

안과에서의 레이저 이용

권 오 응

연세대학교 의과대학 안과학교실

1. 의료영역에서 사용되는 레이저 종류

레이저는 사용되는 매체(active medium)의 종류에 따라 크게 기체, 액체, 고체 레이저로 분류할 수 있는데 안과영역 등의 의료영역에서 주로 사용되는 레이저는 각 종류별로 다음과 같다.

1.1 기체 레이저

1.1.1 홀미움-네온(Holmium-Neon) 레이저

최초의 기체 레이저로 1961에 Javan 등에 의해 고안되었다. 현재 의학적으로 사용되는 것은 적외선이나 자외선 레이저의 방향 표시용으로 이용된다.

1.1.2 이산화탄소(CO₂) 레이저

1964년에 Patel 등이 10.6 μm 지속파장 이산화탄소 레이저를 이용한 시술을 발표하였다. 현재 시판되는 레이저는 9~11 μm 의 적외선 파장으로 최대 출력은 종류에 따라 다른데 wave guide 레이저는 40 W CW(CW; continuous wave), sealed tube laser는 수백 watt까지, slow flow axial 레이저는 50~500 W, fast-flow axial 레이저는 500~5000 W, transverse-flow 레이저는 3~45 kW이 가능하다. 수술용으로 사용되는 제품은 조직내 수분에서 많이 흡수되는 10 μm 의 파장을 사용한다.

1.1.3 아르곤(Argon) 외 이온 레이저들

기체 형태의 아르곤, 크립톤, 제논, 네온 등의 이온들을 이용한 레이저 가시영역의 파장에서 CW 출력을 얻을 수 있는 장점이 있다. 이들 중 의료영역에서 가장 유용한 것이 아르곤이며 1964에 Bridges 등에 의해 처음 사용되었다.

1.1.4 엑시머(Eximer) 레이저

엑시머 레이저는 1970년대 중반에 소개되었으며 자외선영역과 그 근처의 파장이며 수십 나노초의 펄스로 평균 100 W의 강력한 에너지를 전달할 수 있다. 엑시머의 매체는 희귀한 gas halide 복합체로 argon fluoride, krypton fluoride, xenon flu-

oride 등이 있으며 자연상태에 존재하지 않는다. 의료영역에서는 각막의 굴절교정술, 혈관 성형술, 미세수술에 이용된다.

1.2 액체 레이저

1.2.1 Organic Dye Laser

Organic dye laser는 1966에 Sorokin과 Lankard에 의해 발명되었는데 레이저 출력의 파장을 조절할 수 있다. 여러가지 dye를 사용하여 자외선 근처부터 적외선 근방까지의 스펙트럼을 포함할 수 있으며 또한 방출파장영역이 넓어 매우 짧은 optical pulse를 가능하게 한다. Dye의 종류와 pump source에 따라 310에서 1200 nm까지의 파장이 제공되고 출력의 강도는 pump 레이저의 종류, dye 레이저의 디자인, dye의 종류에 따라 정해진다. 피부 질환의 치료, 요로 및 방광의 결석 치료에 사용된다.

1.3 고체 레이저

1.3.1 Neodymium YAG 레이저

1.06 μm 의 neodymium(Nd) laser는 1964년에 Geusic 등이 개발하였다. 가장 흔한 고체 레이저로 수 mW에서 kW까지의 세기의 지속적인 빔 및 gigawatt 범위의 짧은 펄스 그리고 kilowatt 범위의 펄스 빔 등을 생성할 수 있다. 활성 매체는 희귀한 Nd³⁺으로 yttrium-aluminum-garnet에 포함되어 사용된다. Nd-YAG 레이저는 안과영역에서는 후발백내장 치료의 표준적인 도구가 되었고 그밖의 의료영역에서는 담낭 수술이나 위장관 출혈의 치료에 사용된다.

1.3.2 Holmium YAG 레이저

1962년에 Johnson 등이 저온에서 고체상태의 홀미움(Ho)이 2.1 μm 의 레이저 현상을 나타냄을 발견한 후 1985년에 Antipenko 등에 의해 실온에서 펄스로 작동하는 것이 가능하게 되어 급속도로 발전하였다. 현재 실온에서 2.1 μm 의 파장에 40 W 이상이 가능한 Ho:YAG 레이저가 상용화되었다. 녹내장

치료 및 관절경 수술시, 부비동 수술, 악관절 수술 등에 이용된다.

1.3.3 반도체 Diode 레이저

1962년에 처음 개발되어 현재 저가 레이저로 이용된다. 가장 중요한 레이저는 GaAlAs 기기로 720~890 nm의 파장이 가능하다. 안과적으로는 광응고술 등에서 이용되고 있다.

1.3.4 KTP 레이저

KTP(potassium titanyl phosphate)를 이용하여 1064 nm의 Nd:YAG 레이저파장을 532 nm의 녹색 파장으로 바꾼 것으로 KTP에서 레이저가 생성되는 것이 아님에도 불구하고 KTP 레이저로 불리운다.

2. 안과 영역에서의 레이저 이용

안과영역을 망막질환, 각막질환, 녹내장, 백내장 등으로 나누어 각 영역별로 사용되는 레이저를 살펴보면 다음과 같다.

2.1 망막 질환에서의 레이저 이용

망막은, 안구를 축구공에 비유한다면 축구공의 가장 안쪽표면을 둘러싸고있는 조직이다. 안구는 종종 카메라에 비유되는데 망막의 기능은 카메라의 필름에 해당하는 기능을 가지고 있다. 해부학적으로 망막의 두께는 0.1~0.2 mm로 매우 얇으며 망막색소상피세포층과 시세포층등 모두 10개의 층으로 이루어져있고 망막혈관과 맥락막모세혈관으로부터 혈액공급을 받는데 망막은 황반과 시신경유두를 포함하는 중심부와 그 주변부로 나누어진다.

망막에 대한 레이저는 광응고 또는 광과괴의 효과를 이용한 것이 대부분이다. 현재 사용되고 있는 레이저로는 Argon, Krypton, Nd:YAG, Diode 레이저들이 있다. 광응고를 통한 부착효과를 노리는 경우로는 열공을 포함하여 심한 주변부망막변성이 있을 때와 망막박리를 예방할 목적으로 시행하는 예방적 광응고술 등이 있고 광과괴효과를 이용하는 예로는 증식성 당뇨망막병증 및 망막중심정맥폐쇄 등이 있을 때 시행하는 범안저광응고술, 망막분지정맥폐쇄시 시행하는 부분안저광응고술, 당뇨망막병증 및 망막분지정맥폐쇄 등에서 발생한 황반부종시 시행하는 격자광응고술, 중심성 장액성 맥락막망막병증에서 시행하는 국소광응고술 등이 있다. 망막에 대한 레이저 수술을 위해서는 시술전 산동제를 점안하여 충분히 산동될 때까지 기다린 후 시행하여야 하며 시술시 약간의 통증을 느끼는

경우가 드물게 있고, 시술 후 얼마간 거부감을 느낄 수 있다. 또한 대부분의 레이저시술의 목적이 병의 치유에 있기 보다는 병의 악화를 막거나 지연시키려는데 있으며, 대부분의 경우 시술 후 오히려 약간의 시력감소를 동반하며, 시술중이나 시술후에도 병이 진행할 수 있다.

다시 망막영역에서 흔히 만나는 질환별로 레이저 시술예를 알아보면 다음과 같다.

2.1.1 당뇨 망막증(Diabetic Retinopathy) 환자에서의 전망막 광응고술(Pan-retinal photocoagulation)

당뇨병 환자에서는 일반적으로 당뇨 발병 수년 이내에, 매우 가늘고 작은 망막 혈관에 병변을 일으켜 출혈, 소정맥류, 부종, 삼출물 등이 나타난다. 이를 당뇨망막증(Diabetic Retinopathy)이라 하며, 치료하지 않으면 거의 대부분 진행되고, 출혈 및 신생혈관 증식 등으로 악화되어 중국에는 실명에 이르게 된다. 때로는 큰 혈관이 터져 심한 출혈이 망막과 초자체 내로 나타나서 순간적으로 실명 위기에 처하는 경우도 적지 않다. 그러므로, 당뇨병 환자는 당뇨 초기부터 정기적으로 안과적 검진을 받아야 하며, 당뇨 망막증을 조기에 발견하고 병의 진행을 막기 위한 적절한 치료를 받아야 한다.

초기에 간접 검안경 검사 등을 비롯한 기본적인 안저 검사를 받고, 당뇨 망막증이 의심되는 환자는 망막의 혈관을 비롯한 전반적인 망막의 병변 유무를 자세히 관찰할 수 있도록 형광안저 검사 등의 정밀 검사를 해야 하며, 상태에 따라 적기에 치료를 받아야 한다. 당뇨 망막증의 초기에는 적절한 당뇨병 관리와 지속적인 약물 요법 등으로 병의 진행을 어느 정도 감소시킬 수 있다. 그러나 이러한 보존적 치료 방법으로 병이 조절되지 않고 진행하여, 광범위한 망막 모세혈관의 폐쇄, 망막하 신생 혈관의 증식, 면화모양의 삼출물 형성 등의 소견을 보이는 증식기에 이르면 이를 증식성 당뇨 망막증(Proliferative Diabetic Retinopathy)이라 하는데, 이 시기의 치료로는 레이저 치료가 매우 중요하며 약물 요법은 보조요법이 된다.

당뇨 망막증 환자에서, 망막 순환 장애로 산소 결핍이되면 그 부위에서 신생 혈관 형성 물질이 만들어져 신생 혈관과 결체 조직이 증식된다. 이것이 점차 진행하여 출혈이 심해지면 초자체 출혈, 초자체 위축과 기질 변화가 오게 되고 그 결과 초자체후면의 박리와 견인성 망막 박리까지 초래하게 된다.

이러한 증식성 당뇨 망막증으로의 진행이 발견되거나 의심되는 환자에서 알곤 레이저를 이용한 전망막 광응고술(Pan-retinal photocoagulation)은 필수적이고 오늘날 가장 중요한 치료법으로 알려져 있다(그림 1).

전범위 또는 광범위 광응고술은 망막의 위험한 부위(황반부,

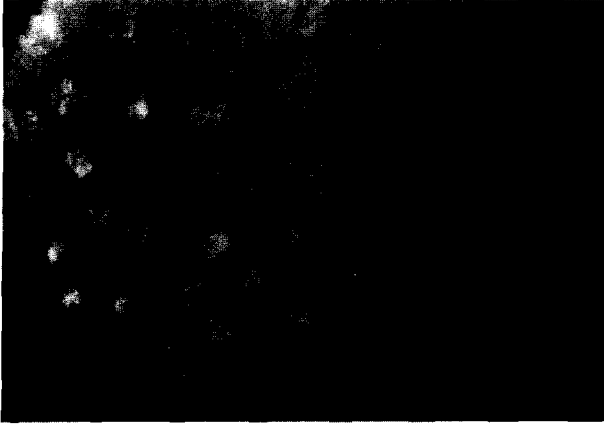


그림 1. 전망막광응고술 시행후의 망막사진.

시신경 유두 및 후극부)를 제외한 전 안저를 모두 넓게 광응고하는 방법으로, 이는 안저 전반에 걸쳐 맥락막에서 망막쪽으로 산소 공급을 촉진시켜주고 망막 주변부 혈류를 후극부로부터 흐르게 하여 안저 후극부의 산소 공급을 왕성하게 해줌과 동시에 망막 모세혈관 폐쇄부위를 광범위하게 응고, 파괴시킴으로써 혈관 신생 물질의 생성도 억제한다. 결국, 중요한 황반부를 정상 상태로 유지시켜 줌으로써 좋은 중심 시력을 오래 보존할 수 있게 된다. 그러나 망막 주변은 광응고술에 의해 파괴되므로, 합병증으로 출혈, 주변부 시야 협착이나 야맹증 등이 올 수 있고, 일시적으로 안압 상승과 시력 감퇴가 나타날 수 있다.

전망막 광응고술은 한쪽눈씩 받게 되며 흔히 주변부 망막을 3~4분(상, 하, 귀쪽, 코쪽)하여 한 분획씩 나누어 시행하므로 3~4회에 걸쳐 시술받게 된다(그림 2). 환자의 상태나 병의 활동성에 따라 치료 효과는 환자마다 약간씩 다르게 나타날 수 있고, 레이저 치료 후에도 지속적인 시력 및 안저 검사를 하여 진행과 재발여부를 확인해야 한다. 필요시 추가적인 레이저 치료를 받을 수 있으며, 불가피하게 수술이 필요할 수 있다.

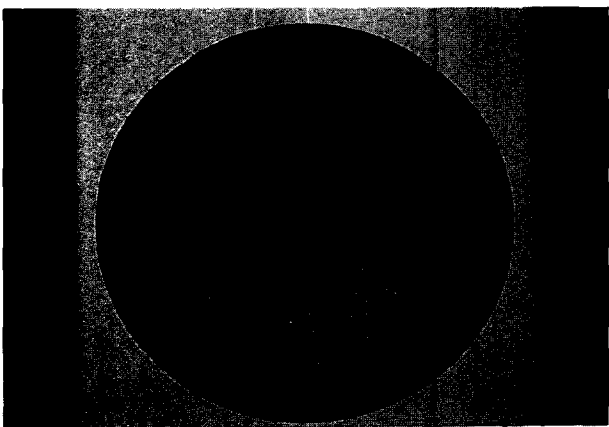


그림 2. 3구획으로 나누어서 전망막광응고술을 시행하는 경우의 망막그림.

2.1.2 당뇨병 황반 부종의 레이저 치료

당뇨성 황반 부종은 모든 당뇨병 환자에서 시력손실의 가장 빈번한 원인이다. 황반은 일정기간 동안은 부종을 견딜 수 있으나 그 후에는 기능을 잃어버리기 시작하여 비가역적이 되기도 한다. 당뇨병성 황반 부종의 증상은 주로 흐려보임이며 부종이 있어도 일정기간의 무증상인 시간이 있으므로 정기검진이 필요하다. 당뇨병성 황반 부종증에서 임상적으로 중요한 황반부 부종이나 광범위한 황반부 부종은 레이저 치료의 대상이 된다. 레이저 치료전에는 형광안저 촬영을 시행하여 부종을 일으키는 혈관누수의 위치와 크기를 파악한다. 레이저 치료의 방법은 누수가 일어나는 혈관에 직접적으로 레이저를 조사하는 방법과 황반부에 격자모양으로 레이저를 조사하는 방법이 있으며 환자상태에 따라 치료방법을 결정한다.

레이저 치료의 목적은 시력의 개선보다는 시력장애의 진행을 저지하여 안정화시킴에 있다. 보통 당뇨병성 황반부 부종이 없어지는데 레이저 치료후 3개월 정도가 걸리며 그 결과에 따라 재치료 여부를 결정한다. 그림 3은 레이저 치료 4개월 후 황반부부종과 삼출물이 감소된 소견을 보여주고 있다.

레이저 치료 후에는 중심시야에 암점이 생길 수 있으며 경성

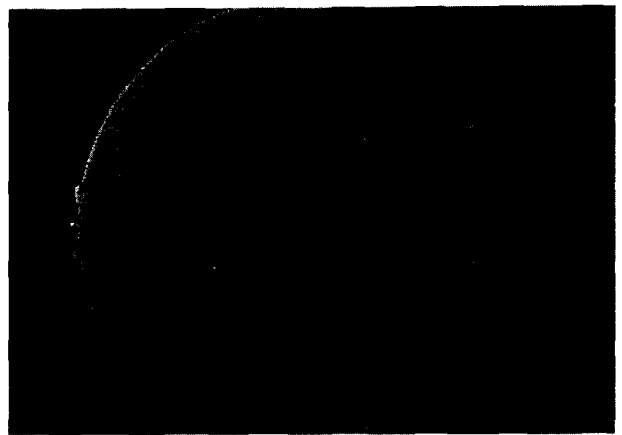


그림 3. (a) 레이저시행 전, (b) 레이저시행 후. 황반부 부종과 삼출물이 감소된 사진.

삼출물의 증가로 시력저하가 생길 수 있다. 장기적으로는 망막 색소상피와 광수용체의 위축확대, 맥락막 신생혈관막의 발생, 섬유성막의 증식으로 시력이 저하될 수도 있다.

2.1.3 망막분지정맥폐쇄에서의 레이저 치료

망막분지정맥폐쇄란 이름 그대로 망막의 혈관 중에서 분지정맥이 폐쇄되는 병으로 대개는 고혈압이 있는 사람에서 발생한다. 상수도와 하수도를 예로 들면, 동맥은 상수도, 정맥은 하수도에 해당된다. 그러므로 망막분지정맥폐쇄란 혈액이 빠져나가야 하는 하수도 역할을 하는 정맥이 막힘으로써 망막출혈 및 망막부종 등을 일으키는 병이라고 이해하면 된다. 이 병에서 시력저하가 생기는 이유는 대부분 망막부종 특히 황반부 부종이 생기기 때문이다. 그러므로 망막분지정맥폐쇄에서 레이저 치료는 황반부 부종을 해소시켜 주기 위한 목적으로 시행하게 된다. 다음에 열거하는 것은 레이저 치료를 시행하는 기준이다.

1. 발생한지 3개월 이내일 것.
2. 시력이 0.5 이하인 경우.
3. 최근 1개월 이내에 시행한 형광안저 촬영상 황반부 부종이 있을 것.
4. 황반부에 망막출혈이 없을 것.
5. 황반부에 허혈소견이 없을 것.

레이저 후 최소 3~4개월이 지난 후에야 효과가 나타나기 시작하므로, 첫 레이저 치료를 시행한 후 3개월 이내에는 부종이 해소되지 않았다 하더라도 재 치료는 시행하지 않는다. 그러나 4개월 이상이 지난 후에도 황반부 부종 및 시력저하가 지속되는 경우에는 형광안저 촬영을 다시 시행한 후에 레이저 치료를 다시 시도하게 된다. 망막분지정맥 폐쇄에서 발생할 수 있는 합병증 중 망막신생혈관이 있다. 이것은 망막이 혈액공급을 제대로 받지 못하게 되면 스스로 새로운 혈관(신생혈관)을 만들어 이를 해결하려고 하는 과정에서 발생하는 합병증으로, 신생혈관은 매우 약해서 쉽게 출혈될 수 있다. 망막분지정맥폐쇄에서 시행하는 또 하나의 레이저 치료는 이 신생혈관의 발생을 억제하고 이미 발생한 신생혈관을 퇴화시키기 위해서 시행한다.

2.1.4 망막중심 정맥폐쇄에서의 레이저 치료

망막중심정맥폐쇄는 망막정맥 중 가장 큰 중심망막정맥에 폐쇄되어 생기는 병으로 망막전체를 침범하므로 망막분지정맥 폐쇄 때보다 더욱 시력저하가 심하고 예후가 좋지 않다. 이 병에서 시행하는 레이저는 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 새로운 하수도를 만들어 주는 목적으로 시행하는 것이다. 대개는 한번에 성공하는 경우는 드물며 3~4번 이상 반복해서 시도

하는 경우가 많다. 이것은 2주 간격으로 시행하는 두 번의 레이저 치료로 구성되며 레이저 치료 2주 후에는 형광안저촬영을 시행하여 성공여부를 확인해야 한다. 만일 성공하지 못했다면 약 2개월이 지난 후 다시 시도하게 된다. 두 번째는 망막분지정맥폐쇄에서 시행하는 레이저와 목적과 방법이 동일하다.

2.1.5 망막하 신생혈관막의 레이저 치료

망막하 신생혈관막이란 맥락막의 모세혈관에서 자라난 섬유성 혈관조직이 증식하여 브루흐씨 막에 생긴 틈새 사이로 자라나와 망막하 공간으로 뻗어나가는 질병이다. 망막하 신생혈관이 생기는 연관질환으로는 연령관련성 황반부 변성, 히스토플라스모시스증, 고도근시 등이 있다. 이중 연령관련성 황반부 변성은 50세 이상의 연령층에서 망막색소상피의 위축이나 망막하 신생혈관막이 발생하는 질병으로 서구 선진국에서는 60세 이상의 노년층에서 심각한 비가역적 시력손실의 가장 큰 원인으로 알려져 있다. 이러한 신생혈관막에 의해 출혈성 망막색소상피 박리, 출혈성 망막박리, 초자체 출혈, 원반형 반흔 등이 생길 수 있으며 중심와를 포함한 망막중심부를 침범하는 경우 심각한 시력의 장애를 초래한다.

망막하 신생혈관막의 치료로는 레이저 치료, 방사선 치료, 수술적 제거 등이 있는데 병의 진행경과에 따라 알맞은 치료법을 선택하여야 한다. 그 중 레이저 치료법은 자라나온 망막하 신생혈관막을 레이저를 이용하여 파괴하는 방법이다. 레이저 치료를 하기 전에는 반드시 형광안저촬영과 인도사이아닌그린 촬영을 하여 신생혈관막의 위치와 크기를 파악하여야 한다. 신생혈관막의 경계가 불분명한 경우나 중심와의 중심부에서 200 μm 이내로 침범한 경우에는 레이저 치료를 할 수 없다. 레이저 치료의 목적은 시력의 향상에 있는 것이 아니라 병의 진행에 의한 더 이상의 시력감소를 막는데 있으며 치료 후에는 시야중심부에 암점이 나타날 수 있다. 레이저 치료 후에는 정기적인 관찰을 통해 신생혈관막이 잔존하여 출혈이나 병변의 진행이 계속되거나 신생혈관막이 재발하는 경우에 적절한 재치료를 해야 한다.

2.1.6 장액성 중심망막병증(Central serous retinopathy)

본 질환은 특별한 원인없이, 비교적 젊고 건강한 사람에게 생기는 경우가 많으며, 대부분 한쪽 눈에 발생하여, 변형시, 시력저하, 상대적 암점 등의 증상을 일으킨다. 이러한 증상은 망막의 중심부에 해당하는 황반부라는 곳의 감각신경층 아래에 국소적으로 액체가 고여 발생하게 된다. 이러한 액체는 약 80%의 환자에서 1~6개월 내에 흡수되어 증상도 소실되게 되며, 약 20%에서는 6개월 이상 지속되기도 하나 1년 이내에는

대개 흡수가 이루어지게 되어 시력도 회복하게 되나, 매우 드물게 영구적 시력 장애를 일으킬 수도 있다. 이러한 장애성 중심 망막병증의 레이저 치료는 망막의 감각신경층 아래에 고인 액체의 흡수를 도와줌으로써 시력의 회복을 촉진시킬 수 있다. 레이저의 합병증으로는 드물게 망막하 신생혈관막이 형성되어 영구적인 시력 장애를 일으키는 경우도 있다.

2.1.7 망막 열공(Retinal tears, Retinal breaks)

망막 열공은 망막의 가장 안쪽 층에 구멍이 생기는 질환으로, 성인 인구의 약 3~7%에서 관찰되며, 고도 근시, 주변부 망막변성, 안외상의 기왕력이 있는 분에게서는 더욱 흔하게 나타난다. 이러한 열공은 주로 망막의 주변부 즉, 앞쪽에 주로 생기게 되며, 대부분 아무런 증상도 일으키지 않는다. 그러나, 1~2%에서는 자연적으로 이 열공을 통해 액체가 흘러 들어가 망막이 떨어지는 망막박리라는 병을 일으키게 되며, 눈에 충격을 입게 되면 이러한 망막박리가 일어날 빈도는 훨씬 높게 된다. 망막박리가 일어나면 눈앞에 커튼이 쳐지는 듯한 시야장애가 일어나며, 중심부마저 떨어지면 중심시력을 잃게 된다. 따라서 망막 열공으로 인한 망막박리를 예방하기 위해 레이저를 시행하게 되며, 이 레이저는 열공의 주위에 울타리(barrier)를 쳐주어 열공을 통해 들어간 액체가 망막 밑으로 계속 진행되는 것을 막게 된다. 그림 4는 망막열공주위로 레이저를 시행받은 후의 소견을 보여준다. 레이저를 시행받은 후, 보통 2주 경과하여 레이저 치료 결과를 확인하게 되며, 간혹 추가적인 레이저 치료가 더 필요할 수도 있다. 레이저의 합병증은 특별히 없으나 매우 드물게 안내출혈 등이 발생할 수도 있다.

2.2 각막 질환에서의 레이저 이용

2.2.1 근시 치료



그림 4. 망막열공 주위에 레이저를 이용하여 울타리를 만들어준 사진.

근시의 시력 교정을 위해서는 안경이나 콘택트렌즈가 주로 사용되어진다. 하지만 안경은 착용시의 불편함, 미관상 혹은 직업상의 문제로 기피하려는 경향이 있다. 특히 고도근시의 경우에는 안경알이 두껍고 무거우며, 물체가 휘어보이고 작게 보이게 되는 등의 단점이 있다. 이러한 불편함을 줄이기 위하여 콘택트렌즈가 사용되나 안구건조증이 있는 경우는 착용이 어려우며, 간혹 부작용으로 각막에 염증이 생기며 심하면 궤양을 유발하게 된다. 따라서 많은 안과의사들이 안경이나 콘택트렌즈 착용 없이도 좋은 시력을 얻을 수 있는 효과적인 근시교정법에 대한 지속적인 연구를 시행하였다. 70년대 후반 및 80년대 초에 각막(검은자위)의 바깥 표면에 사파이어나 다이아몬드 칼로 방사상의 절개를 가하여 각막의 가운데 부위를 편평하게 하는 수술적 근시교정술이 고안되었다. 하지만 고도근시에서는 교정이 어렵고 각막의 90%를 절개함에 따른 각막이 외상에 약하게 되는 등의 문제로 새로운 개선책이 연구되어졌다. 최근 엑시머레이저(Excimer laser)의 개발로 근시치료는 새로운 전기를 맞이하였으며 현재 국내뿐 아니라 전세계적으로 레이저를 이용한 근시교정술이 활발히 시행되고 있다.

엑시머(Excimer)란 excited+dimer의 합성어로 argon, xenon, krypton 등의 가스에 할로젠 가스인 fluorine, chlorine 등을 혼합한 후 높은 전압을 공급하면 자외선 스펙트럼의 방출광을 얻을 수 있다. 이 중에서 ArF와 XeF만이 의학적으로 사용되어지며 안과영역에서는 ArF(Argon fluoride)에 의한 193 nm의 파장을 가진 레이저를 이용한다. 엑시머레이저에 의한 조직절제(tissue ablation)의 기전은 기존의 수술용 레이저와는 상이하다. 기존의 수술용 레이저의 원리는 레이저를 노출된 조직에 조사하면 조직내의 온도를 급격히 상승시켜 조직을 파괴시킨다(photothermal ablation). 이 경우 인접조직으로 열이 파급되며 레이저에 노출되지 않은 조직까지 열에 의한 손상이 초래된다. 하지만 엑시머레이저는 열작용없이 광화학적 작용에 의해서 조사된 부위 조직의 분자결합만을 선택적으로 정확하게 파괴시킴으로 조직의 절제효과를 얻을 수 있다(photochemical ablation). 이러한 기전은 ArF 엑시머레이저에서 방출하는 광자(photon)의 에너지인 6.4 eV가 조직의 공유결합을 파괴하는데 충분하기 때문으로 생각되고 있다. 이러한 엑시머레이저의 특성을 이용하여 불룩한 각막 중앙부위를 평평하게 연마할 수 있고, 이 결과 각막 중앙의 만곡도가 낮아져 굴절력을 감소시킴으로써 근시안의 치료가 가능하다. 엑시머레이저를 이용한 근시치료의 방법에는 크게 엑시머레이저 각막절제술(Photo-refractive Keratectomy, PRK)과 라식수술(레이저 각막절삭 가공성형술: Laser in Situ Keratomileusis, LASIK)의 두 가지 방법이 널리 쓰이고 있다.

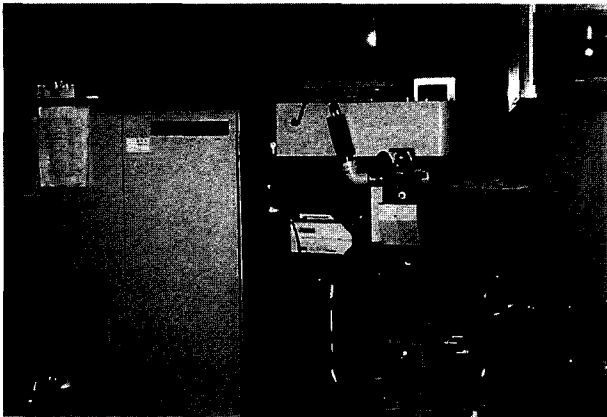


그림 5. 엑시머 레이저 기계.

1) 엑시머레이저 각막절제술(Photorefractive Keratectomy, PRK)

각막의 상피를 벗긴 후 원하는 도수만큼 각막의 중심부를 레이저로 깎는 방법으로 주로 경도 및 중등도의 근시에 사용된다. 엑시머레이저 각막절제술은 지난 5년간의 임상연구를 토대로 95년 10월 미국 FDA(Food and Drug Administration)에서 그 유효성이 공인되었다. 엑시머레이저 수술은 만 18세 이상이며, 근시가 더 이상 진행하지 않는 경우, 즉 굴절 이상의 변동이 거의 없는 경우에 시행할 수 있다. 진행성의 근시, 원추각막, 백내장, 녹내장 등의 다른 안질환이 있거나, 면역질환이나 임신 또는 켈로이드 같은 전신적인 이상이 있을 때는 시행하지 않는 것이 좋다. 수술전 검사로는 나안시력 및 교정시력을 측정하며 굴절검사는 현성(manifest)과 조절마비 굴절검사를 한다. 또한 각막곡률 측정과 각막형태 검사, 세극등현미경 검사 및 안저검사, 안압, 동공크기, 각막두께 측정 등의 여러 검사를 시행하여 근시 수술의 적합성 여부를 판단하게 된다. 콘택트렌즈를 착용하는 경우에는 소프트렌즈는 2주전, 하드렌즈는 3~4주간 착용을 중지하여야 한다.

컴퓨터에 환자의 근시상태에 대한 정보를 입력 후 수술현미경하에 초점을 맞춘 후 각막상피를 제거한다. 각막상피는 재생이 가능하기 때문에 레이저 조사 부위가 중심 직경 6 mm 정도라면 이보다 크게 제거하여야 하며, 대개 수술 후 3~4일이 지나면 재생된 상피에 의하여 결손 부위가 덮이게 된다. 수술시 눈을 고정시키는 방법에는 환자 자신이 불을 보거나(self fixation), 안구추적장치, mask, fixation ring 등을 사용하는 방법이 있다. 최근 본원에서 개발된 안구고정장치는 엑시머레이저 침대에 연결하여 레이저가 조사되는 동안 안구가 움직이지 않게 하는 장치로 이를 사용시 각막표면이 보다 규칙적으로 절제된다는 장점을 가지고 있다. 각막절제방법은 기계의 종류에 따라 다르나 iris diaphragm, rotation mask, spot scanning 방식이

있다. 광학부를 넓게 하는 방식은 절제량이 많아서 혼탁 및 중심부용기가 많으나, 원시로 되었다가 퇴행되는 양이나 야간시력의 문제는 적다. 넓은 광학부로 생기는 문제점을 보완하기 위해 multi-zone과 multi-pass 등의 방법이 생겨 현재 사용되고 있다.

대개 수술은 수분이내에 끝나게 되며 벗겨진 상피가 재생하는데 보통 3~4일이 소요되는데 이기간 동안에는 통증이 있고 불편하면 안대를 착용해야 하며, 연성콘택트렌즈를 착용할 수도 있다. 대부분의 경우 수술 후 1~2개월 동안은 일시적인 원시상태가 되며 이 기간에는 가까운 것이 잘 보이지 않을 수 있다. 이후 원시는 차차 감소하여 2~3개월 이후에는 원하는 교정효과가 나타나기 시작하여 6개월 후에는 안정된 상태가 된다. 수술 결과에 대한 여러 보고들에 의하면 약 90%의 환자에서 수술 후 안경 착용없이 0.5 이상의 시력을 얻었다고 하며 50~60%에서 1.0 이상의 시력을 얻었다고 한다. 수술 후의 합병증으로는 각막혼탁, 야간의 눈부심, 부족교정과 과교정 등이 있으나 그 빈도는 높지 않아 시력저하를 일으킬 수 있는 합병증은 1~2% 정도에서 발생할 수 있다.

2) 라식 수술(레이저 각막절삭 가공성형술: Laser in Situ Keratomileusis, LASIK)

엑시머레이저 각막절제술이 각막의 표면에 레이저를 그대로 조사하여 절제하는 것이라면 라식 수술은 각막절삭기로 각막에 절편을 만들고 엑시머레이저를 각막에 조사하여 근시를 줄여준 후 다시 각막절편을 붙이는 방법이다. 이 방법은 각막절삭 가공성형술과 엑시머레이저 각막절제술의 복합 수술이라고도 할 수 있다. 각막절삭 가공성형술은 각막절삭기(microkeratome)로 각막의 일부를 절개하여 벗겨 놓은 후 다시 각막절삭기를 이용하여 교정에 필요한 만큼 남아있는 각막실질을 2차적으로 잘라내는 수술이다. 그러나 차 각막절제가 부정확하여 시력 교정의 오차가 생기고, 각막 천공같은 심한 후유증이 염려가 되어 왔다. 한편 엑시머레이저가 근시수술에 널리 보급되면서 엑시머레이저 각막절제술이 중등도 이하의 근시에서는 좋은 결과를 얻었지만 고도근시에서는 각막혼탁이나 근시로의 퇴행이 문제가 되어왔다. 그러던 중 위의 2가지 방법을 합한 라식 수술이 고안되었다. 즉 각막절삭기로 각막을 130~160 micron 벗긴 후 2차 각막절개 대신 엑시머레이저로 각막실질을 절제하는 수술이다. 이 수술은 각막 상피세포를 벗겨내지 않으므로 수술 후 통증이 적고 수술 회복기간이 짧다는 장점이 있다. 원추각막이나 각막두께가 얇은 경우에는 각막천공의 위험이 있으므로 라식 수술을 시행해서는 안된다. 또한 눈꺼풀기능이 비정상이거나 교원 혈관성 질환이 있는 경우에도 이 수술을 피하는 것이 좋다. 각막혼탁 및 근시로의 이행 등이

엑시머레이저 각막절제술보다 적게 나타나므로 근시의 정도가 심한 고도근시에서 적합한 수술이다. 하지만 엑시머레이저 각막절제술보다 수술 기법이 복잡하며, 각막 절편에 의한 합병증이 초래될 수 있다는 단점이 있다.

2.2.2 치료 목적의 레이저 각막절제술(Phototherapeutic Keratectomy)

엑시머레이저는 각막의 일부를 혼탁을 거의 남기지 않고 절제해내는 것이 가능하므로 치료 목적으로도 사용될 수 있다. 각막의 혼탁이 있는 경우 혼탁 부위를 절제해 낼 수 있는데 각막 변성, 외상, 감염 등으로 인한 혼탁이 있을 경우 시도될 수 있다. 또한 각막 표면이 불규칙한 질환인 각막상피층 변성, 주변부 각막변성, 각막염에 의한 변화 등이 있을 때도 치료 목적으로 엑시머레이저가 사용될 수 있다.

2.3 녹내장에서의 레이저 치료

녹내장은 크게 폐쇄각과 개방각의 두 가지 종류로 나눌 수 있다. 각 종류별로 사용되는 레이저종류도 다르다.

2.3.1 폐쇄각녹내장

1) 레이저 주변 홍채절개술(Laser peripheral iridotomy)

레이저를 이용한 주변 홍채절개술은 수술에 비해 입원이 필요없고 안구를 수술적으로 절개해야 하는 필요성이 없는 것이 장점이다. 현재 argon 레이저와 neodymium: yttrium-aluminum-garnet(Nd:YAG) 레이저가 사용되며 거의 100%의 성공률을 보인다(그림 6).

가) 아르곤 레이저 주변홍채 절개술

전처치로 2% pilocarpine과 1% apraclonidine을 점안하고 레이저를 시행한다. Abraham이나 Wise 렌즈(그림 7)를 각막에

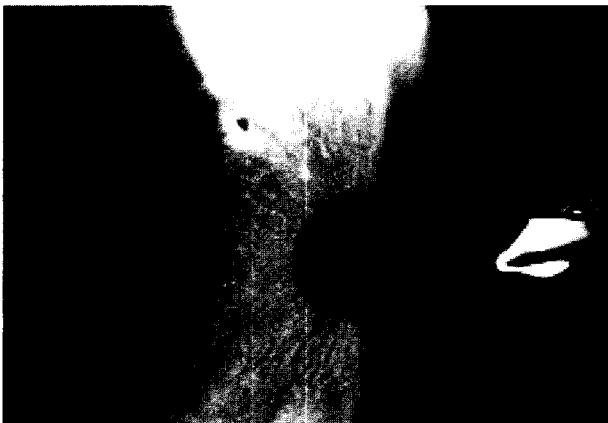


그림 6. 레이저 주변 홍채절개술 시행사진.

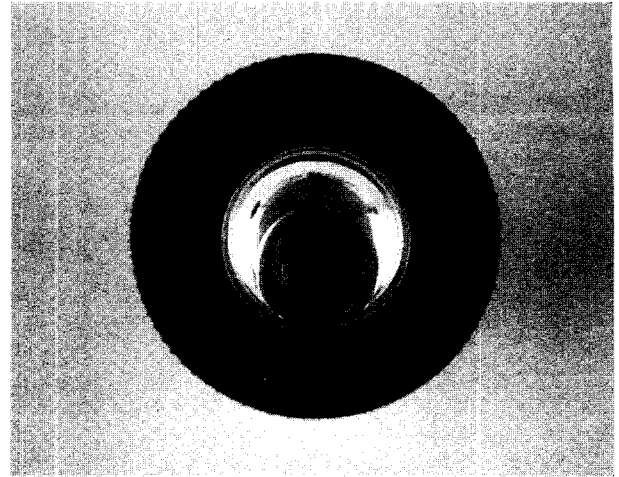


그림 7. Wise 렌즈.

부착하는데 렌즈의 역할은 홍채 표면에 레이저 에너지를 집중시키고 레이저빔이 각막 통과시 defocus시켜 각막상피의 화상을 방지하고 홍채부위를 확대시켜 정확한 부위에 시술을 가능케 하고 안구를 고정시키며 눈 깜빡임을 방지한다. 렌즈는 레이저빔의 power density를 각막 통과시 1/4로 감소시키고 홍채에서는 4배로 증가시킨다. 먼저 250 μm , 500 mW, 0.2 sec로 contraction burn을 실시한 후 100~50 μm , 750~1500 mW, 0.1~0.2 sec로 홍채의 두께와 색깔에 따라 홍채 절제술을 실시하며 파장은 blue-green을 사용한다.

나) Neodymium: YAG 레이저 홍채 절제술

시술 전처치는 아르곤과 동일하며 Nd:YAG 레이저는 Q-switched short-pulsed나 mode-locked form으로 사용하게 되는데 홍채의 색에 따른 영향은 없고 초기에 2~4 mJ로 burst당 2~4 pulse로 multiple burst를 하든지 8 mJ로 single burst를 실시한다. 사용되는 콘택트렌즈는 Lasag CGI, Abraham, Wise 홍채 렌즈를 사용한다.

2) 아르곤 레이저 주변부 홍채 성형술(Argon laser peripheral iridoplasty)

홍채 주변부위에 환상으로 레이저를 실시함으로써 전방각을 넓힐 수 있는데 Abraham lens를 사용하여 300~500 μm , 200~400 mW, 0.5 sec로 하며 홍채의 색에 따라 강도를 조절한다.

2.3.2 개방각녹내장

1) 아르곤 레이저 섬유주성형술(Argon Laser Trabeculoplasty)

약물 치료로 안압이 적절하게 조절되지 않는 개방각녹내장에서 실시하며 70~80%의 개방각녹내장에서 좋은 반응을 보인다. 주로 Goldmann three-mirror antireflective coated gonioscopes(그림 8)가 사용된다. 아르곤 blue-green 파장이 사용되며 50

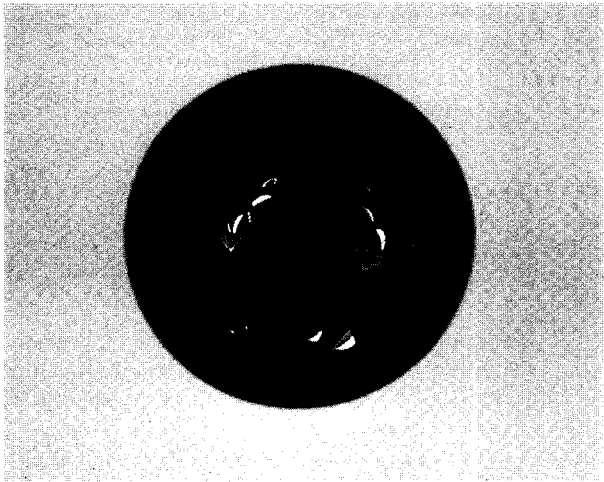


그림 8. Goldmann 3-mirror AR coated gonioscopes.

μm , 750 mW, 0.1 sec로 하여 섬유주 전반부에 일정한 간격으로 실시한다. 레이저 강도는 색소부위가 하얗게 될 때까지 증가시킬 수 있으나 1200 mW 이상으로 해서는 안된다. 우측눈은 6시 방향부터 시계방향으로 좌측눈은 반시계 방향으로 실시하며 이측이나 하측의 180를 동일간격으로 50번 레이저를 조사한다.

2.3.3 기타 녹내장에서의 레이저 시술

1) Transpupillary argon laser ciliophotocoagulation

주로 무수정체안이면서 부분 홍채 절제술이 시행되어 있거나 동공산대시 18개 이상의 모양체 돌기가 시술가능한 경우에 실시한다. 레이저 세팅은 100~200 μm , 750~1000 mW, 0.2 sec로 모양체 돌기가 하얗게 되도록 강도를 조절한다.

2) Laser pupilloplasty(Photomydriasis)

인접한 두 줄의 환상으로 레이저를 조사하는데 250~750 mW, 0.2 sec로 안쪽은 200 μm , 바깥쪽은 500 μm 로 실시한다. 또한 동일한 출력으로 방사상으로 레이저를 홍채에 조사하는 방법도 있다.

3) Goniophotocoagulation

전방각에 신생혈관이 생긴 경우 아르곤 레이저로 혈관에 직접 조사하여 효과를 보기도 한다. 혈관이 전방각에서 홍채로 가로지르는 것이 선명할 때 이용될 수 있으며 섬유주 절제술 부위에서 전방내로 출혈이 반복적으로 발생할 경우 효과적이다. 100 μm , 200~600 mW, 0.2 sec의 세팅으로 실시한다.

4) 여과술 부위의 막힘 치료

섬유주 절제술 부위를 홍채 등이 막는 경우 아르곤 레이저 광응고술로 치료가 가능하다. Goldmann three-mirror lens를 사용하여 50~100 μm , 800~1200 mW, 0.1 sec의 세팅으로 시술한다. 색소가 없는 조직이 섬유주 절제술 부위를 막는 경우는

Nd:YAG 레이저를 5~10 mJ 출력으로 실시한다.

5) 봉합사 절단

섬유주 절제술시 공막편을 봉합한 봉합사를 절단할 수 있는데 아르곤 레이저로 50~100 μm , 600~1000 mW, 0.1~0.2 sec의 세팅을 사용한다. 결막을 효과적으로 압박할 수 있는 Hoskins laser lens나 Zeiss gonioscopes의 주변부를 이용하기도 한다. 결막 혈관을 수축시키기 위해 2.5% phenylephrine을 점안한다.

6) 레이저 모양체응고술

약물 치료에 반응하지 않고 수술에 실패한 적이 있거나 실패할 가능성이 매우 높은 녹내장(refractory glaucoma)에서 사용되며 방수를 생성하는 모양체 조직을 열로써 파괴하여 안압을 떨어뜨린다. 냉응고술에 비해 공막을 통한 레이저의 조사는 주변조직의 손상을 최소화하고 시술 후 염증반응을 줄일 수 있는 장점이 있다. 비접촉 Nd:YAG 레이저를 사용한 성공률은 48~86%, 접촉 Nd:YAG CPC에서는 65~70%로 보고되고 있으며 합병증의 정도는 접촉 Nd:YAG 레이저가 적다. Fiberoptic quartz cable을 70% 이상의 transmission이 되도록 calibration하고 레이저는 5000 mW, 0.7 sec, air blow, pulse mode로 세팅한다. 각막연 2 mm에 probe를 대고 공막표면에 수직으로 세우고 살짝 누른다. 3시와 9시 방향은 모양체 동맥이 있는 관계로 피하고 안압 정도에 따라 레이저 횟수를 55~90회 실시한다.

7) 홀미움 레이저(Holmium laser sclerostomy)

섬유주 절제술의 대용으로 레이저 에너지를 이용한 녹내장 치료법으로 등장하였으며 시술하기가 쉽고 한 번 이상 할 수 있으며 수술에 따른 여러 합병증의 위험이 적다는 장점이 있다. Ab interno시 holmium:YAG, erbium:YAG, excimer 레이저를 사용한다. 홀미움 레이저는 2100 nm의 파장에 200 μm spot size, 5 Hz 펄스로 최대 350 mJ의 출력이 가능하다. 광섬유 프로브는 수직방향으로 레이저 에너지를 전달하도록 설계되어있으며 공막에 대면 전방쪽으로 레이저가 조사된다. 보고자에 따라 54~60%의 성공률을 나타낸다.

8) 다이오드 레이저(Diode lasers)(그림 9)

Infrared-emitting(810 nm) semiconductor diode laser는 작고, 휴대하기 편하고, 공냉식이며 수명이 길고 유지비가 적게 든다는 장점이 있다. 근래에 고출력 제품이 등장하여 홍채 천공술, 섬유주 성형술, 공막을 통한 모양체 광응고술 등에 사용할 수 있게 되었다. 방법은 아르곤 레이저와 유사하며 효율면에서도 아르곤 레이저와 비슷하다고 보고되고 있다.

2.4 백내장에서 레이저 이용

2.4.1 백내장

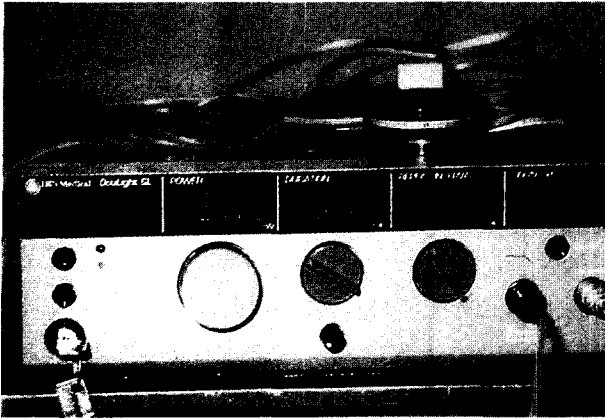


그림 9. 반도체 다이오드 레이저.

백내장이란 우리 눈속의 투명한 수정체에 혼탁이 온 상태를 말하며, 안개가 낀 것처럼 흐릿하게 보이게 된다. 백내장의 원인, 즉, 수정체에 혼탁이 오는 원인으로는 노화현상, 외상, 포도막염이나 당뇨 등 안과적 질환의 합병증 또는 전신질환의 합병증 등 여러가지가 있으나, 가장 흔한 것이 소위 노인성 백내장이라하여 노화현상에 의한 것이다. 일반적으로 백내장 환자는 동통이나 분비물, 눈의 불편함 등 별다른 증세없이 점차적인 시력감퇴만을 호소하게 되는 경우가 대부분이나, 가끔씩 백내장에 의한 합병증으로 녹내장 등 다른 이상이 생기게 되면

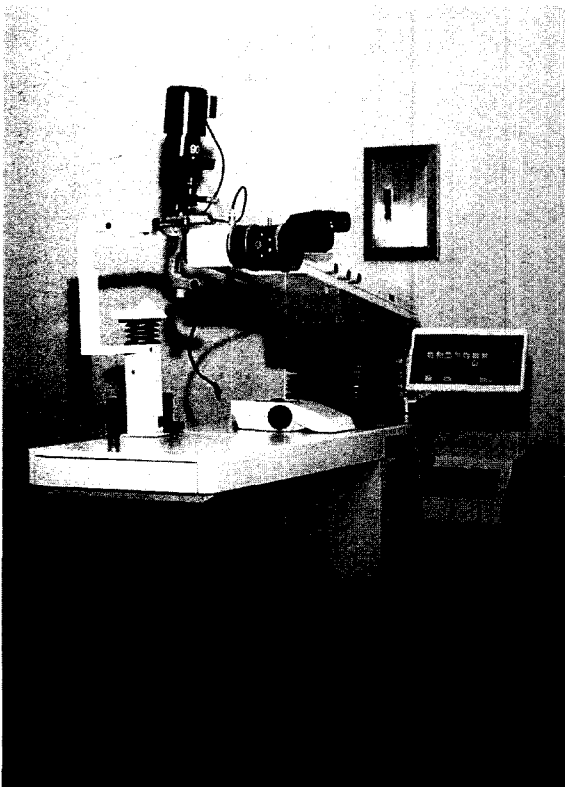


그림 10. Nd:YAG 레이저기계.

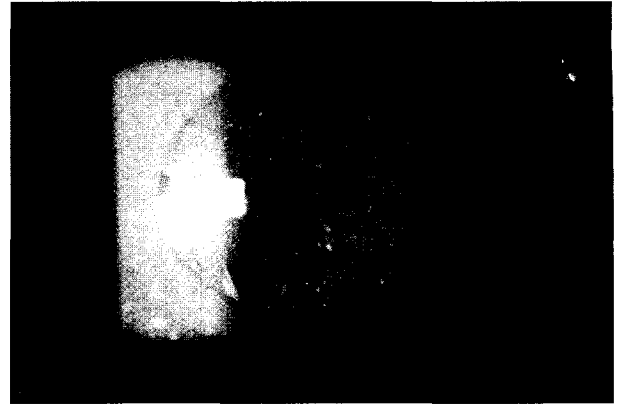


그림 11. 후발백내장 발생사진.

동통 등 다른 증세가 나타나는 수도 있다.

2.4.2 백내장의 치료

백내장의 치료로는 복용약이나 여러가지 점안약이 사용되고 있지만 초기에 사용하여 진행속도를 지연시키는 효과를 기대할 수는 있겠으나 어느 정도 진행된 경우에는 별 효과가 없다. 그래서 아직까지 수술 외에는 없다. 수술방법으로는 각막윤부에 10 mm 정도의 절개를 가한 후 혼탁된 수정체전체를 안구밖으로 빼내는 방법이 많이 이용되었는데 수술절개창이 크고, 수술후 난시 및 상태회복이 느린 단점이 있어 최근에는 초음파를 이용하여 3 mm 절개창을 통하여 안구내에서 분쇄제거하는 초음파 유희흡입술을 이용하는 방법이 상처 치유가 빠르고 난시도 적게 생겨 요즈음 많이 이용되고 있다. 최근에는 초음파대신 레이저를 이용하여 혼탁된 수정체를 분쇄하는 방법도 연구 중에 있지만 보편화되지는 않았다.

2.4.3 레이저의 이용

인공 수정체와 관계없이 백내장 수술자체만으로 오는 합병



그림 12. 레이저 시술 후 사진.

증으로 비교적 드물지만 후백내장이 발생할 수 있다. 이것은 백내장 제거시 미세하게 남아있는 수정체상피세포들의 증식으로 인하여 주로 수정체후낭에 섬유화가 생긴 것을 말한다. 증식된 상피세포들이 시야를 가릴 정도로 성장한 경우에는 수술 없이 YAG레이저를 사용하여 수정체후낭을 절개한다(그림 10). 절개된 후낭편이 초자체쪽으로 젖혀지면서 시야의 중심부 혼탁이 사라져서 밝게 볼 수 있다(그림 11, 12). 이 기술은 환자의 통증이 없고 약 5~10분간의 짧은 시간 동안 외래에서 시행할 수 있는 큰 장점이 있다. 또한 인공수정체가 수정체 뒤의

초자체와 혹은 수술 창상부위와 연결된 섬유에 의해 위치가 심하지 않게 이탈된 경우나 홍채의 모양 및 위치 이상이 있을 때는 재수술 없이 섬유를 Nd:YAG레이저로 끊어주어 위치를 바로 잡을 수도 있다.

저자

성명 : 권오웅
현 근무처 : 연세대학교 의과대학 안과학교실
e-mail: owkwon0301@yumc.yonsei.ac.kr