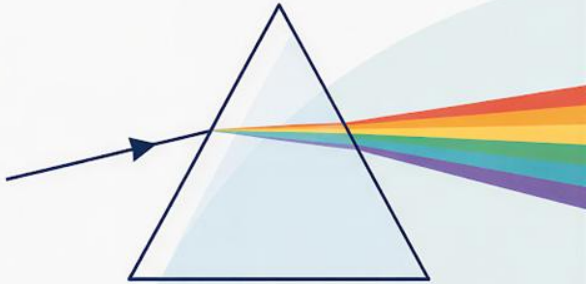
Laser Physics & Skin Interactions

AL-Hadara University College | Assist. Lect. Ismael A. Ghnei

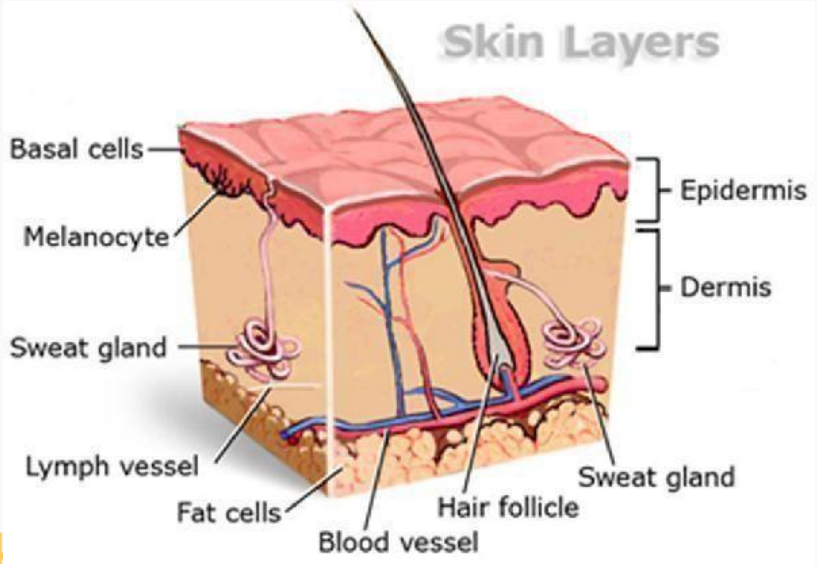




Lecture Overview & Objectives

This lecture covers skin structure, laser interaction mechanisms, optical dosimetry, and safety.

تغطي هذه المحاضرة بنية الجلد، آليات تفاعل الليزر مع الأنسجة، القياسات البصرية وجرعات الطاقة، وإجراءات السلامة السريرية.



Epidermis Anatomy

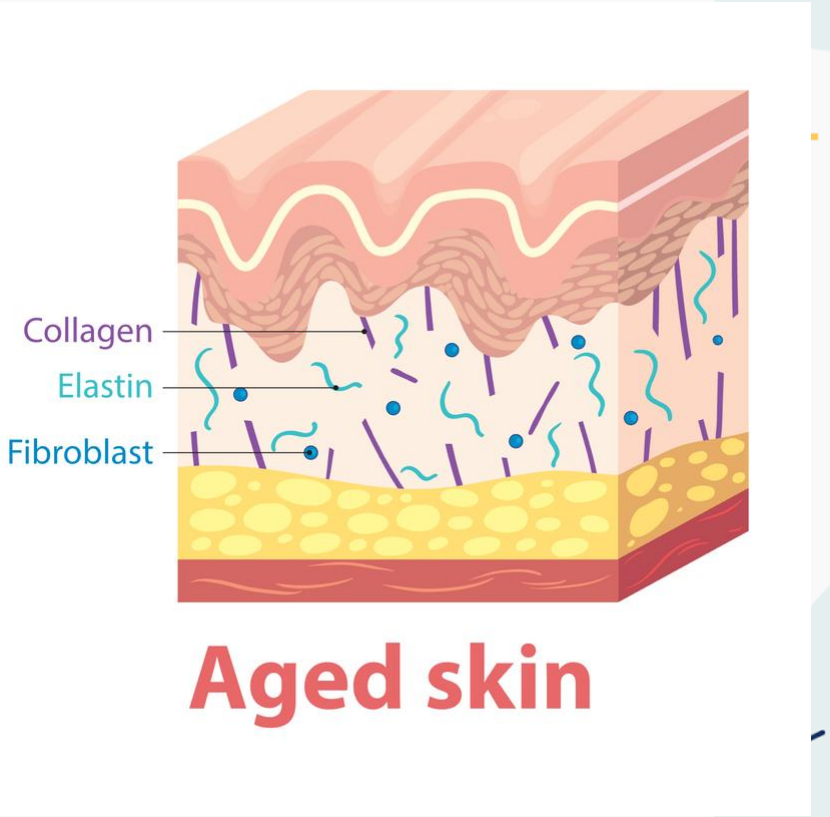
The skin consists of the epidermis and dermis. The outermost layer of dead cells is 8 to 20 micrometers thick, shielding against water loss and dust. The total epidermis averages 0.1 mm.

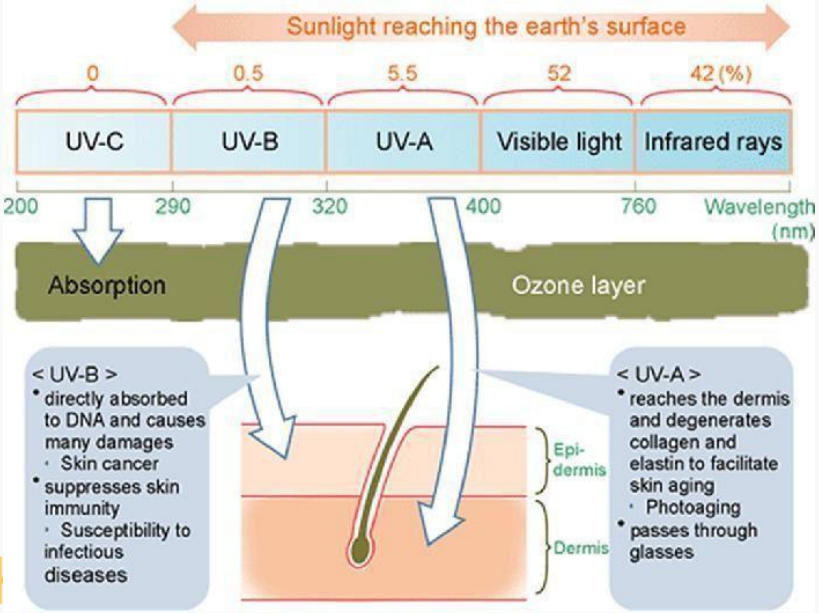
يبلغ .يتكون الجلد من البشرة والأدمة
8سمك طبقة الخلايا الميتة الخارجية
ميكرومتر، وتحمي من فقدان الماء 20إلى
ملم 0.1والغبار، ومتوسط سمك البشرة.

Melanin Defense System

Specialized melanocyte cells in the epidermis produce melanin to shield the underlying dermis from ultraviolet radiation. Melanin darkens upon absorption and determines skin pigmentation.

تنتج خلايا الميلانين في البشرة صبغة تحمي الأدمة من الأشعة فوق البنفسجية، وتتحول إلى لون داكن عند الامتصاص وتحدد لون البشرة.





Optical Absorption

Skin reflects most visible and IR-A light. Epidermis absorbs strongly at UV-B, UV-C, IR-B, and IR-C. Sufficient laser power and duration can penetrate this barrier to cause internal damage.

يعكس الجلد معظم الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة، بينما تمتص البشرة بقوة موجات UV وIR العالية، والقدرة تخترق هذا الحاجز لتحدث ضرراً داخلياً.

Photochemical UV Hazards

UV-B (290-320 nm) is directly absorbed by DNA, causing photochemical erythema, sunburn, immune suppression, and increased skin cancer risks.

تمتص جزيئات الحمض النووي أشعة UV-B مباشرة مسببة حمامى ضوئية كيميائية، وحروق شمس، وتثبيط المناعة، ومخاطر سرطانية.

UV-A (320-400 nm) penetrates deeper into the dermis, degrades collagen and elastin fibers, and accelerates premature photoaging.

تخترق أشعة UV-A بعمق نحو الأدمة، مما يؤدي إلى تحلل ألياف الكولاجين والإيلاستين وتسريع الشيخوخة الضوئية للجلد.

Laser-Induced Effects

Thermal Effects

Tissue vaporization and coagulation at 10.6 micrometers (CO_2 laser), used in excision and cutting.

تبخير وتخثر الأنسجة عند 10.6 ميكرومتر لليزر ثاني أكسيد الكربون، ويستخدم للقطع والاستئصال الجراحي.

Photochemical Effects

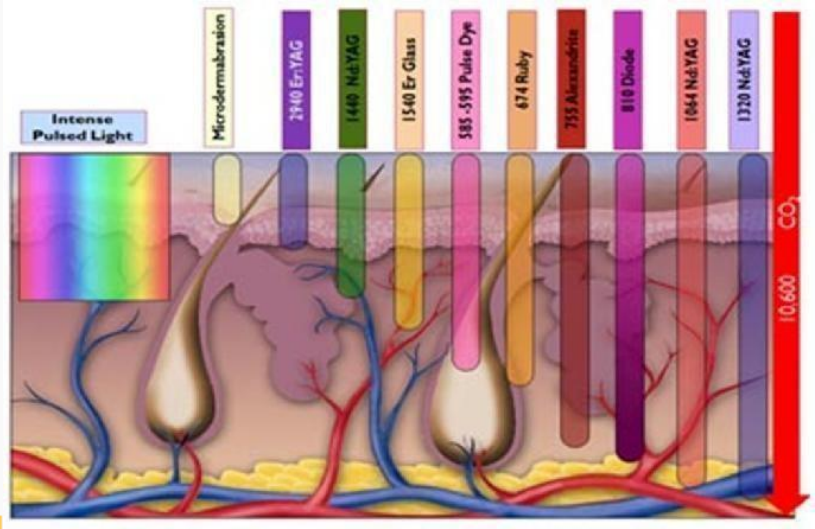
UV-B and UV-C cause free radicals and DNA damage, leading to sunburn and skin aging.

تسبب أشعة UV-B و UV-C أضراراً للحمض النووي وتكوين الجذور الحرة، مسببة الحروق وشيخوخة الجلد.

Photoacoustic Effects

Shock waves generated at 532-1064 nm to fragment tattoo pigments without thermal spreading.

موجات صدمية متولدة عند 532-1064 نانومتر لتفتيت أصباغ الوشم دون انتشار حراري للأنسجة المجاورة.



Penetration Depths

Wavelength controls skin penetration depth. CO2 (10,600 nm) and Er:YAG (2940 nm) act superficially via water absorption. Nd:YAG (1064 nm) penetrates deep into the dermis.

يعمل .يحدد الطول الموجي عمق الاختراق
سطحياً لامتصاص Er:YAGو CO2 ليزر
الأدمة Nd:YAGالماء، بينما يخترق
العميقة.

01

Laser Dosimetry

Physical parameters governing medical laser interaction and precise tissue targeting.

المعايير الفيزيائية الحاكمة لتفاعل ليزر الجراحة والاستهداف النسيجي الدقيق.

Thermal Relaxation Time

TRT is the time needed for the target to dissipate 63% of incident thermal energy. It depends on chromophore size: nanoseconds for tattoos to milliseconds for leg venules.

زمن الاسترخاء الحراري هو الوقت اللازم لتشتيت 63% من الطاقة الحرارية. يرتبط بحجم الهدف: نانو ثانية للوشم وملي ثانية للأوردة.

Thermomodulation is the ability of low-energy light to upregulate cellular biological activity without causing thermal injury or tissue damage.

التعديل الحراري الضوئي هو قدرة الضوء منخفض الطاقة على تحفيز الأنشطة البيولوجية الخلوية دون إحداث إصابة أو ضرر نسيجي.

Energy Fluence & Power

Energy Fluence represents the laser energy delivered in a single pulse per unit area, measured in Joules per square centimeter (J/cm^2).

تدفق الطاقة يمثل كمية طاقة الليزر المسلمة في النبضة الواحدة لكل وحدة مساحة، ويقاس بالجول لكل سنتيمتر مربع(J/cm^2).

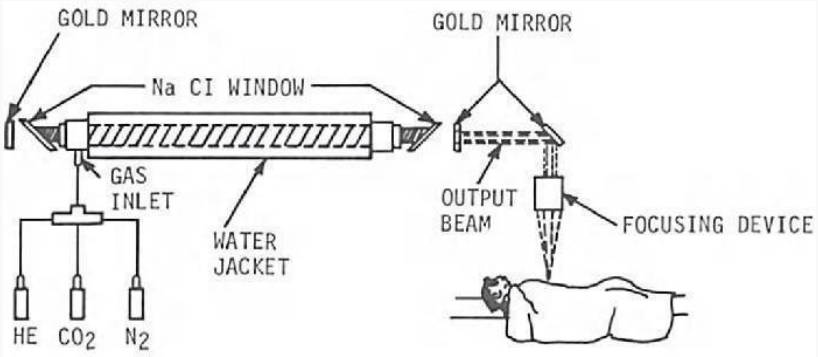
Power Density (irradiance) is the incident laser power delivered per unit surface area, expressed in Watts per square centimeter (W/cm^2).

هي (الشدة الإشعاعية)كثافة القدرة مقدار قدرة الليزر الساقطة على وحدة المساحة السطحية، ويعبر عنها بالواط لكل سنتيمتر مربع (W/cm^2).

Extinction Length

Extinction length is the thickness of tissue necessary to absorb 98% of incident laser energy. A shorter extinction length produces precise superficial ablation.

طول الانقراض هو سمك المادة أو النسيج اللازم لامتصاص 98% من طاقة الليزر الساقطة، وقصر هذا الطول يتيح كشطاً سطحياً دقيقاً للغاية.





Q-Switch Technology

A Q-Switch uses an optical device such as a Pockels cell to store and rapidly release laser energy, generating ultra-short pulses (5-100 ns) with extremely high peak power.

Q-Switchيستخدم مفتاح التحويل البصري
خلية بوكلز لتخزين طاقة الليزر
(5-100 نانوثانية) وإطلاقها بنبضات فائقة القصر
وبقدرات ذروة هائلة.



Photoacoustic Effect

Q-switched pulses create mechanical shock waves that shatter melanin and tattoo ink into fragments, removed safely by lymphatic phagocytes.

تولد نبضات الليزر موجة ميكانيكية صدمية تفتت الميلانين وحبيبات الوشم إلى جزيئات مجهرية تبتلعها الخلايا اللمفاوية بأمان.

Selective Photothermolysis

This microsurgical technique targets chromophores by matching laser wavelength and pulse duration to target TRT, preventing damage to adjacent tissue.

تقنية جراحية دقيقة تستهدف الأنسجة بمطابقة الطول الموجي وزمن النبضة مع زمن الاسترخاء الحراري، مما يدمر الهدف دون إتلاف الأنسجة المجاورة.

Clinical Laser Types

CO2 Laser (10.6 um)

Heavily absorbed by water. Ideal for tissue ablation, skin resurfacing, and mole excision.

يمتصه ماء الأنسجة بكفاءة عالية، ومثالي للكشط الجراحي، وتجديد سطح الجلد، واستئصال الشامات.

Nd:YAG (1064 nm)

Deep penetration with moderate melanin absorption. Used for vascular lesions and hair removal.

اختراق نسيجي عميق وامتصاص معتدل للميلانين، ويستخدم لعلاج الآفات الوعائية وإزالة الشعر للبشرة الداكنة.

Alexandrite (755 nm)

High melanin absorption. Highly effective for rapid hair reduction and benign pigment lesions.

امتصاص عالي للميلانين، وفعال للغاية في تقليل الشعر غير المرغوب فيه وعلاج التصبغات الحميدة.

CO2 Laser Architecture

The surgical CO2 laser contains He, N2, and CO2 gases in a cooled tube. Gold-coated mirrors direct the 10.6 micrometer beam through an articulated delivery arm onto tissue.

الجراحي على غازات CO2يحتوي ليزر
الهيليوم والنيتروجين وثاني أكسيد
الكربون داخل أنبوب مبرد، وتوجه
مرايا الذهب الحزمة بدقة نحو الأنسجة.





Wavelength Eyewear

Eye damage from lasers is irreversible. Protective eyewear must be strictly wavelength-specific, certified under EN 207 standards, and worn by all personnel.

يجب .تلف العين بالليزر غير قابل للشفاء
أن تكون النظارات مخصصة لطول موجي محدد
ومعتمدة طبياً، مع التزام تام بارتدائها
.في غرفة العلاج

Clinical Safety Rules

01 Eyewear Compliance

Always wear wavelength-specific protective eyewear for staff and patients.

ارتداء نظارات واقية متطابقة مع الطول الموجي لجميع الحاضرين والمريض.

02 Skin Shielding

Avoid direct exposure of unprotected skin and use transparent protective shields.

تجنب تعريض الجلد غير المحمي واستخدام حواجز شفافة أثناء الإجراء.

03 Parameter Calibration

Adjust power, duration, and spot size precisely for the specific tissue type.

ضبط القدرة، زمن النبضة، وبؤرة الإشعاع بدقة حسب نوع النسيج المعالج.

04 Environmental Control

Maintain controlled laser access zones, smoke evacuators, and warning signs.

الحفاظ على مناطق تحكم مخصصة، أنظمة شفط الدخان، ولوحات تحذير معتمدة.

Skin vs. Ocular Hazards

Skin risks are secondary because superficial injuries affect replaceable dead epidermal cells, and penetrating thermal lesions usually heal with time.

تعد مخاطر الجلد ثانوية لأن الإصابات السطحية تصيب خلايا البشرة الميتة القابلة للتجدد، وحتى الأضرار الأعمق تلتئم تدريجياً.

Ocular hazards are severe and permanent because the ocular lens focuses laser beams onto the retina, multiplying power density by up to 100,000 times.

مخاطر العين شديدة ودائمة لأن عدسة العين تركز حزم الليزر مباشرة على الشبكية، مضاعفة كثافة القدرة إلى 100 ألف ضعف.

Summary & Discussion

Dept. of Aesthetic & Laser Technology | Ismael A. Ghnei

إسماعيل احمد .م.م |قسم تقنيات التجميل والليزر