관찰되지 않았다(Fig. 1B, C).

과불화탄소액이 황반하로 유입된 3안의 수술 원인은 열공성 망막박리 2안, 증식성 당뇨망막병증에 동반된 견인성 망막박리 1안이었다. 증례 7의 경우 견인성 망막박리로 과불화탄소액을 사용하였고, 술 후 발견된 황반하 과불화탄소액은 3개월 뒤 2차 수술 시에 제거하였으나, 48개월간의 경과관찰 기간 동안 과불화탄소액이 있던 위치에 황반원공이 발생하였다. 증례 8의 경우 열공성 망막박리 수술 시에 사용한 과불화탄소액이 황반하에 잔류되었으나 48개월 간의 경과관찰 기간 동안 유의한 합병증은 발생하지 않았다(Fig 2A, B.). 증례 9의 경우 망막박리 수술 시에 사용한 과불화탄소액이 황반하로 유입되었으며, 실리콘 기름 충전안으로 복와위를 취한 상태에서 과불화탄소액이 망막 하부로 이동하였으나 후에 과불화탄소액이 잔류되었던 부위에 망막앞막이 발생하였다(Fig 2D, E).

## 고찰

1987년 Chang 등이 과불화탄소의 이러한 성질을 이용하여 망막박리 수술의 도구로 과불화탄소액의 사용을 권하였고, 임상에서 그 사용이 늘어가고 있다.<sup>2</sup> 그러나 일반적으로 과불화탄소액 사용의 일차 적응증으로 증식성 유리체망막병증으로 동반한 망막박리, 거대열공성 망막박리, 관통상 등이 알려져 있으나, 기존에 과불화탄소액이 필요한 수술 적응증 빈도에 대한 임상보고는 없었다. 본

연구에서는 망막박리수술에서 과불화탄소액이 (42%) 가장 많이 사용되었고, 유리체 및 망막하 출혈, 수정체 후방편위, 견인성 망막박리, 맥락막상강출혈, 맥락막박리 순으로 사용되었다.

망막하 과불화탄소액 잔류의 빈도는 연구에 따라 0.9 ~ 11%까지 다양하게 보고되고 있다.<sup>6-8</sup> 본 연구의 경우 유리체절제술 후의 전방, 유리체강, 망막하를 포함한 전체적인 안내 잔류 빈도는 8.3%였다. 열공성 망막박리 수술 이후 망막하에 유입된 경우만 고려할 경우 총 45안 중 4안(8.8%)에서 망막하 과불화탄소액 유입이 발견되어 앞선 보고들과 유사한 빈도를 보였다. 하지만 이러한 잔류 빈도는 사용된 과불화탄소액의 종류 및 점도, 망막결손부의 크기, 술 후 평형염액을 이용한 세척의 정도, 수술 수기 등에 영향을 받을 수 있다.<sup>8</sup> Garica-Valenzuela등은 120° 이상의 큰 주변부 망막절개술, 과불화탄소액의 사용 후 제거를 위한 세척의 유무 등이 유의한 위험인자라고 보고하였다.<sup>6</sup> Scott등은 유리체망막수술 6개월 후 perfluoro-n-octane과 perfluoroperhydrophenanthrene에 따른 망막하 과불화탄소액의 잔류 빈도는 7.8%와 38.3%로 후자에서 높은 빈도를 보였다고 하였다.<sup>8</sup> 본 연구에서는 전 수술에서 perfluoro-n-octane (C8F18)을 사용하였다. C8F18의 표면장력과 비중, 점도, 굴절률이 각각 14(mN/m), 1.76 (g/cm<sup>3</sup>), 0.8 (mPas), 1.27이나 C14F24의 경우 18(mN/m), 2.03 (g/cm<sup>3</sup>), 8.03(mPas), 1.33으로 차이가 있다. 즉 비중이 상대적으로 낮고, 증기압이 높은 C8F18의 경우 C14F24에 비해 제거가 상대적으로 쉽고, C14F24의 경우 굴절률이 식염수나 방수와 비슷하여 상대적으로 수술 후 제거에 어려운 점이 있다.

본 연구에서도 과불화탄소액의 안내잔류로 인해 발생한 합병증을 살펴보면 잔류된 해부학적 위치에 따라 망막에 미치는 영향이 달랐다. 전방에 잔류된 증례는 3안이었고, 2개월까지 경과관찰 하였으나 세극등 검사상 합병증이 없었다. 전방으로 유입된 경우 각막독성, 백내장, 그리고 염증 발생에 대한 보고가 있으며,<sup>4,5,9</sup> Moreira 등은 토끼실험을 통해 결막출혈 및 각막혼탁이 발생할 수 있을

을 보고하였으며,<sup>10</sup> Alster 등은 잔류된 과불화탄소액에 의한 동공차단녹내장 등도 보고하고 있다.<sup>11</sup> 전방내 과불화탄소액으로 인한 합병증 발생기간의 측면에서 perfluorodecaline의 경우 각막내피세포와 접촉 후 4-13 주 후부터 각막부전이,<sup>12</sup> Wilbanks 등은 과불화탄소액에 의한 기계적 손상으로 빠르면 1개월부터 각막독성이 발생한다고 보고하였다.<sup>13</sup>

과불화탄소액의 유리체강내 잔존으로 인한 결과도 보고자에 따라 많은 차이가 있다. Rofail 등은 거대열공성 망막박리 수술 후 망막압박을 위해 과불화탄소액을 6-50 일간 사용한 결과 유의한 합병증이 없었다고 하였다.<sup>14</sup> 이외는 달리 Eckardt 등은 토끼 유리체강 내에 perfluoro-n-octane과 perfluoropolyether를 주입하여 2개월간 관찰하여, 주입 6일 후부터 조직학적 변화가 발생함을 관찰하였고, 2개월 후 망막과 망막색소상피 층의 손상을 확인하였다.<sup>15</sup> 본 연구의 1안에서 과불화탄소액이 유리체강 내 잔류된 증례의 경우 1년까지 경과관찰 시, 비문증이 발생하기는 하였으나 시력 및 해부학적 결과에 영향을 미치는 합병증은 발생하지 않았다.

본 연구의 경우 3안에서 황반하로 과불화탄소액이 잔류되었다. 이 중 1안은 3개월 후 2차 수술 시 과불화탄소액을 제거하였으나 경과관찰 중 과불화탄소액이 유입된 부위에 황반원공이 발생하였고, 1안에서는 망막앞막이 발생하였다. 나머지 1안의 경우 48개월간 유의한 합병증이 발생하지 않았다. PFCL이 황반하에 있던 곳에 망막앞막이 발생한 증례의 경우 인과관계를 알 수 없다. 이와 대조적으로 황반부를 벗어나 망막하에 잔류된 경우 2-4년까지 경과관찰 시 유의한 합병증이 발생하지 않아 Garcia 등의 보고와 언급처럼 황반부 이외의 망막하 과불화탄소액은 비교적 안정된 결과를 보였다.<sup>6</sup> 황반부를 벗어난 후 극부의 망막하 과불화탄소액의 경우 장기간의 경과관찰에도 안정된 경과를 보이며, 술 후 시력 및 해부학적 결과에 영향을 미치지 않았다. 잔류한 과불화탄소액의 해부학적 위치가 환자의 시력과 관련이 많은 것으로 보인다. 즉, 전방내 유입된 과불화탄소액의 경우 비교적 단기간의

잔류에는 안정된 경과를 보이므로 술 후에 발견된 경우 전방천자 등을 통해 제거하는 것이 적절할 것이다. 망막하로 유입된 경우 황반부를 벗어난 부위에 잔류된 경우 황반하에 잔류된 경우에서 보다 비교적 합병증이 적고, 장기간 잔류에도 비교적 안정된 경과를 보이는 것으로 생각된다. 하지만 황반하로 유입된 경우 다양한 합병증을 유발할 수 있음에 유의해야 할 것이다. 황반은 시력의 중심이기 때문에 PFCL이 잔류하면 시력에 대한 합병증이 발생하기 쉬울 뿐 아니라, fovea의 두께가 다른 망막보다 얇아 fovea 아래에 PFCL이 잔류하게 되면 쉽게 황반 원공이 발생할 것으로 추측된다. 또한 황반하 과불화탄소액의 제거 후 가역적 시력 회복 및 중심암점 소실 등의 보고가 있어 이데 대한 적극적인 대처가 필요할 것으로 사료된다.<sup>16-18</sup>

## REFERENCES

1. Lesnori G, Rossi T, Gelso A. Subfoveal liquid perfluorocarbon. *Retina* 2004;24:172-6.
2. Chang S, Lincoff H, Zimmerman NJ, Fuchs W. Giant retinal tears. Surgical techniques and results using perfluorocarbon liquids. *Arch Ophthalmol* 1989;107:761-6.
3. Peyman GA, Schulman JA, Sullivan B. Perfluorocarbon liquids in ophthalmology. *Surv Ophthalmol* 1995;39:375-95.
4. Han DP, Nanda SK, O'Brien WJ, Guy J, Murray TG, Boldt HC. Evaluation of anterior segment tolerance to short-term intravitreal perfluoron. *Retina* 1994;14:219-24.
5. Tanji TM, Peyman GA, Mehta NJ, Millsap CM. Perfluoroperhydrophenanthrene (Vitreon) as a short-term vitreous substitute after complex vitreoretinal surgery. *Ophthalmic surgery* 1993;24:681-5.
6. Garcia-Valenzuela E, Ito Y, Abrams GW. Risk factors for retention of subretinal perfluorocarbon liquid in vitreoretinal surgery. *Retina* 2004;24:746-52.
7. Bourke RD, Simpson RN, Cooling RJ, Sparrow JR. The stability of perfluoro-N-octane during vitreoretinal procedures. *Archives of ophthalmology* 1996;114:537-44.

8. Scott IU, Murray TG, Flynn HW, Jr., Smiddy WE, Feuer WJ, Schiffman JC. Outcomes and complications associated with perfluoro-n-octane and perfluoroperhydrophenanthrene in complex retinal detachment repair. *Ophthalmology* 2000;107:860-5.
9. Viebahn M, Buettner H. Perfluorophenanthrene unsuitable for postoperative retinal tamponade. *Am J Ophthalmol* 1994;118:124-6.
10. Moreira H, de Queiroz JM, Jr., Liggett PE, McDonnell PJ. Corneal toxicity study of two perfluorocarbon liquids in rabbit eyes. *Cornea* 1992;11:376-9.
11. Alster Y, Ben-Nun Y, Loewenstein A, Lazar M. Pupillary block glaucoma due to residual perfluoro-decalin. *Ophthalmic Surg Lasers* 1996;27:395-6.
12. Aydin E, Demir HD. Perfluorodecaline residue in the anterior chamber of a patient with an intact crystalline lens: a case report. *J Med Case Rep* 2008;2:13.
13. Wilbanks GA, Apel AJ, Jolly SS, Devenyi RG, Rootman DS. Perfluorodecalin corneal toxicity: five case reports. *Cornea* 1996;15:329-34.
14. Rofail M, Lee LR. Perfluoro-n-octane as a postoperative vitreoretinal tamponade in the management of giant retinal tears. *Retina* 2005;25:897-901.
15. Eckardt C, Nicolai U, Winter M, Knop E. Experimental intraocular tolerance to liquid perfluorooctane and perfluoropolyether. *Retina* 1991;11:375-84.
16. Vilaplana D, Poposki V, Martinez-Palmer A, Castilla M. [Subfoveal perfluorocarbon liquid. Two new cases]. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2009;84:363-6.
17. Escalada Gutierrez F, Mateo Garcia C. [Extraction of subfoveal liquid perfluorocarbon]. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2002;77:519-21.
18. Wong TY, Ho T. Retained perfluorodecalin after retinal detachment surgery. *Int Ophthalmol* 1996;20:293-4.