Laser-Tissue Interactions & Bio-Effects

AL-Hadara University College |
Assist Lect. ISMAEL GHNEI

Lecture Modules & Key Topics

1. Optical Physics

Tissue interactions: absorption, scattering, reflection, and transmission.
التفاعلات الضوئية الأربعة مع الأنسجة.

2. Photochemical

Chemical reactions and molecular alterations induced by absorbed photons.
التفاعلات الكيميائية الضوئية في الخلايا.

3. Photothermal

Photocoagulation, protein denaturation, and thermal sealing mechanisms.
التخثر الضوئي والتأثيرات الحرارية للبروتين.

4. Biostimulation

Photobiomodulation for healing, pain relief, and collagen synthesis.
التحفيز الحيوي الضوئي وتجديد الكولاجين.

5. Photodisruption

Plasma formation and acoustic shock waves from ultrashort laser pulses.
التفتيت الضوئي غير الحراري وتشكيل البلازما.

6. Ocular Safety

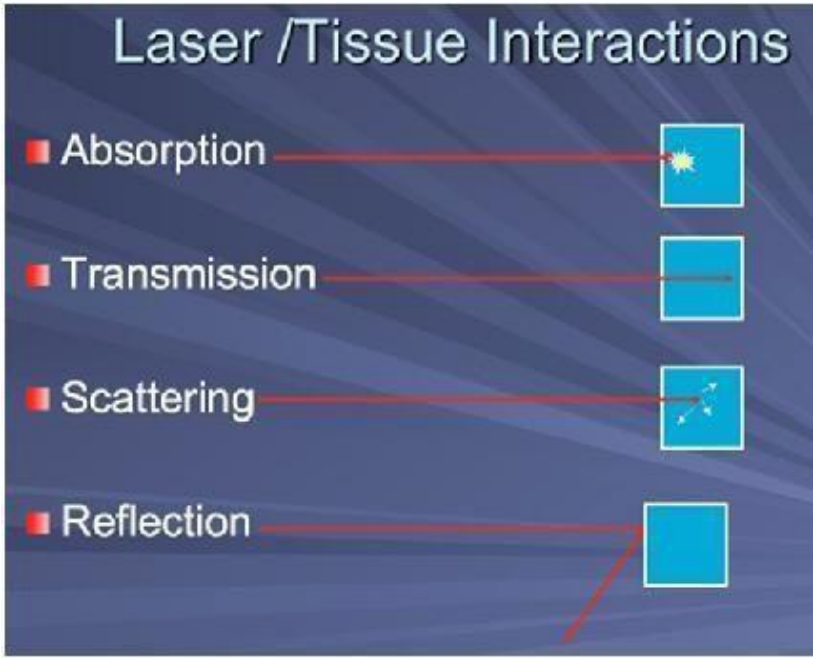
Eye vulnerabilities, fovea hazards, and optical density safety protocols.
إصابات العين ومعايير الحماية الإشعاعية.

01

Laser-Tissue Interactions

Fundamental optical responses when monochromatic radiation strikes human tissue.

الاستجابة البصرية الأولية عند ملامسة الليزر للأنسجة.



Four Optical Paths

As laser reaches the skin, it interacts via absorption, transmission, scattering, or reflection.

عندما يصل شعاع الليزر إلى الجلد، فإنه يتفاعل عبر أحد المسارات: الامتصاص، النفاذ، التشتت، أو الانعكاس السطحي.

Absorption & Chromophores

A chromophore is the molecular part responsible for color. It absorbs specific laser wavelengths, converting absorbed light energy directly into thermal heat.

الكروموفور هو الجزء الجزيئي المسؤول عن اللون؛ يمتص أطوالا موجية محددة ويحول طاقة الضوء الممتصة إلى حرارة داخل الأنسجة.

Selective absorption allows targeted thermal coagulation in aesthetic medicine, targeting melanin or vascular targets while sparing surrounding tissue.

يتيح الامتصاص الانتقائي معالجة تجميلية دقيقة للأنسجة المستهدفة دون إلحاق الضرر بالأنسجة المجاورة.

Transmission & Scattering

Transmission allows laser energy to pass through transparent tissue without deposition, treating deeper areas such as passing through the lens to reach the retina.

النفاذ يسمح لطاقة الليزر
بالمرور عبر الأنسجة الشفافة
دون امتصاص للوصول إلى أهداف
أعمق كالشبكية عبر العدسة.

Scattering spreads laser rays in random directions within tissue. Reflection bounces light off the surface without tissue penetration, useful to calculate absorbed dose.

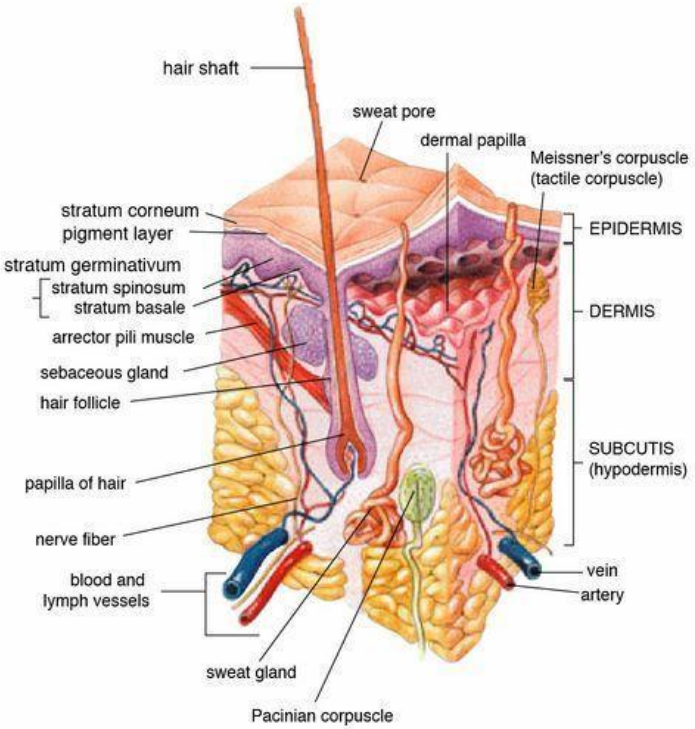
التشتت يوزع الحزمة في اتجاهات
عشوائية، بينما الانعكاس يرتد
دون اختراق ويفيد في حساب كمية
الطاقة الممتصة.

02

Biological Effects

How laser energy transforms biological structures through photochemical, thermal, and mechanical pathways.

الآليات الحيوية لتأثير الليزر على الأنسجة الحية.



Photochemical Reactions

Chemical reactions initiated by light absorption to create new molecular states. Molecules fall apart, rearrange, combine, or transfer electrons without thermal damage.

تفاعلات كيميائية تبدأ بامتصاص الضوء
لتكوين جزيئات ذات خواص جديدة
كالانشطار ونقل الإلكترونات دون حرارة.

Photocoagulation

Photocoagulation occurs with argon and krypton thermal lasers. Pigmented tissue absorbs light, warming 10 to 20 degrees Celsius to denature proteins.

يحدث التخثر الضوئي بليزر الأرغون والكريبتون؛ يمتص النسيج الصبغي الضوء وترتفع حرارته 10-20 درجة مئوية لتخثير البروتين.



Photocoagulation Dynamics

Pigment Dependency

Requires melanin or pigment; without it, photocoagulation does not occur.
يتطلب وجود صبغة الميلانين لحدوث الامتصاص.

Thermal Denaturation

Warming tissue by 10-20 C denatures structural proteins.
تسخين الأنسجة بمقدار 10-20 درجة يؤدي لمسخ البروتينات.

Vascular Sealing

Coagulates blood, creating adhesions and sealing leakages in retinal disease.
تخثير الدم وغلق التسريبات الوعائية في أمراض الشبكية.



Photobiomodulation

Photobiomodulation uses low-level light to accelerate healing, boost blood circulation, minimize pain, and increase collagen synthesis.

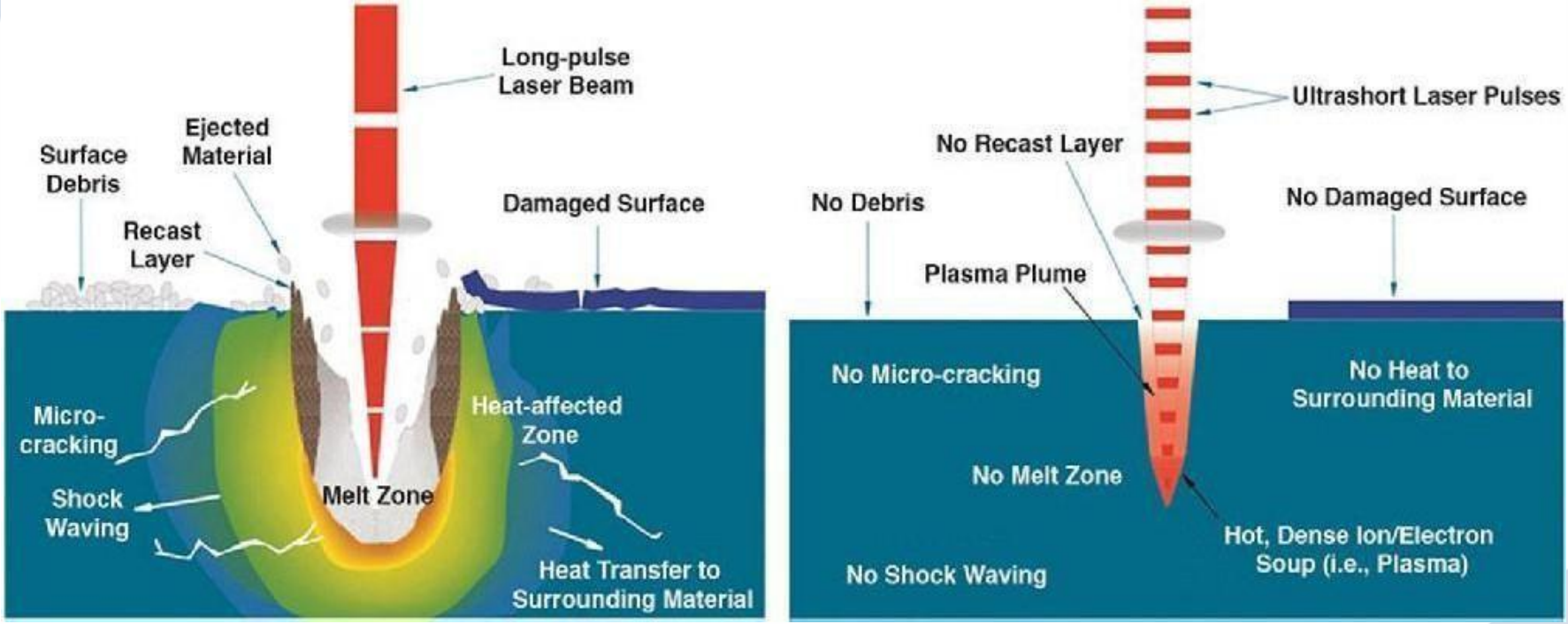
التحفيز الحيوي الضوئي يسرع التئام الجروح، ينشط الدورة الدموية، يسكن الألم، ويزيد إنتاج ألياف الكولاجين.

03

Photodisruptive Ablation

Ultra-fast laser pulses stripping electrons to create ionized plasma without heat.

التفتيت الضوئي النبضي الفائق وتكوين البلازما دون أضرار حرارية.


Long-pulse
Laser Beam
Ejected
Material
Surface
Debris
Recast
Layer
Damaged Surface
Micro-
cracking
Heat-affected
Zone
Shock
Waving
Melt Zone
Heat Transfer to
Surrounding Material
Ultrashort Laser Pulses
No Recast Layer
No Debris
No Damaged Surface
Plasma Plume
No Micro-cracking
No Heat to
Surrounding Material
No Melt Zone
Hot, Dense Ion/Electron
Soup (i.e., Plasma)
No Shock Waving

Plasma Ionization Physics

Ultrashort laser pulses deliver massive energy into tiny focal spots in nanoseconds to picoseconds. Electrons oscillate, strip from nuclei, and produce an ionized state called plasma.

النبضات متناهية القصر تفرغ طاقة هائلة في نقاط تركيز دقيقة خلال نانو أو بيكوثانية، مما ينتزع الإلكترونات مكونا البلازما.

Although localized temperatures reach 15,000 degrees Celsius instantaneously, heat dissipates outward so rapidly that the process is considered strictly non-thermal.

رغم وصول الحرارة الموضعية لحظيا مئوية، إلا أن تبددها 15,000إلى الفائق يجعل العملية غير حرارية دون تلف محيطي.

Acoustic Disruption Forces

Photodisruption produces acoustic pulses (sound shock waves) propagating outward in all directions. These mechanical forces precisely break target biological tissues without melting.

يولد التفتيت الضوئي نبضات صوتية وموجات صدمية تنتشر بجميع الاتجاهات، مفتتة النسيج ميكانيكيا دون صهر سطحي.

In aesthetic and ophthalmic surgery, ultrashort pulses prevent recast layers, surface debris, and micro-cracking, preserving tissue integrity.

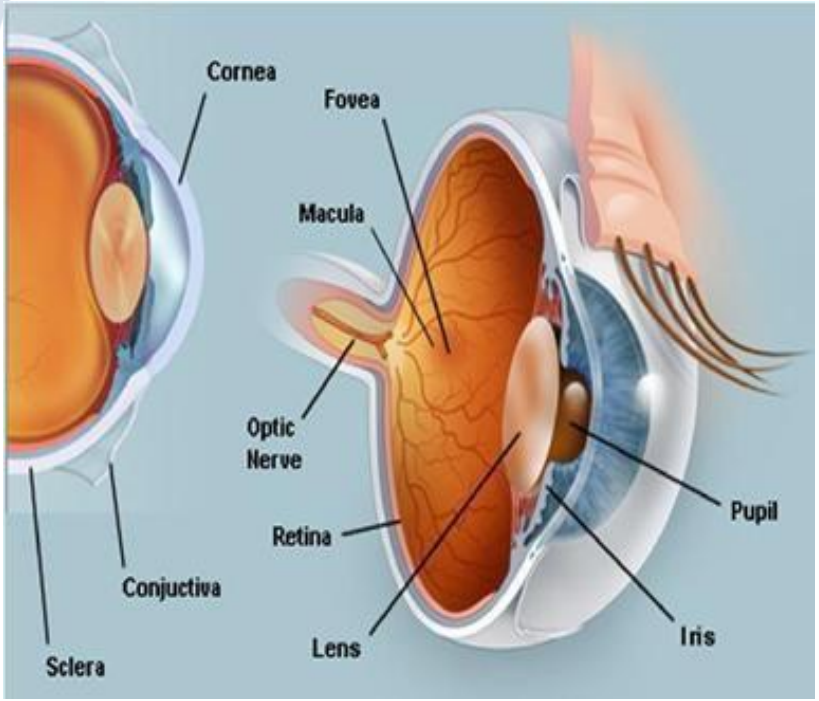
في التطبيقات التجميلية والجراحية، تمنع النبضات الفائقة تشكل الشقوق الدقيقة والطبقات المحترقة المعاد تشكلها.

04

Eye Injuries & Hazards

Ocular anatomy, optical amplification hazards, and laser damage to internal eye structures.

مخاطر الليزر على العين البشرية وآليات التضخيم البصري.



Eye Anatomy Overview

Light enters through transparent cornea layers and is focused by the lens onto the retina. Components like the cornea, lens, and retina are highly susceptible to laser damage.

يدخل الضوء عبر طبقات القرنية الشفافة وتركزه العدسة على الشبكية، وهي أجزاء حساسة جدا لإصابات الليزر.

100,000x

Light energy intensification on the retina by the eye lens

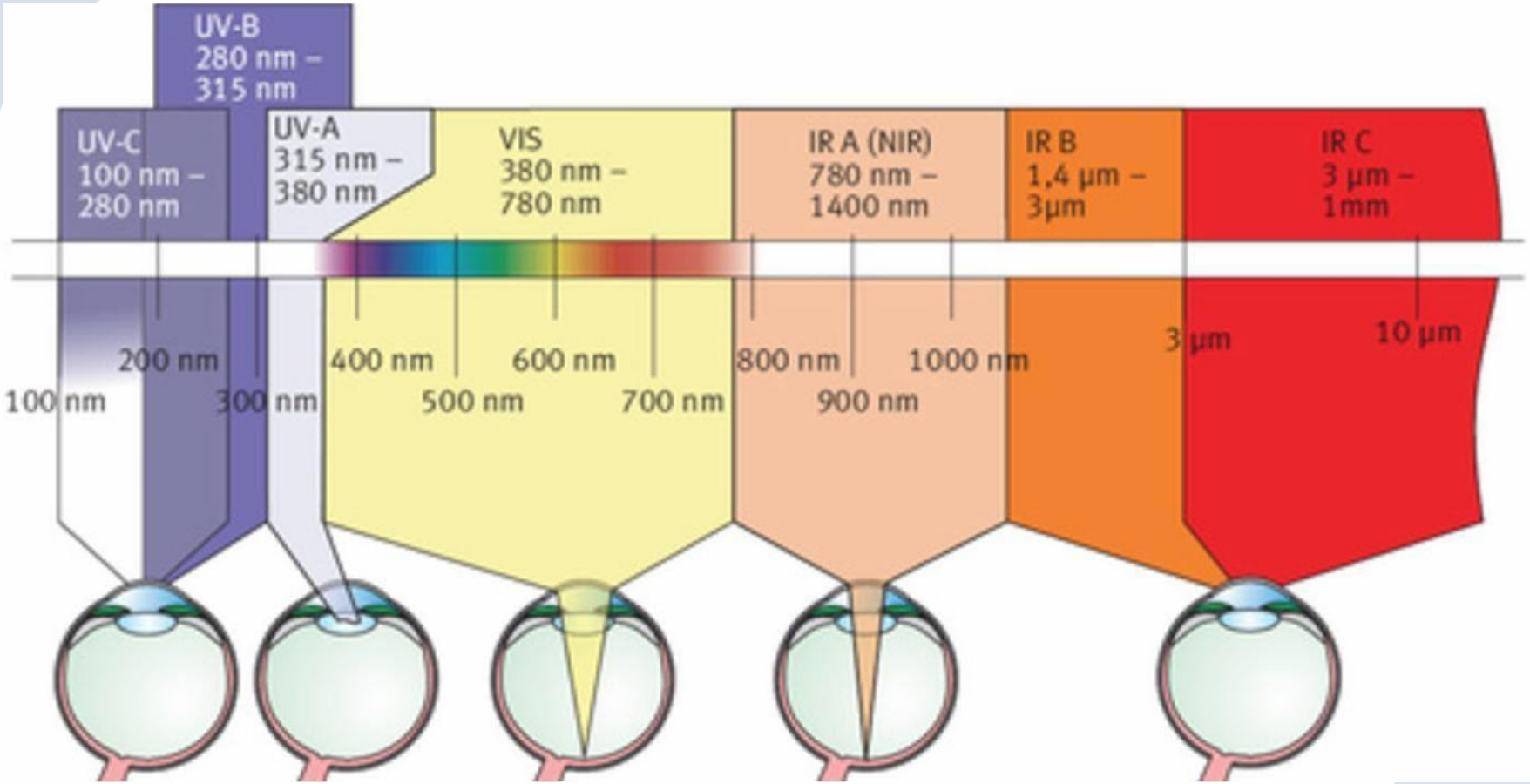
Fovea & Cornea Hazards

The fovea is a tiny retinal area (~4%) responsible for acute, central, and color vision. Irreversible laser damage here causes severe, permanent loss of sight.

النقرة(Fovea) تشكل حوالي 4%
من الشبكية ومسؤولة عن الرؤية
الحادة والألوان؛ أي ضرر فيها
يسبب فقدانا دائما للبصر.

The cornea is a curved transparent structure focusing light. An irradiance of 1 mW/cm2 entering the cornea intensifies up to 100 W/cm2 upon the retina.

القرنية نسيج شفاف محدب يركز
مللي 1الضوء؛ شدة إشعاع قدرها
عند القرنية تتضاعف إلى 2سم/واط
100 على الشبكية 2سم/واط.


UV-B
280 nm –
315 nm
UV-C
100 nm –
280 nm
UV-A
315 nm –
380 nm
VIS
380 nm –
780 nm
IR A (NIR)
780 nm –
1400 nm
IR B
1,4 µm –
3µm
IR C
3 µm –
1mm
100 nm
200 nm
300 nm
400 nm
500 nm
600 nm
700 nm
800 nm
900 nm
1000 nm
3 µm
10 µm

Wavelength Penetration Depth

1

UV-C & UV-B (100-315 nm)

Absorbed mostly by the cornea and anterior lens.
تمتصها القرنية وعدسة العين السطحية.

2

UV-A (315-380 nm)

Transmits deeper and is absorbed within the ocular lens.
تصل بعمق أكبر وتمتص داخل عدسة العين.

3

Visible & NIR (380-1400 nm)

Transmits through ocular media, focusing directly on retina.
تنفذ مباشرة وتركزها العدسة على الشبكية(أخطر نطاق).

4

Mid & Far IR (1.4 um -1 mm)

Absorbed on the surface of the cornea causing flash burns.
تمتصها القرنية سطحيا مسببة حروقا قرنية.



Laser Safety Eyewear (EN 207)

Proper protective eyewear with calibrated optical density (OD) matching the specific laser wavelength is mandatory in aesthetic clinics to prevent irreversible ocular damage.

ارتداء نظارات الحماية المطابقة للطول الموجي والكثافة البصرية إلزامي في عيادات الليزر لحماية العين من العمى الدائم.

Thank You | Questions & Discussion

Dept. of Aesthetic & Laser Tech | AL-Hadara University