



광선치료

제1장 광선치료의 기초

1. 광선의 물리학적 특성 및 전자기파 스펙트럼

광선은 입자의 성질과 파동의 성질을 동시에 지닌 에너지의 한 형태이다. 물리치료에서 사용하는 광선은 전자기파 스펙트럼의 일부로, 각각 고유한 파장과 주파수를 가진다.

가. 전자기파의 기본 원리

전자기파의 속도는 파장과 주파수의 곱으로 나타낼 수 있다. 모든 전자기파는 진공 상태에서 초속 약 30만 킬로미터로 동일한 속도를 가진다. 따라서 **파장이 길어지면 주파수는 낮아지고 파장이 짧아지면 주파수는 높아지는 반비례 관계를 형성한다**. 광선치료에서 에너지의 강도는 주파수에 비례하므로 파장이 짧은 광선일수록 더 높은 에너지를 보유하게 된다.

나. 광선치료의 주요 물리 법칙

효과적인 광선 조사를 위해 치료사는 다음과 같은 물리적 법칙을 엄격히 준수해야 한다.

법칙 명칭	주요 내용 및 임상적 의의
그로투스 드래퍼 법칙 (Grotthus-Draper Law)	조직에 흡수된 에너지만이 화학적 또는 생리적 변화를 일으킨다는 원칙이다. 반사되거나 투과된 광선은 치료 효과를 내지 못한다.
거리제곱 반비례 법칙 (Inverse Square Law)	광원의 강도는 조사 거리의 제곱에 반비례한다. 예를 들어 거리가 2배 멀어지면 에너지는 4분의 1로 급격히 감소.
램버트의 코사인 법칙 (Lambert's Cosine Law)	광선이 치료 부위 표면에 수직으로 입사할 때 흡수율이 가장 높다는 법칙이다. 입사각이 기울어질수록 반사량이 늘어나고 유효 에너지는 감소한다.
빈의 복사 법칙 (Wien's Law)	열 복사체의 온도가 높아질수록 방출되는 주된 광선의 파장은 짧아진다는 원리이다. 이는 적외선 광원의 온도에 따른 파장대 변화를 설명한다.
반트 호프 법칙 (Vant's Hoff Law)	온도가 10도 상승할 때마다 조직의 화학적 대사 활동이 2~3배 증가한다는 법칙으로, 광선의 열 효과를 뒷받침한다.

다. 광선의 상호작용: 반사, 굴절, 흡수 및 침투

광선이 피부 표면에 닿으면 일부는 표면에서 튕겨 나가고(반사), 일부는 조직 경계면에서 꺾이며(굴절), 최종적으로 조직 내부로 들어가 에너지를 전달한다(흡수). 침투 깊이는 광선의 파장에 따라 결정되는데, 일반적으로 파장이 길수록 심부 조직까지 전달되는 경향이 있으나, 특정 파장대(자외선 등)는 피부 표층에 집중적인 에너지를 전달하여 광화학적 반응을 주도한다.



2. 광생물학적 이해와 피부 구조

광선치료의 1차 표적 기관은 피부이며, 피부의 해부학적 구조와 광선에 대한 반응 메커니즘을 이해하는 것은 안전한 치료의 선결 조건이다.

가. 피부의 층별 구조와 역할

피부는 인체에서 가장 큰 기관으로 외부 자극으로부터 신체를 보호하고 항상성을 유지한다.

1. 표피 (Epidermis)

가장 바깥층으로 혈관이 없으며 각질층, 투명층, 과립층, 가시층, 기저층으로 구성된다. 자외선 조사 시 기저층에 위치한 멜라노사이트가 활성화되어 멜라닌 색소를 생성함으로써 심부 조직을 보호한다.

2. 진피 (Dermis)

표피 아래의 두꺼운 층으로 혈관, 신경, 림프관, 털주머니, 땀샘 등이 분포한다. 광선치료 시 혈관 확장이 일어나는 주된 부위이며 콜라겐과 엘라스틴이 존재하여 피부의 탄력을 유지한다.

3. 피하조직 (Subcutaneous tissue)

지방세포로 구성되어 열 차단 및 충격 흡수 역할을 수행하며, 심부 적외선 치료 시 에너지가 도달하여 온열 효과를 저장하는 장소이기도 하다.

나. 주요 광생물학적 반응

반응 유형	상세 메커니즘
비타민 D 합성	자외선(특히 UVB)이 피부의 7-디하이드로콜레스테롤에 작용하여 비타민 D를 생성한다. 이는 칼슘 흡수와 골밀도 유지에 결정적인 역할을 한다.
멜라닌 형성	광선 노출에 대한 방어 기전으로 멜라닌 색소가 침착되어 피부가 검게 변하며, 이는 추후 자외선에 대한 내성을 증진시킨다.
광전 효과 및 살균	특정 파장의 광선은 박테리아의 DNA 구조를 파괴하거나 세포막에 영향을 주어 살균 작용을 수행하며, 이는 상처 치유 및 감염 관리에 활용된다.
홍반 형성	광선 조사 후 혈관이 확장되어 피부가 붉게 변하는 현상이다. 자외선에 의한 홍반은 일정 시간의 잠복기를 거치는 특징이 있다.



제2장 적외선 치료 (Infrared Therapy)

적외선 치료는 전자기파 스펙트럼 중 가시광선보다 파장이 길고 마이크로파보다 짧은 영역의 에너지를 이용하여 신체에 온열 효과를 전달하는 치료 방법이다. 주로 복사(Radiation)의 원리를 통해 에너지가 전달되며, 조직의 온도 상승을 통해 다양한 생리적 변화를 유도한다.

1. 적외선의 분류 및 물리적 특성

적외선은 파장의 길이에 따라 크게 근위 적외선과 원위 적외선으로 구분된다. 파장에 따른 침투 깊이와 에너지 특성이 다르므로 치료 목적에 맞는 선택이 중요하다.

구분	파장 범위	침투 깊이	주요 특징
근위 적외선 (단파 적외선)	770 ~ 1,500 nm	5 ~ 10 mm	피부 심층부와 피하 조직까지 도달하며, 주로 빛을 내는 광원(Luminous)에서 발생한다.
원위 적외선 (장파 적외선)	1,500 ~ 12,500 nm	2 mm 이하	피부 표층에서 대부분 흡수되며, 빛을 내지 않는 광원(Non-luminous)에서 주로 방출된다.



2. 적외선 치료 기구의 유형

치료에 사용되는 적외선 발생 장치는 광원의 형태와 방출되는 에너지의 성격에 따라 두 가지로 대별된다.

가. 발광형 광원 (Luminous Sources)

텅스텐이나 탄소 필라멘트를 진공 또는 불활성 가스가 충전된 유리 전구 내에서 가열하는 방식이다.

적외선뿐만 아니라 가시광선과 소량의 자외선을 포함한다.

특징: 에너지가 비교적 깊이 침투하며, 조사를 시작하자마자 즉각적인 열감을 느낄 수 있다.

특수 형태: 베이커(Baker) 기구는 여러 개의 전구를 반사갓 안에 배치하여 넓은 신체 부위(척추, 대퇴부 등)를 동시에 치료하는 데 유용하다.

나. 비발광형 광원 (Non-luminous Sources)

내화성 도자기나 석영관 주위에 감긴 금속 코일을 가열하여 에너지를 방출한다. 가시광선은 거의 나오지 않으며 순수한 적외선 에너지가 주를 이룬다.

- **특징:** 열이 오르는 데 시간이 다소 걸리며, 주로 피부 표층의 온도를 높이는 데 효과적이다. 만성적인 피부 질환이나 표층 순환 증진이 필요할 때 사용된다.

3. 생리적 효과 및 치료적 기전

적외선이 조직에 흡수되면 분자 운동이 활발해지면서 열이 발생한다. 이로 인해 다음과 같은 복합적인 생리적 반응이 나타난다.

가. 혈관 확장 및 대사 활성화

국소 부위의 온도가 상승하면 혈관이 확장되어 혈류량이 증가한다. 이는 산소와 영양분의 공급을 원활하게 하고, 대사 산물 및 노폐물의 배출을 촉진한다. 반트 호프 법칙에 따라 온도가 10도 상승할 때 조직의 화학적 활동은 약 2~3배 증가한다.

나. 홍반 형성

적외선에 의한 홍반은 자외선 홍반과 구별되는 독특한 특징을 가진다.

- **발생 양상:** 조사 즉시 나타나며, 얼룩덜룩한 망상 구조를 띤다.
- **지속성:** 자극이 제거되면 비교적 빨리 사라지나, 반복적인 노출 시에는 갈색의 멜라닌 색소 침착이 영구적으로 남을 수 있다.

다. 통증 완화 및 근육 이완

온열 자극은 감각 신경의 역치를 높여 진통 효과를 제공한다. 또한 근방추의 감도를 낮추어 근경련을 완화하고 관절의 강직을 줄여주는 역할을 한다.



4. 임상적 적용 지침

가. 주요 적응증

적외선 치료는 순환 증진과 통증 조절이 필요한 다양한 질환에 적용된다.

- 관절염(류마티스 및 퇴행성), 근육통, 건염, 안면신경마비(Bell's palsy), 만성 염증성 질환, 욕창, 신경통, 근경련, 활액낭염 등이 이에 해당한다.

나. 금기증 및 주의사항

열에 민감하거나 부작용 우려가 있는 경우 적용을 금해야 한다.

- **금기 대상:** 급성 염증 단계, 진행성 악성 종양, 출혈 위험이 있는 부위, 감각 저하 부위, 고열 환자, 심각한 말초혈관 질환자.
- **주의사항:** 안면부 치료 시에는 반드시 보안경이나 젖은 거즈로 환자의 눈을 보호해야 하며, 감각이 무딘 환자의 경우 화상 위험이 높으므로 빈번한 확인이 필요하다.

5. 치료 기술 및 절차

1. 환자 준비: 치료 부위를 노출시키고 피부 상태와 감각 이상 유무를 확인한다.
2. 거리 설정: 일반적으로 광원과 피부 사이의 거리는 45~60cm(18~24인치)를 유지한다. 고출력 장비의 경우 최대 30인치까지 거리를 둘 수 있다.
3. 조사 각도: 램버트의 코사인 법칙에 따라 광선이 피부에 수직(90도)으로 입사되도록 조절하는 것이 기본적이다. 이 각도에서 흡수 효율이 극대화된다.
4. 치료 시간: 급성기 이후의 일반적인 치료 시간은 15~30분 정도로 설정하며, 환자의 피드백에 따라 강도를 조절한다.
5. 종료 및 관찰: 치료 후 피부의 발적 상태를 확인하고, 환자가 어지러움이나 과도한 열감을 느끼지 않는지 점검한다.



제3장 자외선 치료 (Ultraviolet Therapy)

자외선 치료는 전자기파 스펙트럼 중 가시광선의 보라색 바깥쪽에 위치한 짧은 파장의 에너지를 이용하여 광화학적 반응을 유도하는 치료법이다. 열 효과보다는 화학적 변화와 생물학적 활성화에 중점을 둔다.

1. 자외선의 분류 및 물리학적 특성

자외선은 파장의 길이에 따라 크게 세 가지 영역으로 나뉘며, 각 영역은 신체에 미치는 영향이 각기 다르다.

구분	파장 범위	주요 별칭 및 특징
자외선 A (UVA)	315 ~ 400 nm	장파 자외선, 블랙 라이트. 색소 침착을 유도하며 광화학 요법에 주로 쓰인다.
자외선 B (UVB)	280 ~ 315 nm	중파 자외선, 홍반 형성 자외선. 비타민 D 합성과 홍반 형성에 가장 결정적인 역할을 한다.
자외선 C (UVC)	200 ~ 280 nm	단파 자외선, 살균 자외선. 강력한 에너지로 박테리아를 사멸시키며 욕창이나 감염된 상처 치료에 적용된다.

2. 자외선 발생 기구

치료 목적에 따라 다양한 수은 증기 방전등이 사용된다.

- 4. **고압 석영 수은등 (Hot Quartz Lamp):** 높은 내부 압력과 온도를 유지하며 UVA와 UVB를 고루 방출한다. 전신 치료에 적합하다.
- 5. **저압 석영 수은등 (Cold Quartz Lamp):** 온도가 낮고 파장의 90% 이상이 253.7nm(UVC)에 집중되어 살균 목적으로 탁월하다.
- 6. **크로마이어등 (Kromayer Lamp):** 수냉식 장치를 갖춘 고압 수은등으로, 피부에 직접 접촉하거나 체강 내부에 삽입하여 국소 부위를 치료할 때 사용한다.



3. 생리적 효과 및 반응

가. 홍반 형성 (Erythema)

자외선 조사의 가장 대표적인 반응으로, 적외선 홍반과 달리 다음과 같은 특징을 보인다.

- **잠복기:** 조사 후 즉시 나타나지 않고 보통 2~4시간의 잠복기를 거친 후 발현된다.
- **경계:** 조사된 부위와 그렇지 않은 부위의 경계가 뚜렷하다.
- **기전:** 히스타민 유사 물질이 방출(염증 반응)되어 모세혈관이 확장됨으로써 발생한다.

나. 자외선 홍반의 등급과 용량

치료 강도를 결정하기 위해 최소홍반용량(MED)을 측정하는 것이 필수적이다.

등급	반응 정도	지속 시간 및 특징
1도 홍반 (MED)	최소한의 분홍색 홍반	24시간 이내에 소실되며 통증이나 부종이 없다.
2도 홍반	뚜렷한 붉은색 홍반	48~72시간 지속되며 약간의 가려움과 피부 벗겨짐이 동반될 수 있다.
3도 홍반	심한 일광화상 수준	1주일 정도 지속되며 부종과 통증이 강하다. 국소 치료에만 사용한다.
4도 홍반	수포 형성 및 파괴	강한 발적과 함께 수포가 생기며 조직 파괴 위험이 있어 매우 제한적으로 사용한다.

다. 기타 생물학적 효과

- **색소 침착:** 멜라닌 세포의 활성화로 피부가 검게 변하며 자외선에 대한 내성을 키운다.
- **살균 작용:** 세포의 단백질을 응고시키고 핵산을 파괴하여 세균 증식을 억제한다.
- **상피 증식:** 표피 세포의 분열을 촉진하여 상처 치유를 돕는다.



4. 임상 적용 및 특수 요법

가. 주요 적응증

- **피부 질환:** 건선(Psoriasis), 백반증, 여드름, 만성 습진.
- **궤양 및 상처:** 욕창, 감염된 개방성 상처(UVC 활용).
- **구루병 및 골연화증:** 비타민 D 합성을 통한 칼슘 대사 조절.

나. 특수 요법

- **괴크만 요법 (Goeckerman regimen):** 타르 제제를 바른 후 자외선을 조사하여 건선을 치료하는 방법이다.
- **PUVA 요법:** 광감각제인 소라렌(Psoralen)을 복용하거나 바른 후 UVA를 조사하는 광화학 요법이다.

다. 금기 및 주의사항

- **금기:** 활동성 폐결핵, 심한 당뇨병, 광과민성 질환(루푸스 등), 최근 방사선 치료를 받은 부위.
- **주의:** 치료 시 환자와 치료사 모두 반드시 자외선 차단 보안경을 착용해야 하며, 보호되지 않은 부위는 타월이나 차단제로 가려야 한다.



제4장 레이저 치료 (Laser Therapy)

레이저는 '유도 방출에 의한 광증폭(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)'의 약자로, 자연계의 일반적인 광선과는 확연히 다른 물리적 성질을 가진 인공적인 광선이다. 의료 현장에서는 저출력 레이저를 이용한 조직 재생과 통증 완화, 그리고 고출력 레이저를 이용한 수술적 처치 등 폭넓은 영역에서 활용되고 있다.

1. 레이저의 고유한 물리적 특성

레이저는 특정 매질에 에너지를 가하여 방출되는 빛으로, 다음과 같은 네 가지 핵심적인 물리적 특징을 보유한다.

특성 명칭	상세 설명
단색성 (Monochromaticity)	단 한 가지의 파장만을 가지므로 매우 순수한 색을 띤다. 이는 특정 조직에만 선택적으로 에너지를 집중시킬 수 있게 한다.
간섭성 (Coherence)	방출되는 광자의 위상과 파동 형태가 시간적, 공간적으로 완전히 일치한다. 이로 인해 에너지가 분산되지 않고 강력한 힘을 유지한다.
지향성 (Collimation)	빛이 사방으로 퍼지지 않고 일정한 방향으로 평행하게 진행한다. 매우 좁은 빔의 형태를 유지하며 멀리까지 에너지를 전달한다.
고휘도 (High Brightness)	단위 면적당 에너지 밀도가 매우 높아 일반 광선에 비해 훨씬 강력한 광학적 에너지를 발생시킨다.

2. 레이저의 종류 및 파장대별 특성

물리치료 분야에서는 주로 비열 효과를 이용하는 저출력 레이저 치료(LLLT)가 널리 사용되며, 매질의 상태에 따라 다음과 같이 분류된다.

가. 헬륨-네온(He-Ne) 레이저

- 파장:** 632.8nm (가시광선 영역의 붉은색)
- 특징:** 기체 레이저의 일종으로, 침투 깊이는 약 0.8mm 정도로 얇으나 간접적인 영향으로 심부까지 에너지가 전달될 수 있다.
- 용도:** 주로 피부 상처의 치유 촉진, 만성 궤양, 피부 질환 치료에 적용된다.



나. 갈륨-아르세나이드(GaAs) 레이저

- **파장:** 904nm (근적외선 영역, 보이지 않음)
- **특징:** 반도체 레이저로, He-Ne 레이저보다 조직 침투력이 깊어 심부 근육이나 관절 부위 치료에 유리하다.
- **용도:** 근골격계 통증 완화, 심부 염증 조절.

다. 이산화탄소(CO2) 레이저

- **파장:** 10,600nm (원적외선 영역)
- **특징:** 매우 강력한 열 에너지를 발생시키며 수분에 잘 흡수된다.
- **용도:** 조직의 절개, 응고, 증발 등 수술적 목적으로 주로 사용되며 물리치료 영역보다는 외과적 처치에 쓰인다.

3. 생리적 효과 및 임상적 활용

레이저 에너지가 생체 조직에 흡수되면 세포 내의 미토콘드리아를 자극하여 ATP 생성을 촉진하고 세포 증식을 돕는다.

가. 조직 수복 및 재생

세포의 대사 활동을 활성화하여 콜라겐 합성을 증가시킨다. 이는 상처의 폐쇄를 앞당기고 인대나 힘줄 등 결합 조직의 회복 속도를 높이는 결과로 이어진다.

나. 통증 조절 및 항염증 반응

통증 유발 물질의 농도를 낮추고 신경 전도 속도에 변화를 주어 진통 효과를 제공한다. 또한 국소 혈류를 증가시켜 부종을 가라앉히고 염증 반응을 억제하는 데 탁월하다.

다. 주요 적응증

- 급성 및 만성 통증(요통, 경추통 등)
- 퇴행성 관절염 및 류마티스 관절염
- 스포츠 손상(염좌, 근육 파열)
- 욕창, 화상, 당뇨병성 궤양 등의 만성 상처
- 트리거 포인트(통증 유발점) 치료

4. 안전 관리 및 주의사항

레이저는 매우 집중된 에너지를 방출하므로 취급 시 엄격한 안전 수칙 준수가 요구된다.

- **시력 보호:** 레이저 빔이 직접 눈에 들어오거나 거울과 같은 반사체에 튕겨 눈으로 들어올 경우 망막에 치명적인 손상을 입힐 수 있다. 따라서 환자와 치료사 모두 전용 보안경을 반드시 착용해야 한다.
- **표시 및 경고:** 고출력 레이저 치료실 외부에는 가동 중임을 알리는 표지판을 설치하여 무단 출입을 통제해야 한다.
- **금기 사항:** 임산부의 복부, 영유아의 골단판(뼈끝판, 성장판), 암 환자의 종양 부위, 간질 환자에게는 적용을 금한다. 특히 눈이나 갑상샘 방향으로 직접 조사하지 않도록 주의한다.