

치료레이저의 물리치료에 관한 고찰

지산간호보건전문대학 물리치료과
노 영 철

Abstract

Survey on Physiotherapy of Soft-Laser

Noh Young Cheol

Dept. of Physical Therapy Jisan Junior College

The purpose of this study was to summary about physical therapy area the effect of soft laser on the pain clinic and orthopedic disease in persons.

차 례

I. 서 론

II. 본 론

1. 레이저 발생원리
2. 레이저광의 물리적 특성
3. 레이저의 분류
4. 레이저의 종류와 소개
5. 레이저의 생체작용과 생리효과
6. 치료적효과와 적용분야 <indication>
7. 레이저 적용법
8. 치료강도 산출법과 적용강도
9. 금기 및 주의사항

III. 결 론

참고문헌

I. 서 론

레이저 (laser)란 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation 의 약자로서 복사선의 유도방출에 의한 광증폭이란 뜻이다.

최초의 레이저는 1960년 Hughes 항공사의 Theodore. H. Maiman¹⁶⁾에 의하여 발명된 ruby laser 였다.⁴⁾ Maiman은 양쪽 끝에 은도금한 지름이 약 1cm 정도의 루비봉(ruby rod)에 플래시 램프의 빛을 강하게 여기시켜서 현광을 관찰할 수 있었으며, 여기광의 세기를 더욱 높여서 스펙트럼의 폭이 수분의 1초로 좁아지고, 형광선 중 2개의 상대강도가 분명하게 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 이것이 유도방출에 의한 광 증폭을 확인한 최초의 실험이였고, 최초의 레이저 발진에 관한 실험은 1960년 Bell 연구소의 Ali Javan을 중심으로 한 연구진에 의하여 실현된 He-Ne 기체 레이저의 발진 실험이 였다. 이 He-Ne 기체 레이저는 루비 레이저 만큼 출력력이 크지 않으나 지향성이 매우 높은 것이 특징이다. 또한 전화 신호를 이용해서 레이저광을 변조하여 최초로 레이저 통신의 길을 열어 놓았다. 이와 같이 루비레이저 외에도 고체레이저의 종류가 늘어남에 따른 다른 재료를 이용한 레이저 발진이 1962년에 실현되었다. 특히 우리는 결정재료 보다도 광학적으로 균일한 레이저 물질을 만들수 있어서 대출력용으로 적합하다.

1962년 William. P. Dumke에 의해서 Ga-As

가 반도체레이저로 유용하다는 이론을 발표하였고, I. B. M의 Marshall, I. Nathan이 반도체 레이저의 발진을 발표하였다. 이와 같이 새로운 레이저의 발전과 더불어 산업용 레이저 분야 이외의 의학 분야에서도, 레이저 이용이 시도 되었다. 레이저의 초기의학적 사용은 고출력(high power)의 CO₂ 레이저와 Ar 레이저로서, 일반외과와 안과에서 laser mess (레이저 수술도)나 혹은 안저 질환의 수술에 사용된 것을 들 수 있다.^{1,3,7)} 근래에는 He-Ne 레이저나 반도체의 적외선(infrared)레이저와 같은 저출력(lower power)을 사용하는 치료용 레이저(stimulative laser)가 개발되어 정형외과, 신경과, 피부과, 치과, 성형외과 등에서 치료적 목적으로 그 이용도가 확대되어 가고 있는 추세이다. 국내에서도 일부지방의 물리치료실에서 치료용레이저(soft laser)가 환자들의 치료에 이용되어 치료적 효과를 더하고 있으며, 일부지방의 상당수의 물리치료실에서 레이저치리기 구입을 계획하고 있다. 이런 시점에서 치료레이저를 직접 시술하고 취급해야 하는 물리치료사를 위해서 레이저의 기초이론과 생리적효과와 치료적 기술습득을 위한 기초 자료를 제공하기 위하여 레이저자료와 문헌을 모아 정리하여 보았다.

II. 본 론

1. 레이저 발생원리

어떤 원자(분자)를 높은 에너지로 자극을 주어 그 원자가 에너지를 얻어 높은 에너지상태(여기상태)로 올라가고 이상상태의 원자가 저기상태로 다시 떨어지면서 옆으로 다른 원자(분자)를 자극시켜 여기상태를 만들어 주며, 자신의 빛을 발하게 되는데, 이것을 발진이라 하고, 이 발진된 빛이 광공진기(optical resonant cavity)내의 두 개의 거울(한 면은 평면거울, 다른 한 면은 오목거울) 사이를 왕복반사 하면서 증폭하게 되며 같은 주파수의 빛끼리 공진하게 되어, 더욱 강한 빛을 만들어 아주 작은 구멍을 통하여 출력될 때 이를 레이저광이라 한다. 이 때 최초의 자극을 주는 에너지는 빛, 전기충진, 전기충돌, 화학반응 등을 들 수 있다.

1) 레이저 발생기의 기본구조^{8,12,21)}

첫째는 레이저매질(lasing medium)로서 기체(argon, CO₂, Helium 등), 액체 및 고체(루비)의 세

가지 종류가 있고, 이 매질에 따라서 발생하는 레이저광의 파장이 결정되어 광의 특성 및 의학적인 이용이 달라진다.

둘째는 동력공급원(pumping system)으로 매질 에너지를 공급해서 매질의 원자에너지를 높여 빛을 발생케 한다.

셋째는 광학강(optical resonant cavity)으로 자기 확대의 기능을 하며 한쪽 거울은 일부의 빛을 통과시켜 레이저광이 외부로 방출되게 한다.

2) 레이저의 원리

(1) 유도방출

Bohr의 이론^{2,6)}에서의 주파수조건에 따르면 양자(quantum)조건에서 주어진 원자는 하나의 궤도에서, 또 다른 궤도로 천이될 때 그 차에 해당하는 에너지를 즉 빛으로 방출하거나 흡수한다고 했다. 이 빛 또는 전자파의 주파수와 궤도상의 에너지 준위 E₁, E₂ 사이의 관계는 E₂ - E₁ = hf로 설명된다(그림 1).

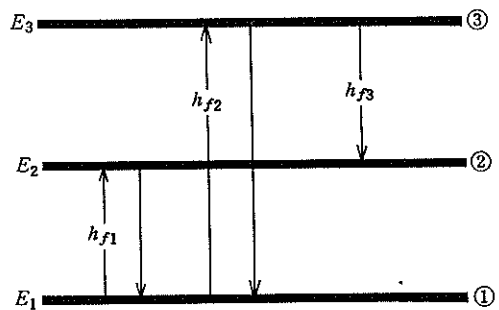


그림 1. 원자의 에너지 준위도

(2) 자연방출(spontaneous emission)

역시 Bohr의 이론에 따라서 설명된다. 원자궤도에서 에너지 준위 사이에서 일어나는 원자의 천이에 의하여 전자파 또는 방사선의 방출이나 흡수가 나타나는데, 원자나 분자 등은 외부의 작용이 없어도 높은 에너지 준위로부터 낮은 에너지 준위로 자연적으로 천이해서 방사선이나 전자파를 방출한다. 이 현상을 자연방출이라 한다.

자연방출 현상을 요약해 보면, 첫째로 자연방출은 상호작용이 없는 원자의 모임에서 발생하기 때문에 방출되는 빛은 시간적으로 완전히 불규칙한 천이에 의해서 불간섭성(incoherent)인 불규칙한(random) 전자파이다.

둘째로 방향과 위상은 불규칙하고 에너지차와 일

치하는 전자파를 방출한다.

셋째로 실예를 들면 보통 형광체에서 나오는 빛이나, 즉 형광등, 백열등, tungsten 등에서 나오는 모든 광원들이 자연방출에 해당된다.⁹⁾

(3) 유도방출(stimulated emission)현상

에너지준위의 차가 있는 원자계도에서 원자나 분자의 천이는 자연발생적인 것 뿐만아니라, 외부의 자극이나 어떤 주파수를 갖고 있는 전자파의 자극에서도 발생된다. 즉 높은 에너지준위에 존재하던 원자가 외부의 자극이나, 또 다른 에너지를 받아서 강력한 상호작용을 하면서, 동시에 낮은 에너지 준위로 천이하는 현상을 유도방출(stimulative emission)이라 한다. 레이저의 경우가 바로 이 유도방출에 해당한다. 그림 2는 유도방출의 원리를 설명하기 위한 원자의 에너지 준위를 표시하였다. 에너지준위 E_1 에 존재하는 입자가 자연방출을 하기 전에 hf 만큼의 외부에너지를 받게되면 이 입자는 외부로부터 받은 에너지에 의해서 유도되어 여기가 시작된다.

Bohr 이론에서 높은 에너지 준위에 존재하던 입자가 낮은 준위로 천이하면 빛(또는 전자파)을 방출하고, 반대로 낮은 에너지 준위에 존재하던 입자가 높은 에너지 준위로 천이하면 빛을 흡수한다. 이 현상이 유도 방출원리다.

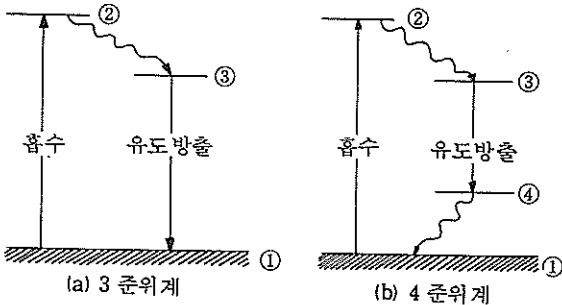


그림 2. 레이저의 유도방출 과정

(4) 반전분포(population inversion)

높은 에너지 준위에 있는 원자의 수가 낮은 에너지 준위에 있는 원자의 수보다 많이 있는 경우를 반전분포(population inversion)되었다고 한다. 일반적으로 높은 에너지 준위에 있는 원자는 자연방출에 의존함으로 반전분포를 형성하기가 어렵다. 그러므로 레이저에서는 높은 에너지 준위에 있는 원자가 일부분의 에너지를 방출하면서, 높은 에너지 준위와 낮은 에

너지준위 사이에 존재하는 중간에너지준위인 “준 안정상태의 준위”(metastable state energy level)에 모여 반전분포를 했다가 적당한 외부의 자극이나 에너지에 의해서 유도방출한다. 즉 레이저는 준 안정상태의 준위로부터 낮은 에너지준위로 떨어질 때 그 에너지 차에 해당하는 빛이 방출되는 원리를 이용한 것이다. 따라서 레이저에서는 일정한 파장의 빛만 방출하게 된다. 또한 유도방출을 위해서 외부에너지를 공급해서 반전분포를 만드는 것을 펌핑(pumping)이라 한다.

(5) 광발전

이와같이 반전분포를 형성해 광발전기, 광증폭기를 만들 수 있다. 상세한 이론적 배경을 생략하고 광발전기의 원리만 설명하면, 유도방출에 의하여 빛을 증폭하는 작용을 레이저라고 이미 설명하였다.

우선 반전분포 현상을 이용하여 광증폭기를 만든 후에 궤환(feed back)을 걸어주면 광발전기가 된다. 광발전기에 궤환을 걸어주는 일반적인 방법은 그림 3과 같은 광발전기의 형태와 같이 서로 평행한 두 장의 광학적 공동(강)인 반사 거울 사이에 레이저 증폭기를 설치하는 것이다. 그림 3의 두 반사거울 사이에, 즉 광학적공동(강) 사이에 부온도 매질을 설치했는데, 여기에 빛이 수없이 왕복하면서 증폭되어, 증폭된 양이 반사거울에서의 손실보다 크게되면 발진을 일으킨다. 이 경우, 한쪽의 반사경은 100%의 반사율로, 반대쪽에는 약 92%의 반사율 정도로 빛을 약하게 통과시키면 발진된 빛의 일부가 밖으로 나와서 레이저광을 얻을 수 있다. 여기서 최초로 방출된 빛은 사방으로 나가지만 레이저의 진행방향과 수직으로 설치되어 있는 반사거울 사이를 무수히 왕복하면서 수직축 방향의 빛만 증폭하게 된다. 이와같이 레이저 광은, 흩어지지 않고 한 줄기로 멀리까지 진행 할 수 있는 직진성이 있다.

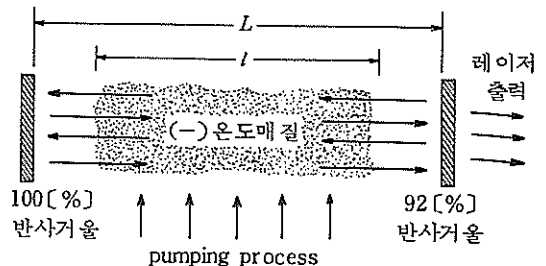


그림 3. 광발전기의 원리

2. 레이저광의 물리적 특성

1) 일관성 (coherence)

모든파가 위상적으로 시간과 방향이 균일함으로 광자(photon)는 항상 같은 파장을 유지하며, 레이저 복사광이 모든 부분 사이에서 고정된 위상관계가 있다. 그러므로 극도로 높은 수준의 빛이라 할 수 있다.

2) 단색성(monochromaticity)

대부분의 일반적인 광원에서 볼 수 없는 파장의 특이성을 갖는 빛의 순수성으로 방출 스펙트럼(spectrum)으로 볼 때 단일선만 증폭시킨 파장으로 구성되어 있다.

3) 시준성(collimated beam)

방산각과 광자의 운동성이 매우 적어 빛이 한 방향으로 평행하게 직진하는 성질이므로 빛이 분산되지 않고 직진하여 레이저광의 허실량이 매우 적다.

이상과 같은 특성으로 많은 량의 광에너지를 피부의 목표물(target zone)에 집중조사할 수 있다.

3. 레이저의 분류

1) 레이저의 매질 (medium)에 따른 분류 매질에 따라서 광의 파장, 광의 특성, 의학적용도가 달라진다.

(1) 가스 레이저

- ① 자연가스 - He-Ne 레이저
- ② 이온화가스 - Ar⁺, Kr⁺, Xe 레이저
- ③ 분자가스 - CO₂ 레이저

(2) 고체 레이저

- ① 루비(Ruby) - 초기의 레이저로서 발전이 용이하며 의료용으로는 치과용으로 일부 사용된다.
- ② Glass - 높은 출력을 발생시킨다.
- ③ YAG -
- ④ Ga-As - 반도체 레이저로서 발전이 간편하고 수명이 반영구적이라 할 수 있다.

(3) 액체 레이저(liquid laser)

유기색소인 dye가 레이저 매질로 사용한다.

2) 출력에 따른 분류(의학분야)

(1) 고출력 레이저(high power laser)

사용시 높은 열효과를 나타내므로 일명 hot 레이저라고도 하며, 출력은 5~140 watt 정도로 높아서, 외과적 수술용 레이저로 사용된다. 여기에 속하는 레이저는 argon, CO₂, Nd-YAG 등이다.

(2) 중간 출력의 레이저(mid power laser)

적용시 광화학적 효과를 나타내는 치료용(stimul-

ative laser)레이저로서 출력은 10~50mw 정도이며 반도체레이저(diod laser)와 He-Ne 레이저가 여기에 속하며 의과적으로는 사용할 수는 없다.

(3) 저출력의 레이저(lower power laser)

조사시 광전효과를 나타내는 2~10mw 정도의 낮은 출력 가진 레이저로서, 일명 cold 레이저라고도 한다. 여기에는 출력이 약한 He-Ne 레이저와 반도체 레이저 등이 포함된다.

중간출력의 레이저(mid power laser)와 저출력의 cold 레이저를 통합해서 soft laser 라고 하며, 치료용 레이저로서 물리치료에 사용되는 레이저라고 할 수 있다.

3) 사용목적에 따른 분류

- (1) 산업용 레이저 - 금속가공, 용접, 정밀 측정 등에 사용한다.
- (2) 통신용 레이저 - 광통신, 오디오시스템 등에 사용된다.
- (3) 군사용 레이저 - 살상, 파괴에 사용된다.
- (4) 의료용 레이저 - 외과용, 치료용 레이저로 구분한다.

4. 레이저의 종류와 소개

1) 루비(ruby)레이저^{2,3,4,8)}

1960년 T. H. Maiman은 마이크로파(microwave) 영역에서 메이저²⁾(maser) 재료로서 사용했던 루비를 이용하여 laser 발전에 성공했다. 이 루비 레이저는 열적으로나 기계적으로나 안정되어 있으며, 상온에서도 발전이 가능하고 출력이 커서 현재까지 가장 우수하게 평가 받는 고체 레이저이다.

루비결정은 알루미늄(Al₂O₃)에 0.05% 정도의 산화크롬(Cr₂O₃)를 첨가한 인공보석으로 즉 Al³⁺ 이온의 일부가 3가인 Cr³⁺에 치환되어 레이저 동작을 일으키게 한 것이다. 원주형태인 루비의 반지름은 0.635cm, 길이 5.08cm 정도로 하고 루비결정 부분을 잘 연마하여 은도금을 하여 레이저 원리에서 설명한 바와 같이 광학강을 사용한 발전기를 만들 수 있다. 전원을 작동시켜 크세논(Xe) 섬광램프에서 5600Å인 황색 또는 녹색광을 조사하는 펌핑(pump-ing)작용을 하면, 황색광이나 녹색광을 흡수한 크롬 이온들이 저기상태에서 여기상태로 올라간다. 이 상태는 10⁻⁸sec 정도의 수명으로 매우 짧으므로 크롬 이온들은 가장 높은 불안정한 에너지준위인 E₃에서 자연방출하면서 10⁻³sec 정도로 비교적 수명이 긴

준안정준위로 떨어진다. 이 준안정준위에서 반전(population)이 형성되면, 유도방출에 의해 기저상태는 떨어지게 되고, 그 차에 해당하는 에너지를 약 6943 Å°의 빛으로 방출한다.

고체 레이저는 발전모드가 많으므로 단색광은 어렵다는 결점이 있지만, 천와트(watt) 정도의 큰 출력을 얻을 수 있는 펄스(pulse) 발진이나 홀로그래피 등에서 가시광선을 필요로 할 때 쓰인다. 또한 간섭성(coherence)의 길이를 1m 이상 얻을 수 있으며 높은 3준위계 레이저의 효율이 요구되는 기계 가공 등 많은 에너지가 필요로 하는 분야에서는 적게 이용되지만, 가시광선에서는 높은 첨두 출력이 필요한 분야에서는 이 루비레이저가 중요하게 이용되고 있다. 의학적 사용에서는 구강 증양제거시에 이용하며 또한 치과에서, 충치 및 치석제거를 위해서도 사용한다.

2) Diode laser (반도체 레이저^{4,12,20,21)})

1952년경부터 알려져서, 1962년 Nathan, Quist, Hall에 의하여 구형된 주입형 고체 레이저로서 그 수명은 10만~100만 시간의 수명을 가진 반영구적인 레이저라 할 수 있다. 그 원리를 보면 반도체의 원자속에 있는 전자는 고립적인 에너지준위를 갖는 것이 아니고, 에너지 gap을 갖고 있는 에너지대로서 존재한다. 이 때문에 높은 에너지준위에 있는 전자의 에너지를 가해서 낮은 에너지준위에 있는 가전자대로 천이 시키면 전도대와 가전자대 사이의 에너지 gap에 해당하는 에너지를 광전자의 형태로 방출하여 레이저의 개념에 적용할 수 있다. 그러나 이 경우에는 간섭성의 빛이 되지 않으나, 주입 캐리어를 크게 증대시키면, 반전분포를 거쳐서 에너지대에서 전자의 천이가 예민해지는 좁은 간섭성의 단색광을 얻을 수 있다.

반도체 레이저는 Ga-As, Ga-As-P로 된 P-N 접합의 2단 소자로 되어 있는데, 주로 전류가 잘 흐르는 순방향 특성을 이용한다. 이러한 원리에 의해 방출된 빛은 파장의 폭이 넓어서 단색광은 나쁘지만 캐리어의 여기 방법이 간단하고 효율이 높은 장점이 있다. 또한 반도체 재료의 조성비를 변화시키면 가시광선에서부터 μm 의 적외선영역까지의 발진이 가능하다. 따라서 비디오 디스크, 오디오 디스크, scanner, 자동차의 감시제어용 장치, 광섬유용의 광원으로 이용된다.

의학분야에서는 가장 잘 알려져 있고 또 가장 널리 이용되는 레이저이다. 이 방출된 레이저 빛은 약 10^6

정도의 넓은 회전각을 가지고 있지만, 이것은 집중식 광학강계로 교정된다. 레이저광의 파장은 904 nanometers이며, 방출의 형태는 지속파나 분획파(pulse 파)가 가능하며, 평균출력은 약 10^{-3} watt로 매우 낮지만, 정점출력은 5watt 정도도 가능하다.

3) CO₂ 레이저⁸⁾

10.600 nanometers의 원적외광으로서 불가시함으로 적색의 He-Ne 레이저광을 보조적으로 사용하며, 색깔에 의한 선택적 흡수는 일어나지 않는다. 광이 고함수 조직에 잘 흡수됨으로 85~90%의 수분으로 구성된 피부조직에 잘 흡수되어 조사부위의 조직을 순식간에 기화(evaporation)시켜 파괴하여, 주변 조직에 영향을 주지 않으며, 소혈관과 림프관을 봉합하는 성질이 있다.

치료시 광을 집약(focused mode)시키거나, 분광(defocused mode)시켜서 사용할 수 있다. 광을 집약시키면 광의 직경이 0.1~0.2mm가 되고, 동력밀도는 5,000~7,000W/cm²가 되어 조사조직의 표면을 기화시켜 문신, 사마귀, 첩규콘딜롬, 한국성 림프관종 등의 치료에 이용된다. 화염상 모반의 치료는 비특이적 피부 기화와 소혈관 봉합의 성질을 이용하여 알곤 레이저에 잘 반응하지 않는 임상형에 좋다.

가스의 매개물질은 CO₂와 Ne과 He이 1:15:0.4의 비율로 극히 정밀하게 혼합되어 있다. He에서 Ne을 여기시켜서 Ne가 다시 CO₂를 여기시켜 레이저 광이 발생된다.

4) Argon 레이저^{3,8)}

알곤 레이저는 활성매질인 이온화된 알곤가스로 구성되어 있고, 정점출력 100W까지 도달할 수 있는 강한 출력의 레이저로서 60°C 이상의 주어지는 온도에 의하여 조직 응고효과가 있고, 붉은 색에 선택적으로 공진함으로 피부의 과에 유용하게 사용된다.

파장은 488과 514 nm의 청록색 가시광선으로 혈색소와 매라닌에 선택적으로 흡수되어 조직을 파괴함으로써 화염상 모반, 노인성 혈관종, 화농성 육아종 등의 혈관성질환과 색소성 모반, 밀크커피색 반점, ota 모반, 지루각화증 등의 색소성질환의 치료에 이용된다.

레이저광이 투과할 수 있는 깊이는 1mm 미만임으로 혈관성, 색소성질환 모두 표재성병변에서 좋은 효과를 기대할 수 있다. 치료방법은 광폭이 1~2mm의 레이저 탐침을 병변에서 2~5cm의 거리에 수직되게 잡고 1.5~2.5W의 강도로 조사한다. 조사기간

은 0.2초의 분획광(pulsed beam)이나, 연속광(continuous beam)으로 병소의 파괴정도를 판단하여 진행시킨다.

알곤레이저는 CO₂ 레이저광에 비해 빛의 산란과 열의 전도도가 높아 조사부위 이외 조직의 파괴를 일으킬 수 있으므로 비후성 반흔이 생길 수 있고, 치료 후 과색소 침착 및 표피위축 등의 후유증이 생길 수 있다.

5) He-Ne 레이저^{4,3,8,21)}

He과 Ne을 6:1로 섞은 혼합기체를 방전관에 넣고 고주파의 전자장을 걸어 주면, 방전관에 의해 생긴 전자가 He에 충돌하면, He는 기저상태(basic state)로부터 2³S(2S) 준위로 들뜨게 되지만 이 준위는 준 안정상태에 있고, 이 상태의 존재기간까지 방전(population)이 증가한다.

그림 4와 같이 He의 2³S준위는 Ne 2S(3S) 준위에 매우 가까운 에너지를 가지고 있어 여기된 He와 Ne이 충돌하면, Ne는 He로부터 에너지를 받아서 높은 확률로 2S(3S)준위로 여기된다. 이와같이 해서 Ne의 2S(3S)준위와 2P준위 사이에 방전이 일어나서 1.15μ 혹은 6328 Å의 빛이 방출된다. 기체레이저를 이용하면 안전한 연속파가 얻어지고, 스펙트럼의 폭도 좁지만 출력은 약 10mw 정도가 보통이다. He-Ne 레이저는 거의가 치료용레이저

(soft laser)로서 cold 레이저에 속하며 한방치료, 물리치료, 피부과, 피부미용 등에서 다양하게 사용한다.

6) Dye 레이저²⁰⁾

유기염료(organic dye)를 레이저매질로 사용하며 치료병소의 색깔에 따라서 발생하는 광의 파장을 조절할 수 있다. 혈액소에 잘 흡수되는 광선의 파장은 417 nm와 577 nm로서, 이 중에서도 417 nm가 가장 잘 흡수되지만 이는 진피내에 깊이 침투하지 못하며, 메라닌에 대한 흡수성이 높아 dye 레이저의 혈관병소 치료에는 577 nm의 파장이 사용된다.

5. 레이저의 생체작용과 생리적효과

5) 생체작용^{11,20,21)}

(1) 열효과(thermal effect)

레이저의 외과적 사용에만 한정시킬 수 있는 작용이며, 실험에 의하면 극히 짧은 시간에 200~1000 °C의 온도 상승을 보이고, 45~50°C 정도의 온도가 약 1분간은 지속된다고 한다.

인체에 있어서는 개개의 세포가 광속에너지로 흡수함으로써 나타나는데, 생체의 아주 작은 부위에 레이저광을 집속하면 강력한 에너지를 보이는 특성이 의학영역에 이용되어 병적세포를 태워 없애고, 응고시키기도 하는 새로운 치료법(세포외과)²²⁾으로 연구 개발되고 있다.

현재 안과 영역에서는 망막광선요법으로서 안저병(망막박리, 망막변성, 망막양성종양)등에서 이용되고 있다.¹⁾ 특히 최근에는 종양세포의 파괴, 응고작용이나 열작용에 의한 암의 억제력을 위한 치료분야에도 접트되고 있다.

(2) 압력효과

레이저광을 극히 작은 부위에 집중하면 단시간내에 열에너지로 전환되어, 그 때 물리적 변화의 결과로서 세포차원의 압력이 발생된다.

(3) 광의 효과³⁾

레이저광선의 파장의 특이성(현재 적외선에서 자외선까지의 파장을 발생시킬 수 있다)을 이용하여 여러 가지의 생체조직에 대한 작용에 응용하는 것을 말한다. 특히 미래에 새로운 레이저광원이 개발되고 여러 가지 다른 파장의 다른 레이저광이 자유롭게 얻어지게 되어, 조직세포의 병변상태에 따라서 가장 적절한 레이저광선을 선택적으로 조사하면 초음파보다 우수한 치료성적을 거둘 수 있다.²⁾

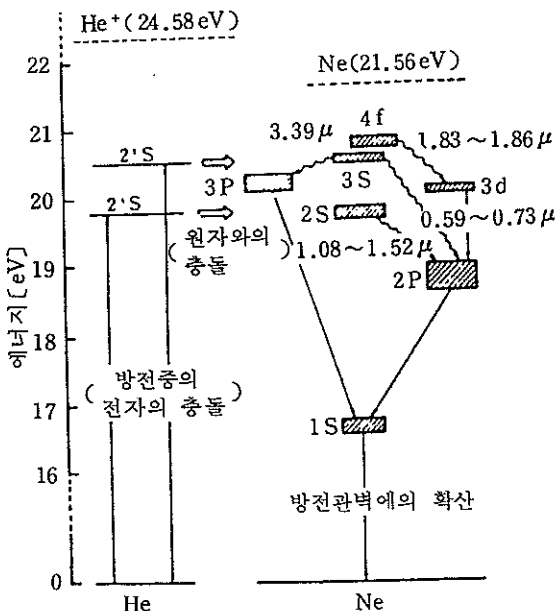


그림 4. He, Ne의 에너지준위

(4) 전자계 효과³⁾

혈색소(hemoglobin) 즉 적혈구의 혈색소가 레이저 광을 받음으로서 전기 전도도의 변화를 일으키는 점은 쉽게 이해할 수 있다. 혈색소는 철원자의 킬레이트 분자이며, 따라서 이 적혈구 세포는 레이저 에너지를 넓은 스펙트럼에서 잘 흡수한다고 예측된다.

(5) 광화학적 효과

생체의 레이저광 흡수로 인하여 조직의 생화학적 변화로 생리적조절 물질의 유리가 자극되고, 정상적 효소작용을 조절하여 국소적, 전신적치료가 가능하다.

2) 생리적효과(치료용 레이저)^{5, 12, 20, 21)}

레이저광은 세포차원의 자극으로 세포호흡은 증대되고, 미토콘도리아의 부인산반응(phosphorylation)이 증가되며, 일차적으로 D.N.A와 messenger-R.N.A의 자극으로 단백질형성이 촉진되고, 세포구성물(cell constituents)의 변화가 오며, 생체 효소와 효문의 조절작용이 온다고 한다. 이와 같은 작용으로 인하여 첫째로 교원질(collagen)의 합성은 가속화되고, 둘째로 치유조직의 혈관화(vascularization)가 증대되고, 셋째로 미세세균(micro-organism)의 감소작용이 있고, 넷째로 동통을 완화시킨다고 할 수 있다.

6. 치료적효과의 적용분야(indication)

1) 전신적 치료효과⁹⁾

레이저의 생리적 작용에서 언급된 바와 같이 첫째로 미토콘도리아 막(membrane)의 흥분과 핵산의 자극증대로 단백질 합성증가와 교원섬유 생성과 모세혈관화와 세포분열 증대로 상흔조직이나 손상조직의 치유(healing)기간이 단축되고, 둘째로 인체의 직접적인 세포차원의 자극(biostimulation)으로 원인지료도 가능하며, 셋째로 세포나 조직차원의 생체자극으로 인한 세포 호흡증대, 모세혈관화, 혈관확대 등으로 신체의 영양효과(eutropic)를 나타내며, 넷째로 급성 만성통증을 감소시키는 진통효과가 있으며,^{5, 9, 13)} 다섯째로 손상에 따른 말초신경 재생속도를 촉진시킬 수 있다. 이외에도 외상성 부종이나 혈종의 감소효과가 있다.

2) 임상적 적용분야⁷⁾

(1) 피부과(dermatology)^{10, 14, 18)}

피부와 점막질환에 뛰어난 효과가 있으며, 상처부위에는 교원섬유의 합성과 혈액순환을 원활히 해주며 세포대사의 증대와 세포분열 증대로 피부재생을 돕는다. 특히 대상포진과 같은 피부병은 하루에 2~

4분 조사로 3~4회 치료하면 효과를 볼 수 있고, 또 부종이 심한 부위나 궤양부(ulcer) 치료에 사용되며, 또한 상흔조직(scarrtissue)과 케로이드 형성 부위를 최소화시키며, 순환장애 부위(circulonutritional disorder)의 조사로 조직의 영양상태를 개선할 수 있는데, 이때는 He-Ne 레이저나 적외선 레이저로 점(point) 조사나 표면조사(surface)를 사용하며, 하루 10분 조사로 1주일에 3회 치료하는 방법을 사용한다.

(2) 신경과(neurology)

레이저의 신경과 분야의 사용은 중추신경계에서는 단색성, 일관성 레이저빔에 의하여 상당히 자극된다. 따라서 장애나 손상시에도 신속히 치료될 수 있다. 적용분야는 삼차신경통이나 좌골신경통 등에 사용하며, 외상이나 질환에 의한 말초신경마비 환자(paralysis) 등에 지속적으로 사용함으로써 신경재생을 촉진시키며, 또한 신경의 자극성통증(pain, irritation) 치료에 이용한다.

(3) 정형외과(orthopaedic)^{11, 17, 18, 19, 20)}

운동손상(sport injury), 관절염, 외상 후의 손상부 치료에 널리 사용된다. 또 손상된 골이나 연골의 회복을 가져오며, 근육과 연부조직의 외상치료를 위해서 적용된다. 정형외과적 레이저 적용증은 아래와 같다.

- ① 골연골증
- ② 칼슘과 무기물 장애
- ③ 골절부
- ④ 관절증과 관절염
- ⑤ 경련 및 압통
- ⑥ 요통
- ⑦ 활액 낭염, 활막염, 건초염
- ⑧ 상과염
- ⑨ 혈종

등으로 He-Ne 레이저나 적외선 레이저로서 점(point)조사나, 표면조사(surface)를 실시하는 방법을 선택할 수 있다.

(4) 치과 및 이비인후과(E·N·T)⁸⁾

구강이나 비강의 모든 염증과 그리고, 부비강의 조사는 소염작용과 진통작용이 있다. 특히 점막질환에 효과가 있으며, 적출(extraction) 후 레이저 조사는 지혈과 진통작용이 있다. 특히 루비 레이저는 치석 및 충치제거가 가능하며, He-Ne 및 적외선 레이저를 사용해서 구내염, 치주염, 후두염, 비강염의 소

염 진통효과를 위해서 사용한다.

(5) 성형외과(plastic surgery)^{8,14,20,21)}

치료용의 He-Ne 레이저는 산후의 복부에 탄살(strech mark)은 6개월 이내에 치료를 받으면 정상적인 피부상태로 회복될 수 있다. 그리고 상처부위의 회복시 케로이드와 과립형성(granulation)을 최소화 시키며, 표피와 조직재생을 촉진한다.

3) 치료분야^{11,20,21)}

(1) 감염부(inflammation)의 치료
박테리아 및 바이러스 감염부에 적용한다.

(2) 상흔조직(scartissue)의 회복촉진

- ① 조혈의 활성화
- ② 부신과 성호르몬기능 자극
- ③ 상처치유 촉진
- ④ 피부구조의 재배치 촉진
- ⑤ 신경 재생속도 증가
- ⑥ 교원섬유 증가 - 그회복 속도가 50~30% 정도 단축된다.

(3) 통증감소 - 과도한 자극이 유도된다.¹³⁾

- ① 신경세포막의 과분극화¹⁵⁾
- ② 역치 상승을 활성화 한다.
- ③ 촉감의 알파신경 섬유(α - fiber) 활성화로 엔돌핀(endorphin) 분비 및 순환이 증대된다.

(4) 피부과 영역의 효과^{8,14)}

① 상흔조직 - 수술 후의 상처, 외과상처, 피부과 질환의 회복

- ② 욕창, 궤양¹⁸⁾, 정맥류 치유
- ③ 습진(eczema)
- ④ 여드름(acne)
- (5) 미용적 효과

① 봉과지염 - 기미치유와 섬유모세포와 탄력섬유 합성증대

② 주름살, 산후의 복부탄살(strech mark)의 감소

(6) 운동상해(sport medicine)

운동기관 및 근육골격계의 손상치료를 사용한다.

(7) 류마티스 질환¹¹⁾

(8) 초기의 만성관절염

- ① 자질관절염
- ② 초기 슬개연골증
- ③ 건염
- ④ 천층의 모든 관절부 감염
- ⑤ 측방 척추골 장애

7. 레이저 적용법^{8,12,21)}

1) 접촉술(contact)과 비접촉술(non-contact technique)

표적조직에 레이저광의 공급방법에는 두 가지가 있는데, 그 하나는 레이저 공급장치가 조직에 직접 닿은 상태로 치료하는 접촉술(contact technique)과 또 다른 하나는 레이저 공급장치를 조직으로부터 일정한 간격을 유지시킬 수 있는 비접촉술(non-contact technique)이 있다.

(1) 접촉술(contact technique)

접촉술은 수동(manual)으로 광학강(optic cavity)을 파지한 상태로 사용할 수 있는 레이저 탐침(probe)이나, 손으로 잡을 수 있는 레이저 적용부분(hand piece)을 표적조직에 놓고서 치료하는데, 이 레이저 탐침에 피부가 적당히 놓이면 레이저가 작동되고, 탐침이 움직이면 레이저 회로가 차단되어 작동이 멈추는 편리하고 안전한 치료탐침도 있다.

이 접촉법에서는 탐침의 압박으로 통증치료시 정확한 동통점(pain point)의 위치를 찾는 데는 편리하며, 또한 탐침의 압박은 피부상층 모세혈관 총(plexus)의 기계적 혈관수축과 혈류이동과 매질흡수를 가능케 하고, 침투력과 근본적인 흡수체적을 증가시킨다고 한다. 접촉술은 피부위에서 탐침(probe)이 고정됨으로 조직에 의해서 최종적으로 뇌에서 받아들이는 충격(자극)을 단순하게 하는 방법이라고 할 수 있다. 그리고, 접촉술은 환자의 환부에 레이저 탐침을 직접 접촉시키므로 외과적 사용에 더 적절하다. 만약 환자가 수의적으로 움직인다해도, 레이저 탐침은 환자와 함께 움직임으로 동일한 조사부위를 지속적으로 조사할 수 있다.

접촉술은 바늘을 사용하지 않는 광침술로서 계통적 접근치료로도 사용된다. 침술과 광침은 꼭 동일하지 않지만, 간단히 말하면 침술은 수 세기 전의 동양의 경험점에 사용하고, 광침에서의 계통적 접근은 단독적이든 복합적이든 간에 혈관계, 림프계, 신경계를 이용하는 것이다.

(2) 비접촉술(non-contact technique)

이 기술은 표적조직으로부터 얼마간의 거리에 레이저 공급기를 유지시키는 것에 관계된 기술이다. 이 기술은 다시 두 가지 방법으로 나눌 수 있는데 그 하나는 한 지점(spot or point)에 레이저빔을 거의 고정시켜서 사용하는 고정법이며, 또 다른 하나는 수

동이거나 혹은 진동거울에 의한 자동(automatic) 이 건 간에 레이저빔이 막대 모양으로 이동되는 주사선(scanning) 조사법이다. 이 치료방법은 큰치료 표면을 치료할 때, 높은 강도로 작은 부위가 치료되는 것과 같은 양의 레이저빔을 큰 치료부위에 적용하고 싶을 때 사용된다. 그리고 이 방법은 긴 시간동안 표적부를 고정하는데서 오는 시술자의 손이나 팔의 피로함을 해결해 주지만, 레이저광의 산란경향과 반사에 의해서 많은 입사광의 상실로 레이저빔의 치료효과는 약화되는 경향도 고려되어야 한다. 이 비접촉의 방법은 레이저 안전문제에 더 많은 신경을 시술자가 써야한다. 비접촉술의 고정조사법은 시술자의 피로를 덜기 위해서 조절이 가능한 고정 조임대(arm)를 치료장비나 치료용 침대에 장착해 두었다.

Plog²¹⁾는 생물리학적 치료에 접촉술과 비접촉술을 혼용하여 사용하였다. 그러나 많은 경우에 레이저 시술자는 비접촉법을 많이 사용하지만, 꼭 비접촉술로 치료해야할 경우가 있는데 그것은 개방성 상처 치유 시에는 접촉성 감염방지를 위해서 필히 비접촉술을 사용해야 하고, 또 피부 이식수술 후의 좋은 증상이라 할 수 없는 허혈, 혈종, 패양부에도 비접촉술을 사용하고, 상처부위의 파비대나 케로이드성 상처와 같이 외형적 치료문제에 상흔의 실제적 모양은 효율적 접촉만으로 방지될 수 있으므로 비접촉술을 사용해야만 한다.

2) 치료부위 면적에 따른 레이저탐침(probe)^{9, 11)} 적용방법

치료부위의 기초적 병리과정의 특성도 물론이려니와 조사를 필요로한 표면적의 대소나 특징에 따라서도 레이저 적용의 세 가지 방법이 있다.

(1) 격자 조사법(grid technique)

격자 조사술에 있어서는 레이저탐침은 치료부위의 전체 범위를 확실하게 공급하기 위해서 사전에 작은 정방형(square)으로 구획지워진 피부 위에 수직으로 레이저를 적용한다. 이 기술은 천층조직이 관련되지 않을 때 국소피하지방 조직치료를 위해서 유용하다.

(2) 주사선(scanning technique)조사법¹¹⁾

주사선 조사기술에서는 레이저 탐침은 치료되는 부위의 1 cm 위에 고정시켜서 막대운동으로 이동한다. 이 기술은 피부의 표면과 레이저 탐침 사이가 직접 접촉되는 것이 바람직하지 않을 때 사용한다. 예를 들면 피사, 육창, 화상조직, 피부이식 부위, 개방성 상처부위 등에 사용되는 방법이다.

(3) 점(point) 자극술^{5, 9, 21)}

레이저. 사용의 점(point)자극술은 레이저 침술인 광침이라고도 한다. 레이저 탐침은 피부에 직접 접촉되어지고, 약간의 각도(angle)를 주면서도 조사할 수 있다.

이 기술은 작은 관절부와 근막발통점 증후군 치료에 이점이 있다. 이외에도 치료시 레이저 빔의 형태가 시간적으로 지속되는 상태에 따라서 기본적으로 두 개의 형태로 나누는데, 그 하나는 레이저가 그 장비의 출력에 도달되어, 그 출력을 그대로 유지하는 레이저빔의 형태를 연속파(continuous wave)라 하고, 또 다른 하나는 펄스파(분획파) 레이저빔으로서, 광학강내의 에너지가 아주 빠르게 정점에 도달되어서 그때 천분의 일초 이내로 레이저에너지의 극히 짧은 시간 펄스로 해제되는 파(wave)를 말한다. 그런데 지속파 레이저빔 중에서도 기계적으로나 혹은 광학강 차단막(shutter)으로 하나의 짧은 노출을 주는 레이저파를 개폐기조절 지속파(switched continuous wave)라고 한다.^{14, 21)}

이와 같은 레이저빔 형태를 치료부위의 병리적 특성이나, 크기 등에 따라서 시술자가 조사시 선택하여서 사용한다.

8. 치료강도 산출법과 적용강도

치료부위에 적용에너지의 강도선택은 레이저 장비의 출력과 치료시간(조사시간)에 따라서 조사부위의 에너지 공급량이 달라지므로, 치료사가 사용하는 레이저 기종의 출력에 따른 치료강도를 조사시간으로 환산해서 사용하게 됨으로, 시술자는 치료시 현재 조사되는 에너지강도를 파악하고 있지 않으면 과도한 노출에 의한 부작용을 일으킬 수 있다는 것에 항상 유념해야 한다.

1) 치료시간의 산출^{11, 20, 21)}

치료시 작용에너지는 다음과 같은 공식으로 계산한다.

$$E = \frac{P \times T}{S}$$

여기서 E - 치료에너지량 (Joules/cm²)

P - 장비의 출력 (Watt or mw)

T - 치료(조사)시간 (Second)

S - 치료부위의 면적 (cm²)

위의 공식에서 치료시간(조사)은

$$T = \frac{E \times S}{P} \text{ 이다. (second)}$$

2) 첫 치료시 권장하는 치료강도^{11,21)}

- (1) 진통효과 - 근육계 통증 2~4 Joules/cm²
관절통 4~8 Joules/cm²
- (2) 항염효과 - 급성, 아급성... 1~6 Joules/cm²
만성 4~8 Joules/cm²
- (3) 영양증진효과 3~6 Joules/cm²
- (4) 순환효과 1~3 Joules/cm²

3) 조사면적에 따른 치료시간 범위

(1) 점 (point or spot) 자극시

탐침이나 파지 가능한 광학장 부분(hand piece) 으로 자극시는 10 Joules/cm² 이내의 강도로 치료한다. 그때 치료장비의 출력에 따라서 조사시간은 각각 계산해서 치료할 것이다. 예를 들면 점 (point) 조사에는 한지점 (point) 당 6~10 분 이내로 조사시간이 설정되는 것이 일반적이다.

(2) 주사선 (scanning) 조사시

자동 주사선 조사기를 사용하여 가로 세로가 25 × 25 cm 이내에서의 에너지 강도는 약 6 Joules/cm² 을 사용하며, 치료시간 범위는 장비 출력과 조사기와 치료부위간의 거리에 따라서 다르겠지만 5~10 분 정도의 치료시간을 사용한다. 일반적으로 사용되는 레이저 치료강도 범위는 1~15 Joules/cm² 이라고 한다.

4) 치료적 모형 (He-Ne 레이저로 출력은 7mw 로, 점 (point) 조사법을 사용할 때 치료강도와 치료 회수에 대한 모형)²⁰⁾

(1) 경추부, 견갑부 주위관절염, 요추천추골 척추통증, 슬관절통의 치료시, 치료부위의 한 점 (point) 당 4분간씩 조사하여 5~6 지점 (point) 을 선정하여 치료할 것이며, 치료회수는 1주에 3회 정도로 하여 총 치료회수를 10~12 회로 한다.

(2) 요추관절통, 흉추관절통의 치료시, 치료부위의 한점 (point) 당 3분간씩 6~8 지점을 선정하여 1주당 3회 정도로 총치료회수는 12회 정도로 끝낸다.

(3) 붕괴지염의 치료시는 치료부위를 한점당 1분씩 조사하고 6~8 지점을 치료하여 총 13~15 회 치료를 실시한다.

(4) 심상성 좌창치료시는 치료부위를 한점당 3분씩 조사하고 6~8 지점을 선정하여 총 치료회수를 10~12 회로 한다.

(5) 만성질환은 치료회수를 약간 늘여준다.

9. 금기 및 주의사항²⁾

1) 주의^{7, 8, 12)}

(1) Pacer maker - 레이저 조사로 심박조율의 방해가 우려가 있다.

(2) 말초신경 장애로서 좌심실 부전증환자는 레이저 조사를 주의해야 한다.

(3) 심장장애 환자는 조사시 주의한다.

2) 금기²¹⁾

(1) 안구조사를 피하기 위해서 보안경을 시술자와 환자가 써야한다. 레이저광에 눈이 노출되면 안저나 결막의 손상이 초래된다.

(2) 갑상선 장애자는 레이저 조사로 갑상선 분비가 촉진된다.

(3) 남성의 외생식기는 레이저광 조사로 성선 및 고환의 내분비 장애가 우려된다.

(4) 임신부의 복부조사는 피한다.

(5) 소아의 성장연골부의 조사도 피한다.

(6) 이상 종양부의 조사도 피해야 한다.

이상과 같은 부위는 극히 주의하거나 금지하지 않으면 안된다.

III. 결 론

치료용 레이저 (soft laser) 를 물리치료적 측면에서 문헌적으로 고찰해 보았다. 비온열적 cold 레이저는 생체 활성화를 자극하는 레이저로서 크게는 개방성 상처조직의 치유와 급만성 통증의 완화와 운동기관의 손상치료에 널리 적용할 수 있는 물리치료를 위한 좋은 치료시법으로서, 광침으로서도 사용이 가능함을 알 수 있다.

국내에서 근래에 소개되는 여러 기종의 치료레이저 (soft laser) 를 물리치료사가 정형외과적 질환과, pain clinic 에서 사용하여, 물리치료 분야가 더욱 발전 되어야겠고, 그리고 시술자의 치료기술을 더욱 더 제고시키기 위해서 이 분야의 관심이 더욱 집중되어 레이저 치료를 통한 광선치료학에 많은 발전이 있어야겠다.

참 고 문 헌

1. 김용천 외 5인 : 물리치료학개론. 대학서림, pp. 179~180, 1989.
2. 김인호 외 8인 공역 : 물리학. 집현사, p. 449, 1983.
3. 박홍기 : 레이저의 의학적 이용에 관한 고찰.

- 물리치료사협회지, 5 : 29~34, 1983.
4. 양호연 : 물리전자공학. 상학당, pp. 403~418, 1987.
 5. 임화철 : 광침. 동양의학, 제7권 3호, pp. 58~62, 1981.
 6. 전관철 : 대학 물리학과 광학. 신광출판사, p. 265, 1987.
 7. 정면 : 물리치료의 실제와 그 임상응용. 시료, pp. 260~262, 1986.
 8. 피부과학협회 간행위원회 : 피부과학. 여문각, pp. 473~475, 1986.
 9. C David Tollison : Handbook of chronic pain management. Williams & Wilkins, pp. 157~158, 1989.
 10. E Mester : Effect of laser rays on wound healing. The American Journal of Surgery, Vol.122, pp. 532~535, 1972.
 11. John A Goldman : Laser therapy of rheumatoid arthritis. Laser in Surgery and Medicine, 1 : 93~100, 1980.
 12. Josep Colles : Laser therapy today. Xavier Arcus Villacampa, pp. 95~130, 1984.
 13. J Walker : Relief from chronic pain by low power laser irradiation, Neuroscience Letters, 43 : 339~344, 1983.
 14. L. Maturo : Action of CO₂ laser on human skin. M.L.R., Vol.1 pp. 19~20, 1984.
 15. Leon Goldman, R James Rockwell : Laser action at the cellular level. Jama, 198 : 173~176, 1966.
 16. Maiman, TH : Stimulated optical radiation in ruby. Nature, pp. 187~493, 1960.
 17. MA Trelles, E Mayayo : Bone fracture consolidates faster with low-power laser. Laser in Surgery and Medicine, 7 : 36~45, 1987.
 18. M Vuksic, M Monascevic : The use of helium neon + infrared laser for treating bed sore in elderly patients with psychiatric disorders, M.L.R., Vol.1, pp. 29~39, 1984.
 19. Palmieri : Stratified double blind crossover study on tennis elbow in young amateur, using infrared laser therapy, M.L.R., Vol.1, pp. 3~14, 1984.
 20. Pascal Coche : Soft energy against pain, Techno Synthese, A.G., pp. 15~20, 1984.
 21. T Ohshiro, KG Calderhead : Low level therapy, John Wiley & Sons, pp. 27~42, 1988.