

피부질환의 레이저 치료

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 피부과
성 경 제 · 최 지 호

서 론

레이저의 기본 개념은 1917년 아인슈타인에 의해서 처음 기술되었으며 1960년대부터 의학 분야에 치료 목적으로 이용되기 시작하여 최근에는 다양한 종류의 레이저가 개발되어 사용되고 있다^{1,2}. 피부과 영역에서 현재 사용되고 있는 레이저는 이산화탄소 레이저(CO₂ laser), 색소 레이저(Dye laser), 구리증기 레이저(Copper vapor laser), Nd:YAG 레이저(Neodymium:Yttrium-Aluminum-Garnet laser), Q-switched 루비 레이저(Q-switched ruby laser), 아르곤 레이저(Argon laser), 알렉산드라이트 레이저(Alexandrite laser), He-Ne 레이저(Helium-Neon laser) 등이며 피부 혈관성 병변, 색소성 피부 질환, 문신 및 양성 피부종양의 제거에 이용되고 있다³⁻⁶.

지난 10여년간 피부과 영역에서의 레이저의 이용을 획기적으로 바꿔 놓은 개념은 선택적 광열분해(selective photothermolysis)라는 용어이다. 선택적 광열분해란 발색단에 선택적으로 흡수되는 특정 파장의 레이저 광을 선택하여 발색단의 열이완시간(thermal relaxation time)보다 짧게 노출시간을 주어서 주변조직에 열 손상을 주지 않고 선택적으로 발색단을 파괴하는 방법으로 주위 조직의 손상이 거의 일어나지 않는다⁷. 레이저 조사 직후의 조직 온도가 주변 조직에의 열확산으로 50% 냉각되는데 걸리는 시간을 열이완시간이라 하는데 이 시간 이하로 열이 가해지면 주변조직으로의 열 전달은 일어나지 않는다⁸. 피부 진피내 혈관의 평균 열이완 시간은 약 1msec이므로 혈관성 피부병변을 선택적 광열분

해로 치료하기 위해서는 레이저광의 pulse 폭 즉 노출시간이 1msec 미만이어야 한다⁹.

피부조직과 레이저의 상호작용

레이저광이 피부 표면에 조사되었을 때 입사에너지의 일부는 반사되고 나머지는 피부조직을 투과하게 된다. 투과된 에너지는 피부내에 존재하는 교환성염과 같은 자연 발색단들에 의해서 산란되거나 반사되고 일부는 헤모글로빈이나 멜라닌 같은 발색단에 흡수되어 광열반응, 광화학반응, 광파괴반응, 형광, 플라즈마(plasma) 형성, 충격파 발생 등 여러 가지 복잡한 반응들이 일어나게 된다^{2,10}. 레이저광의 피부조직 침투 깊이는 광선의 파장에 의해서 영향을 받으며 일반적으로 파장이 길수록 깊이 침투하며 200-400nm의 자외선영역 단파장은 대부분 산란되어 0.1mm 이하로 얇게 침투하지만 1,000-2,000nm의 적외선영역 장파장 레이저광은 산란이 적어서 2mm 이상까지도 침투가 가능하다. 그러나 이산화탄소 레이저의 파장은 10,600nm로 원적외선영역에 속하는 장파장이지만 물분자에 대한 흡수계수가 매우 높아서 피부 표층 0.1mm 이내에서 대부분 흡수된다^{2,11}. 자외선영역의 레이저광(UVB, UVC: <320nm)은 피부조직 단백질과 DNA에 흡수되며 이온화작용이 있으므로 발암성의 위험이 있다는 견해도 있다¹.

자외선영역의 단파장과 원적외선영역의 장파장 사이는 가시광선과 근적외선영역으로 이 부위의 레이저광은 헤모글로빈, 산소헤모글로빈, 멜라닌, 카로테노이드, 문신색소와 같은 발색단에 의해서 주로 흡

수되어 피부질환 치료에 많이 응용되고 있으며 특히 600-1,300nm의 적색과 근적외선 파장영역은 피부 조직내에서 산란과 자연 발색단에의 흡수가 약해서 깊이 침투할 수 있어서 심부 진피의 병변을 치료하는데 좋은 파장영역이며 피부의 optical window 영역이라고도 한다^{1,5)}

레이저광의 흡수는 파장과 발색단의 흡수 파장 스펙트럼의 특성에 의해서 결정되며 생체 조직의 80-90%를 점유하고 있는 물에 의한 흡수특성도 중요한 역할을 한다. 발색단에 의해서 흡수된 레이저광 에너지는 열로 변화게 되며 100°C 이상에서는 조직의 기화와 조직 표면의 탄화가 발생되고 50-100°C 사이에서는 조직단백질의 변성으로 인한 비가역적인 열손상을 초래하고 50°C 이하에서는 가역적 열손상을 받게 된다²⁾. 피부조직의 손상은 가열율에 따라 결정되며 이것은 레이저광의 power 밀도와 노출시간(pulse 폭)에 의해서 영향을 받지만 전달된 전체 에너지양과는 무관하다는 것을 뜻한다.

피부과에서 사용되고 있는 레이저의 종류

1. 이산화탄소 레이저

가장 많이 사용되는 외과수술용 레이저 기종으로 파장은 원적외선영역에 속하는 10,600nm이다. 눈에 보이지 않으므로 적색광인 저출력의 He-Ne 레이저를 aiming beam으로 함께 사용하며 관절식 반사경을 이용하여 레이저광을 전달한다¹⁾.

1) 작용기전 : CO₂:N₂:He 가스가 1:1.5:4의 비율로 혼합되어 있는 기체 레이저로 레이저광 에너지의 98%가 물에 흡수된다. Pulse의 형태는 지속파, 맥파(pulsed) 및 superpulsed이며 초점을 맞춘 조사(focused)는 spot size가 0.1-0.2mm로 irradiance가 25,000 watts/cm²이상되므로 조직의 절개와 절단이 가능하고 초점을 벗어난 조사(defocused)는 spot size가 2-5mm로 irradiance가 150-500 watts/cm² 정도되어서 조직을 기화시킬 수 있다.

피부조직에의 침투 깊이는 0.1mm이며 조직이 기화될 때 수증기와 함께 탄화된 조직이 남게 되는데 레이저광 조사시 이 탄화조직을 제거해 주지 않으면 레이저 에너지가 탄소를 500°C 이상으로 가열하여

주변조직에 열손상을 주게 된다^{2,11)} Superpulsed type(10-1,000 pulsed/sec)은 높은 peak power와 매우 짧은 pulse폭을 갖는 레이저광을 방출하므로 주변 조직에 대한 열손상을 많이 줄일 수 있다. 그러나 superpulsed CO₂ 레이저는 높은 peak power 후에 낮은 power가 따라 나오기 때문에 조직의 손상을 주지 않는 power density는 아주 짧은 시간만 유지 될 뿐이다. 따라서 고전적인 지속파 CO₂ 레이저에 비하여 처음에 예상했던 것 만큼의 우월한 효과를 나타내지 못한다. 최근 ultra pulse 혹은 clear pulse라는 새로운 형태의 superpulsed CO₂레이저가 개발되었는데 이는 에너지가 보통의 superpulsed 레이저보다 5-7배에 달하며 pulse 폭은 피부의 열이 완시간에 해당되는 1msec 이하이다¹²⁾.

Ultrapulse CO₂ 레이저는 선택적 광열분해의 개념을 도입한 레이저이기 때문에 거의 주위 조직에 손상을 일으키지 않고 수술시에 가피도 형성되지 않는다.

이산화탄소 레이저의 장점은 직경 0.5mm 정도의 혈관은 자연적으로 지혈이 되어 무혈적 절개가 가능하며 신경 및 림프관도 용해되므로 수술후 통증과 부종이 적고 환부와 직접 접촉하지 않고 레이저광 자체가 멸균적이므로 오염의 위험성이 낮다는 점이다^{1,12)}.

2) 적응증 : 양성 피부종양, 색소성 모반, 사마귀, 문신의 제거, 모발이식, 주름살 및 반흔의 제거^{13,18)} (Fig. 1).

3) 부작용 : 반흔 형성

2. 색소 레이저 (Dye laser)

색소 레이저는 액체 형광색소를 고압력으로 작은 노즐을 통해서 뿜어주고 여기에 Xenon 고압 섬광방전관에서 나오는 강한 빛(flashlamp pumped pulsed 색소 레이저)이나 아르곤 레이저광(argon pumped tunable 색소 레이저)을 비추어 레이저광을 발진시킨다.

Flashlamp pumped pulsed 색소 레이저

1) 작용기전 : 초기에는 577nm인 황색광이었으나 피부 침투가 0.5mm 정도로 깊지 못해서 선택적 혈관과피 효과는 비슷하면서 피부를 더 깊이 침투

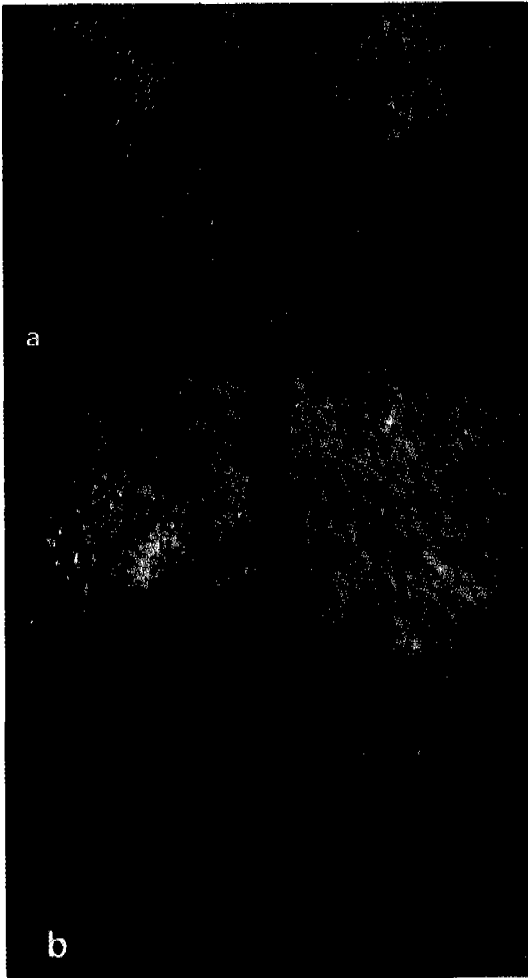


Fig. 1. Angiokeratoma on the scrotum. a) before and b) after three CO₂ laser treatments with 10 J/cm².

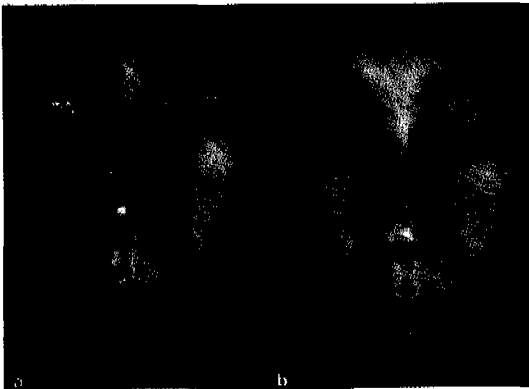


Fig. 2. Nevus flammeus on the nose.

a) before and b) after two flashlamp pumped pulsed dye laser treatments with 7 J/cm².

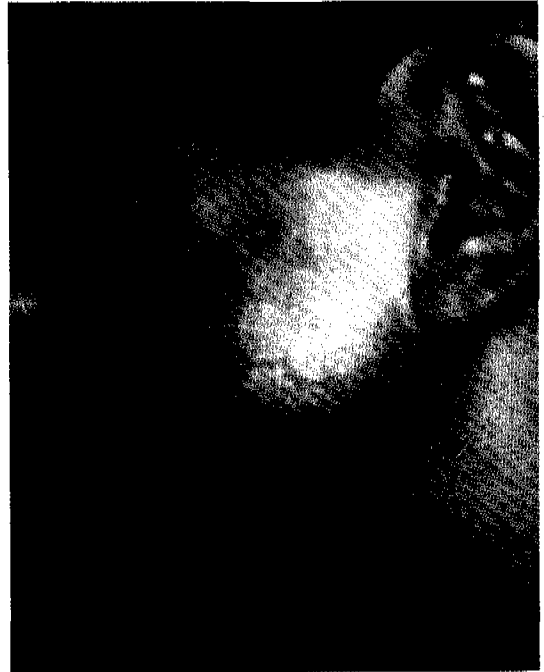


Fig. 3. Cafe-au-lait spot on the left side of the face. Copper vapor laser treatment with Hexascan(12J/cm²). Arrows indicate the treated areas which show hexagonal configuration.



Fig. 4. Freckles on the both cheeks. a) before and b) after one copper vapor laser treatment with 10J/cm².

(1.2mm)할 수 있는 585nm의 파장을 사용하고 있

다. 아르곤 레이저보다 헤모글로빈에 더 선택적으로 흡수되며 화염상 모반의 진피내 혈관 열이완시간이 평균 1msec 정도이고 pulse폭은 450 μ sec 이므로 혈관에 대한 선택적 광열분해작용이 탁월하여 반흔 등의 부작용이 적고 치료 효과가 좋다¹⁹⁾.

2) **적응증** : 화염상 모반(특히 연한 핑크색의 병변을 지닌 어린이 환자), 안면 모세혈관확장증, 거미양 혈관종, 노인성 혈관종 등 혈관성 피부질환^{20, 22)} (Fig. 2).

3) **부작용** : 6개월-1년 이내에 소실되는 일시적 과색소침착. 1-5%에서 지속적인 색소 이상이나 위축성 반흔이 보고되어 있으나 비후성 반흔은 거의 없다^{22, 24)}.

Green light flashlamp pumped pulsed 색소 레이저 (pigmented lesion dye laser, PLDL)

1) **작용기전** : 504(510)nm의 파장을 갖는 녹색광으로 멜라닌에 대한 선택적 광열분해작용이 있다 (pulse 폭은 300 nanoseconds).

2) **적응증** : 흑자, 주근깨 및 밀크커피색 반점 등 표피 색소성 질환²⁵⁾.

3) **부작용** : 반흔은 적으나 과색소침착이 있을 수 있다.

Argon pumped tunable 색소 레이저

575-630nm(주로 577nm 혹은 585nm)의 지속파 레이저광이 나오며 적응증, 치료효과, 부작용은 flashlamp pumped pulsed 색소 레이저 (585nm)와 비슷하며 Hexascan의 장치가 가능하다²⁶⁾.

3. 구리증기 레이저(Copper vapor laser)

금속증기 레이저의 일종으로 구리가 내재되어 있는 네온가스로 차있는 세라믹관에 고압전류를 걸어서 578nm의 황색광과 511nm의 녹색광을 발진시킨다. Pulse폭은 25nanoseconds 정도이고 주파수는 15,000Hz로 유사-지속파 형태의 레이저광이며 자동화된 Hexascan의 장치가 가능하다^{6, 27)} Hexascan의 장점은 handpiece로 치료했을 때보다 치료 효과가 좋고 부작용이 적으며 빠른 속도로 쉽게 넓은 면

적을 정확하게 치료할 수 있다는 점이다(Fig. 3).

1) **작용기전** : 578nm의 황색광은 헤모글로빈에, 511nm의 녹색광은 멜라닌에 흡수되어 선택적 용해 작용이나 기화작용을 유발시킨다.

2) **적응증** : a. 비후성 화염상 모반(특히 병변의 색이 진하고 두꺼운 어른 환자), 직경이 굵은 모세혈관 확장증, 거미양 혈관종, 기타 혈관종²⁸⁾.

b. 지루 각화증, 주근깨, 흑자, 밀크커피색 반점 등 표피 색소성 병변²⁹⁾ (Fig. 4).

3) **부작용** : 3.1%에서 과색소침착, 저색소침착과 반흔 형성은 발생 빈도가 낮다²⁴⁾.

4. Nd : YAG 레이저

1-3% neodymium 이온을 처리한 Yttrium-Aluminum-Garnet결정을 Xenon 고압 섬광방전관으로 활성화시켜서 1,064nm의 근적외선영역에 속하는 파장의 레이저광이 나온다. 지속파, 맥파, Q-switched 등이 가능하고 광섬유를 통해 에너지를 전달하며 내시경에 이용이 가능하다.

Q-switched란 레이저파의 형태중 하나로 매우 빠른 전자기적 혹은 화학적 스위치 장치를 이용하여 만들어낸 극히 짧은 pulse 폭(nanoseconds)과 아주 높은 peak power(megawatts/cm² per pulse)를 가진 레이저파 (예. Q-switched 루비, 알렉산드라이트, Nd : YAG 레이저)를 말한다.

Nd : YAG 레이저는 어떤 발색단에도 잘 흡수되지 않기 때문에 4-6nm 정도 깊이 피부를 침투하여 표면에는 거의 변화를 일으키지 않으면서도 깊은 피부조직에 열 손상을 일으킬 수 있기 때문에 피부과 영역에서는 pulse폭을 10nsec정도로 줄인 Q-switched 형태만이 주로 사용된다³⁰⁾.

1) **작용기전** : 1,064nm의 레이저광은 표피 멜라닌에는 흡수되지 않고 진피내로 깊이 침투되어 검고 진한색의 발색단에 흡수된다.

2) **적응증** : a. 해면상 혈관종, 딸기양 혈관종, 비후성 화염상 모반.

b. 문신(흑색, 청색), 오타 모반³¹⁾

c. 켈로이드.

3) **부작용** : 반흔 형성. 상처치유 기간이 길다.

Frequency doubled Nd:YAG 레이저 (KTP laser)

KTP(potassium-titanyl phosphate) 결정을 레이저 발진기내에 넣어서 1,064nm의 파장을 반으로 줄여서 532nm의 녹색광으로 바꾸어 주면 주파수는 2배가 된다. 이 레이저광은 멜라닌에의 흡수가 높고 피부 침투는 적어서 표피 색소성 병변, 적색 문신, 혈관성 병변의 치료에 사용된다³²⁾.

5. 루비 레이저(Ruby laser)

Chromium 이온으로 처리한 aluminum trioxide 루비 결정에 Xenon 고압 섬광방전관을 조사하여 적색광인 694nm의 레이저광을 얻을 수 있다. 맥파, Q-switched가 가능하며 피부는 2-3mm 정도 침투한다³³⁾.

1) 작용기전 : 심부 진피에 위치한 문신 색소의 파괴는 아직 정확한 기전은 모르지만 아마도 색소 입자를 광기계적으로 파괴하고 염증 반응으로 이를 제거하거나 레이저의 광음향적, 광열 및 광화학적 효과에 의해서 문신 색소의 광학적 성질을 변화게 해서 치료효과가 있는 것으로 생각되고 있다⁴⁾.

2) 적용중 : a. 문신(흑색, 청색, 녹색, 약간의 적색)³⁴⁾.

b. 혈관성 병변.
c. 거대 색소 모발성 모반, 베커 모반, 반문상 모반, 오타 모반³⁵⁾.

3) 부작용 : 저색소 침착, 반흔 형성

6. 알렉산드라이트 레이저(Alexandrite laser)

755nm의 근적외선 파장이 나오며 pulse 폭은 100nanoseconds 정도이고 맥파, Q-switched가 가능하다. 오타 모반과 문신의 제거에 주로 이용되고 있으며 흑색 문신의 경우는 알렉산드라이트 레이저가 루비 레이저나 Nd:YAG 레이저와 비교하여 효과가 비슷하거나 약간 우수하다는 보고가 있으며 적색, 녹색, 황색 문신에도 효과가 있다³⁶⁾.

오타 모반의 경우는 Nd:YAG 레이저보다 비교적 치료 효과가 좋고 부작용이 적다³⁷⁾.

7. 저출력 레이저(Low-energy laser)

저출력레이저는 낮은 power를 내는 레이저로, 레이저에 노출되었을때 조직의 온도가 0.1-0.5℃정도 올라간다³⁸⁾. 이에는 He-Ne 레이저와 diode 레이저(gallium-arsenide, gallium-aluminum-arsenide 레이저)가 있으며 상처나 궤양의 치유촉진, 피부 이식편의 생착촉진 등에 biostimulator로 사용되고 포진 후 동통과 같은 통증의 치료나 레이저침에 이용되고 있다³⁹⁾.

배양된 섬유모세포에 저출력 레이저를 조사하면 DNA와 RNA 합성이 증가하면서 섬유모세포의 증식과 콜라겐 합성이 증가된다^{40,41)}. 또한 각질형성세포의 운동성도 증가된다⁴²⁾.

8. Erbium:YAG 레이저

2,940nm의 파장을 내는 레이저로 이 파장은 물의 최대흡수파장과 일치하기 때문에 비특이적인 열손상이 거의 일어나지 않는다.

1-2년전부터 주름살 및 반흔의 치료에 사용되어 비교적 좋은 효과를 나타내고 있으나 이에 대한 공식적인 보고는 아직 없다.

9. 실험적인 레이저들

1) 엑시머 레이저(Excimer laser)

193nm(Argon-fluoride), 248nm(Krypton-fluoride), 308nm(Xenon-chloride), 351nm(Xenon-fluoride)의 자외선영역 파장이 나오는 레이저광으로 맥파이며 pulse폭이 nanoseconds 수준이며 피부 침투 깊이가 1μm 이하이어서 주변조직에 열손상을 주지 않고 매우 정확하게 조직 제거가 가능하여 주로 안과에서 각막굴절 이상의 교정용으로 사용되고 있으나 멜라닌 소체에 대한 선택적 광열분해 작용이 있어서 장래에 피부과적인 응용이 가능한 레이저이다^{43,44)}.

2) Gold vapor 레이저

구리증기 레이저와 매우 유사한 레이저로 632nm의 파장을 낸다⁴⁵⁾. Photodynamic therapy에서의 이용이 기대되고 있다.

3) Holmium:YAG 레이저

CO₂ 레이저 및 erbium:YAG 레이저와 더불어 적외선 영역의 레이저로 2,140nm의 파장을 낸다. CO₂ 레이저와 마찬가지로 물이 주된 발색단이며 0.4

-0.5mm까지 침투한다. Fiberoptics에 의하여 레이저가 전달되는 특성을 갖고 있으므로 관절경 및 복강경을 이용한 수술이 현재 사용되고 있으며 피부의 수술에도 사용하려는 연구가 이루어지고 있다⁴⁶⁾.

4) Titanium:sapphire 레이저

이 레이저는 대단히 강력하여 10^{12} 즉 10terrawatts의 강도를 갖고 있고 pulse폭도 대단히 짧아 10^{-15} 즉 120 femtosec에 달한다. 따라서 주위 조직의 열손상이 전혀 없이 조직을 제거할 수 있다. 빠른 치유와 최소한의 반흔 형성이 필요한 미용성형수술에의 응용이 기대되고 있다⁶⁾.

각종 피부질환에서의 레이저치료

레이저 치료에 있어서 영향을 미치는 요소들로는 레이저광의 파장, 노출시간(pulse 폭), 레이저광의 크기 (spot size), power, 초점의 상태(focused 혹은 defocused), 레이저파의 형태 (지속파 혹은 맥파) 등이 있다⁶⁾.

1. 피부 조직 절제

1) 이산화탄소 레이저 : 지속파의 경우는 반흔이 많이 발생하지만 superpulsed 레이저는 이러한 부작용을 많이 줄일 수 있다.

2) Nd : YAG 레이저에 부착된 sapphire contact tip probe : 주로 내시경을 이용한 수술에 이용되며 주변조직에 열손상을 적게 하면서 절개가 가능하다.

2. 혈관성 질환

모든 혈관성 병변의 치료에 가장 좋은 유일한 레이저 기종은 없다. 다양한 형태의 병변에 대한 레이저 치료의 반응도 다양하며 따라서 가능하다면 여러가지 종류의 레이저 기종을 구비하는 것이 이상적이다.

1) Flashlamp pumped pulsed 색소레이저 : 어린이 환자의 연한 핑크색의 편평한 화염상 모반에 효과가 좋다.

2) Hexascan과 같은 자동화 장치가 부착된 구리 증기 레이저와 Argon pumped tunable 색소 레이저 : 직경이 굵은 보세혈관확장증과 색이 진하고 병

변이 두껍고 비후된 어른 환자의 화염상 모반에 사용.

3) Nd : YAG 레이저 : 딸기양 혈관종, 해면상 혈관종

3. 문신

아마튜어 문신이 전문적인 문신보다 색소가 진피 내에 더 깊이 위치하기는 하지만 치료 효과가 더 좋다. 그 이유는 아마튜어 문신에서 사용하는 탄소, 흑연, 담배재 등이 전문적인 유기금속 색소보다 열이나 기계적 충격에 약하고 전문적인 문신의 색소가 더 많고 진하기 때문으로 생각하고 있다^{4,5)}. 문신 색소의 크기는 $0.5-100\mu\text{m}$ 정도이며 열이완시간은 20nsec-3msec이다.

1) Q-switched 루비 레이저 : 흑색, 청색 문신은 효과가 좋으나 녹색은 약간 떨어지고 적색 문신에 대한 효과는 색소의 구성 성분이 다르기 때문에 보고에 따라 다양하다. 황색과 백색은 치료 효과가 없다.

2) Q-switched Nd : YAG 레이저 : Q-switched 루비 레이저와 비슷한 효과를 보이나 녹색에 대한 효과가 더 떨어진다.

3) Double frequency Q-switched Nd:YAG 레이저 (KTP 레이저) : 적색 문신에 효과가 있다는 보고가 있다³²⁾.

4) 알렉산드라이트 레이저 : 흑색, 청색 문신에 대한 치료 효과는 Q-switched 루비 레이저나 Nd : YAG 레이저와 비슷하거나 약간 효과가 좋으며 적색, 황색, 녹색 문신도 효과가 있다.

5) Green light flashlamp pumped pulsed 색소 레이저 : 적색 문신에 효과가 있다는 보고가 있다⁵⁾.

4. 색소성 피부질환

색소성 병변은 위치에 따라 표피성, 진피성, 혼합의 3가지로 나눌 수 있으며 일반적으로 표피성 병변은 치료가 쉽지만 심부에 위치한 경우 치료효과가 떨어진다. 따라서 오타 모반과 같은 진피성 병변은 깊이 침투할 수 있는 적색과 근적외선 영역의 파장을 갖는 레이저광을 선택하는 것이 좋다^{1,4,5)}. 펄라닌 소체의 열이완시간은 50-100nanoseconds이다.

1) Q-switched 루비 레이저 : 표피성 병변 및

오타 모반에 효과가 있다. 그러나 반문상 모반, 기미, 염종후 과색소침착 등에서는 효과가 떨어진다.

2) Q-switched Nd : YAG 레이저 : Q-switched 루비 레이저와 효과가 비슷하다.

3) Frequency doubled Q-Switched Nd : YAG 레이저 : 표피성 병변에는 효과가 있으나 진피성 병변에는 효과가 없다.

4) Green light flashlamp pumped pulsed 색소 레이저 (PLDL) : 표피성 병변에 효과가 있다.

5) 구리증기 레이저 : 표피성 병변에 효과가 있다.

6) 알렉산드라이트 레이저 : 오타 모반에 루비나 Nd : YAG 레이저보다 효과가 좋다는 보고가 있다.³⁷⁾

5. 주름살 및 위축성 반흔

Ultrapulse 혹은 clearpulse CO₂ 레이저를 이용하여 눈이나 입주위의 잔주름살 및 여드름이나 수술 혹은 외상으로 인한 위축성 반흔을 치료할 수 있다⁴⁷⁾.

6. 각종 피부종양

CO₂ 레이저를 이용하여 촛점을 벗어난 조사(defocused)를 하면 조직의 기화가 일어나는데 이를 이용하여 각종 피부종양의 치료할 수 있다. 예를 들면 지루각화증, 사마귀, 편평세포암, 표재성 기저세포암, 결절성 경화증, 화농성 육아종, 국한성 림프관종, 각화혈관종, 광선수순염, 주사비 및 표피모반 등의 치료에 성공적으로 적용되고 있다⁴⁸⁾.

7. 비후성 반흔 및 켈로이드

1) CO₂, 아르곤, Nd : YAG 레이저 : 과거에는 레이저를 이용한 수술이 조직손상이 적다는 전제아래 비후성 반흔 및 켈로이드를 모두 제거하는 수술이 실시 되었으나 수술 2년내에 흔히 재발하기 때문에 최근에는 사용하지 않는다.

2) Flashlamp pumped pulsed 색소레이저 : 최근 비후성 반흔 및 켈로이드에 적용하여 평균 83%의 호전을 보였다는 보고가 있으며³⁰⁾ 그기전은 확실하지 않으나 비반세포의 숫적증가와 연관이 있다는 설이 제시되고 있다⁵¹⁾.

8. 모발이식

최근 Ultrapulse 및 clearpulse 이산화탄소 레이저

를 이용하여 모발을 이식하는 수술이 외국에서는 이미 광범위하게 행해지고 있으며 우리나라에서도 실시되려 하고 있다⁵²⁾. 레이저를 이용한 모발이식은 편치 이식편이나 전통적인 slit 이식편을 이용한 방법에 비하여 보다 자연스럽게 모발이 분포되며 이식편이 올라가거나 가라앉지 않고 수술시의 지혈면에서도 탁월한 효과가 있는 등 좋은 결과를 보이고 있다.

9. Photodynamic therapy(PDT)

PDT란 여러 광감작물질을 정맥 혹은 국소도포한 후 저출력 레이저를 조사함으로써 암세포에 축적된 광감작물질이 활성화되고 이어서 암세포만 선택적으로 파괴되는 항암요법이다⁵³⁾. 가장 흔히 쓰이는 광감작물질은 hematoporphyrin derivative인데 이 물질은 argon pumped tunable 색소 레이저나 gold vapor 레이저가 발생시키는 630nm 파장의 적색광에 의하여 활성화된다⁵⁴⁾. 피부악성종양의 치료에 PDT를 이용하려는 시도가 이루어지고는 있으나 아직 적극적으로 도입되기에는 많은 연구가 필요한 실정이다⁵⁵⁾.

결 론

레이저 치료를 위해 내원하는 환자들은 대중매체에서 얻은 정보를 통해 레이저가 모든 병변을 완벽하게 치료해 준다는 비현실적인 기대감을 갖고 있다. 따라서 치료전에 환자와 보호자에게 부작용의 가능성과 치료효과가 만족하지 못할 경우도 있다는 것을 알려주어야 한다. 모든 종류의 레이저를 전부 보유하는 것이 이상적이지만 현실적으로 불가능하므로 자신이 갖고 있는 레이저의 특성을 잘 이해하고 그 기종에 적합한 환자를 선택해서 치료하여야 하며 가장 중요한 것은 치료자의 경험이다.

참 고 문 헌

1. Bailin PL : Lasers in dermatology—principles and clinical application. Prog Dermatol 1987; 21:1-9.
2. Dover JS, Arndt KA, Geronemus RG : Illustrated Cutaneous Laser Surgery—a Practitioner

- er's Guide. 1st Ed. Norwalk, Appleton & Lange, 1990;1-20.
3. Achauer BM, Vander Kam VM, Berns MW : Lasers in Plastic Surgery and Dermatology. 1st Ed. New York, Thieme Medical Publishers, 1992;176-197.
 4. Sheehan-Dare RA, Cotterill JA : Lasers in dermatology. Br J Dermatol 1993;129:1-8.
 5. Hruza GJ, Geronemus RG, Dover JS : Lasers in dermatology-1993. Arch Dermatol 1993; 129:1026-1035.
 6. McDaniel DH : Cutaneous vascular disorders : advances in laser treatment. Cutis 1990;45:339-360.
 7. Anderson RR, Parrish JA : Selective photothermolysis : precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. Science 1983 ; 220 : 524-527.
 8. Anderson PR, Parrish JA. The optics of human skin : J Invest Dermatol 1981;77:13-19.
 9. Pickering JW, Butler PH, Ring BJ : Computed temperature distributions around ectatic capillaries exposed to yellow(578nm) laser light. Phys Med Biol 1989;34:1247-58.
 10. Goldman L, Blaney DJ, Kindel DJ. Effect of the laser beam on the skin : J Invest Dermatol 1963;40:121.
 11. Curcio JA, Petty CC : The near infrared absorption spectrum of liquid water. Laser Surg Med 1988;8:108-118.
 12. Fitzpatrick RE : The ultrapulse CO₂ laser : selective photothermolysis of epidermal tumors. Laser Surg Med(Suppl) 1993;5:56.
 13. Fairhurst MV, Roenigk RK, Brodland DG : Carbon dioxide laser surgery for skin disease. Mayo Clin Proc 1992;67:49-58.
 14. Ferenczy A, Mitao M, Nagai N : Latent papillomavirus and recurring genital warts. N Engl J Med 1985;313:784-788.
 15. Bailin PL, Ratz JL, Levine HL : Removal of tattoos by CO₂ laser. J Dermatol Surg Oncol 1980;6:997-1001.
 16. Ratz JL, Bailin PL, Wheeland RG : Carbon dioxide laser treatment of epidermal nevi. J Dermatol Surg Oncol 1986;12:567-570.
 17. Weinstein C : Ultrapulse carbon dioxide laser removal of periocular wrinkles in association with laser blepharoplasty. J Clin Laser Med Surg 1994;12:205-209.
 18. Unger W, David L : Laser hair transplantation. J Dermatol Surg Oncol 1994;20:515-521.
 19. Garden JM, Polla LL, Tan OT : The treatment of port-wine stains by the pulsed dye laser. Arch Dermatol 1988;124:889-96.
 20. Polla LL, Tan OT, Garden JM : Tunable pulsed dye laser for the treatment of benign cutaneous vascular ectasia. Dermatologica 1987;174:11-17
 21. 김정원, 함정희 : 색소레이저(pulsed dye laser, SPTL-1)로 치료한 피부혈관병변의 임상효과에 관한 연구(제1보). 대피지 1991;29:801-807.
 22. Reyes BA, Geronemus R : Treatment of port-wine stains during childhood with the flashlamp-pumped pulsed dye laser. J Am Acad Dermatol 1990;23:1142-8.
 23. Swinehart J : Hypertrophic scarring resulting from flashlamp-pumped pulsed dye laser surgery. J Am Acad Dermatol 1991;25:845-6.
 24. 성경재, 이상협, 이화정, 고재경, 최지호 : 구리 증기 레이저와 flashlamp pumped pulsed 색소레이저 치료에 따른 부작용의 비교에 관한 연구. 대피지 1995;33:815-820.
 25. Brauner G, Schlifman AB : Treatment of pigmented lesions with the flashlamp pumped PLDL('brown spot') laser. Lasers Surg Med 1992;Suppl. 4:73.
 26. Rotteleur G, Mordon S, Brunetaud JM : Argon 488-514, Nd : YAG 532, and CW dye 585 for portwine stains treatment using the hexacan. Lasers Surg Med 1991;Suppl. 3:68.

27. McDaniel DH : Clinical usefulness of the Hexascan. *J Dermatol Surg Oncol* 1993;19:312-319.
28. Neumann RA, Knobler RM, Loonhartsberger H : Comparative histochemistry of port-wine stains after copper vapor laser(578nm) and argon laser treatment. *J Invest Dermatol* 1992; 99:160-167.
29. Nemeth AJ, Reyes BA : Copper vapor laser treatment of pigmented lesions. *Lasers Surg Med* 1990;Suppl.2:51.
30. Anderson RR, Margolis RJ, Watanabe S : Selective photothermolysis of cutaneous pigmentation by Q-switched Nd : YAG laser pulses at 1064, 532, and 355nm. *J Invest Dermatol* 1989;93:28-32.
31. Goldberg D : Treatment of pigmented and vascular lesions of the skin with the Q-switched Nd : YAG laser. *Lasers Surg Med* 1993 ; Suppl. 13:55.
32. Kilmer SL, Anderson RR : Clinical use of the Q-switched ruby and the Q-switched Nd : YAG(1064nm and 532nm) lasers for treatment of tattoos. *J Dermatol Surg Oncol* 1993;19:330-338.
33. Hruza GJ, Dover JS, Flotte TJ : Q-switched ruby laser irradiation of normal human skin : histologic and ultrastructural findings. *Arch Dermatol* 1991;127:1799-1805.
34. Taylor CR, Anderson RR, Gange RW : Light and electron microscopic analysis of tattoos treated by Q-switched ruby laser. *J Invest Dermatol* 1991;97:131-136.
35. Lowe NJ, Wieder JM, Sawcer D : Nevus of Ota : treatment with high energy fluences of the Q-switched ruby laser. *J Am Acad Dermatol* 1993;29:997-1001.
36. McMeekin TO, Goodwin DP : A comparison of the alexandrite laser(755nm) with the Q-switched ruby laser(694nm) for the treatment of tattoos. *Lasers Surg Med* 1993;Suppl. 13: 54.
37. Kaufmann R, Boehncke WH, Konig K : Comparative study of Q-switched Nd : YAG and alexandrite laser treatment of tattoos. *Lasers Surg Med* 1993;Suppl. 13:54.
38. Basford JR : Low-energy laser therapy : controversies and new research findings. *Lasers Surg Med* 9:1-5, 1989.
39. 홍주남, 김태홍, Ohshiro T : 포진후 신경통에 대한 저출력 레이저의 임상 시험. *대피지* 1990; 28:54-61.
40. Lam TS, Abergel RP, Meeker CA : Laser stimulation of collagen synthesis in human skin fibroblast cultures. *Lasers Life Sci* 1986;1:61-77.
41. Boulton M, Marshall J : He-Ne laser stimulation of human fibroblast proliferation and attachment in vitro. *Laser Life Sci* 1986;1:125-134.
42. Haas AF, Isseroff RR, Wheeland RG. Low-energy helium neon laser irradiation increases the motility of cultured human keratinocytes. *J Invest Dermatol* 1990;94:822-826.
43. Morelli J, Kibbi AG, Farinelli W : Ultraviolet excimer laser ablation : the effect of wavelength and repetition rate on in vivo guinea pig skin. *J Invest Dermatol* 1987;88:769-773.
44. Green HJ, Boll J, Parrish JA : Cytotoxicity and mutagenicity of low intensity, 248 and 193nm excimer laser radiation in mammalian cells. *Cancer Res* 1987;47:410-413.
45. Goldman L, Taylor A, Putman T : New development with the heavy metal vapor lasers for the dermatologist. *J Dermatol Surg Oncol* 1987;13:163-165.
46. Wheeland RG : Infrared, ultraviolet, and experimental laser surgery. In *Cutaneous Surgery* (ed. Wheeland RG), Philadelphia, WB Saunders Co., 1994;1037-1056.
47. Weinstein C, Alster TS : Skin resurfacing with high energy, pulsed carbon dioxide lasers.

- In Cosmetic Laser surgery(ed. Alster TS, Apfelberg DB), New York, Wiley-Liss, 1996; 9-27.
48. Fitzpatrick RE, Goldman MP : CO₂ laser surgery. In : Cutaneous Laser Surgery(ed. Goldman MP, Fitzpatrick RE), St, Louis, Mosby, 1994;198-258.
49. Lim TC, Tan WT : Carbon dioxide laser for keloids. Plast Reconstr Surg 1991;88:1111.
50. Alster TS : Improvement of erythematosis and hypertrophic scars by the 585nm flashlamp-pumped pulsed dye laser. Ann Plast Surg 1994;32:186-190.
51. Alsters TS : Laser treatment of scars. In Cosmetic Laser Surgery(ed. Alster TS, Apfelberg DB), New York, Wiley-Liss, 1996:81-92.
52. Unger W, David L : Laser hair transplantation. J Dermatol Surg Oncol 1994;20:515-521.
53. Dougherty TJ, Kaufman JE, Goldfarb A : Photoradiation therapy for the treatment of malignant tumors. Cancer Res 1978;38:2628-2633.
54. Carruth JAS : Photodynamic therapy : the state of the art. Lasers Surg Med 1986;6:404-407.
55. Gregory RO, Goldman L : Applications of photodynamic therapy in plastic surgery. Lasers Surg Med 1986;6:62-66.