

Fototerapie

Fyzikální terapie II



Dagmar Králová

6.3.2012

FSpSMU, Brno



Osnova:

- definice světla a jeho klasifikace, vyčlenění optického spektra a jeho klasifikace, faktory ovlivňující účinnost světla, klasifikace fototerapie dle Poděbradského;
 - fototerapie nepolarizovaným světlem, UVA, UVB, UVC – charakteristika, obecné a terapeutické účinky, I/KI;
-

- viditelné záření (chromatoterapie) – charakteristika, obecné a terapeutické účinky, I/KI, metodika aplikace;
 - IRA, IRB, IRC – charakteristika, obecné a terapeutické účinky, I/KI, metodika aplikace;
-

- fototerapie polarizovaným světlem (laser) – definice, charakteristika, obecné a terapeutické účinky, I/KI, metodika aplikace;
-

- polarizované světlo (biolampa) – definice, charakteristika, obecné a terapeutické účinky, I/KI, metodika aplikace.

Světlo:

- *elektromagnetické záření (EMZ) o různé vlnové délce, s dalšími specifickými vlastnostmi;*

Figure 14.1 An electromagnetic wave consists of an alternating electric field (E) and an alternating magnetic field (B).

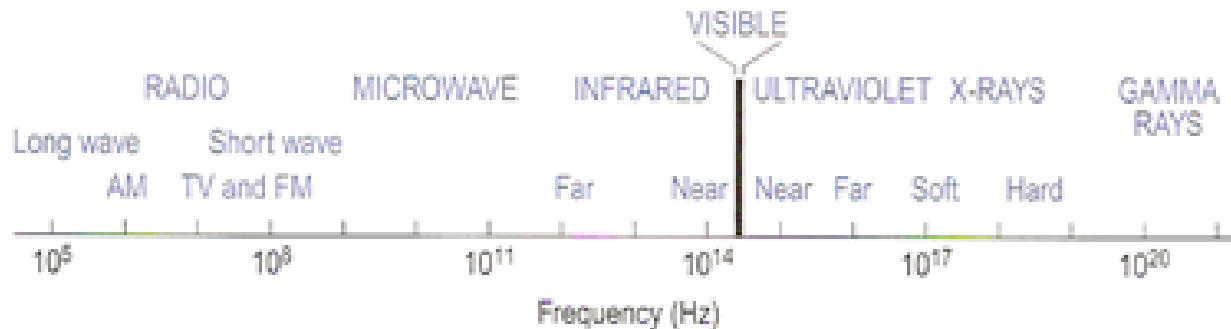
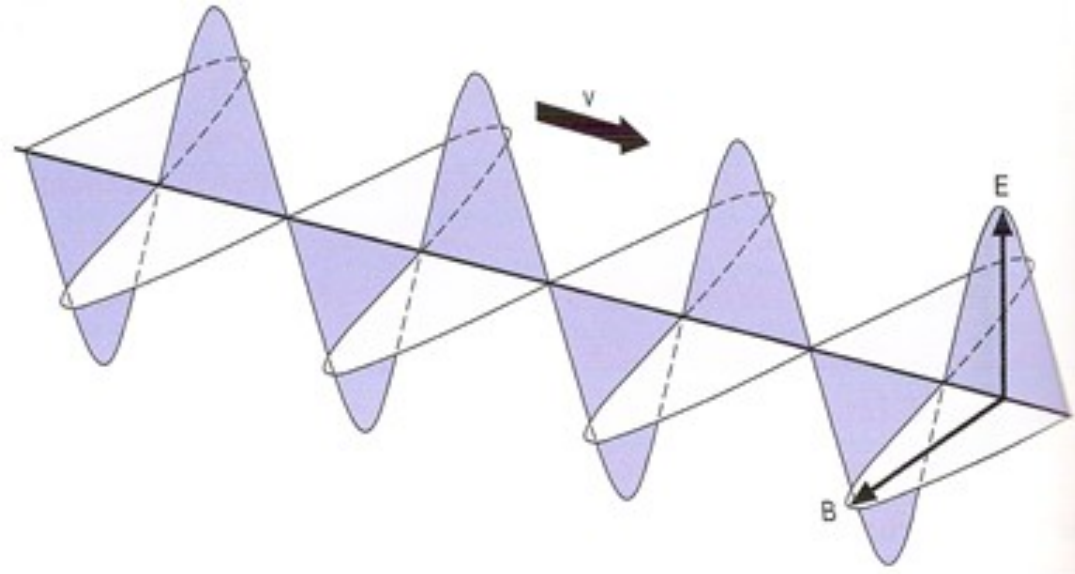
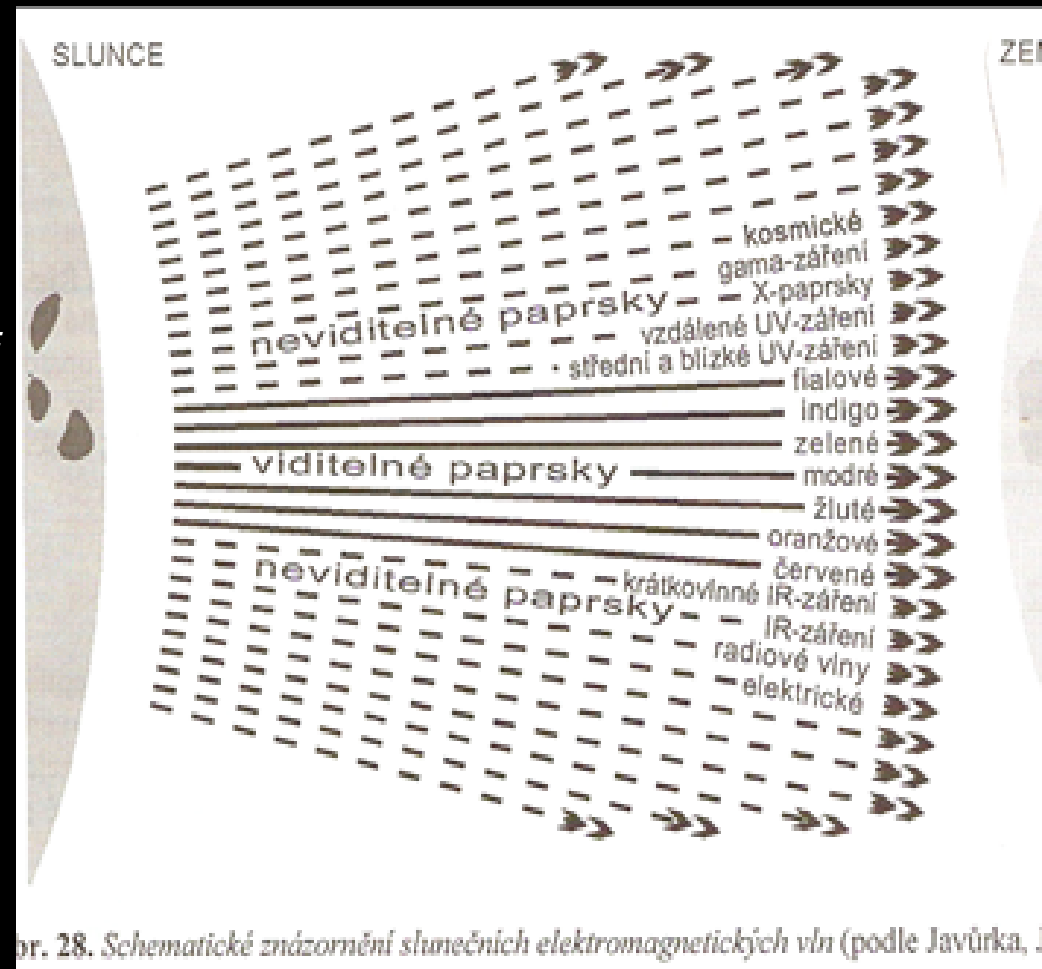


Figure 14.2 The electromagnetic spectrum.

Význam světla:

- význam již ve starověku (škodlivost x prospěšnost – historie);
- helioterapie od starověkého Řecka a Říma, největší rozkvět pak v 1. polovině 19. století;



obr. 28. Schematické znázornění slunečních elektromagnetických vln (podle Javůrka, J.)

Fototerapie:

- součást FT využívající léčebný účinek optického spektra, které navazuje na mikrovlny a končí UV zářením, na které pak navazuje rtg záření;
- **OPTICKÉ SPEKTRUM (OS)** je část EMZ vykazující charakteristické fyzikální vlastnosti (odraz, lom, ohyb,...);
- dle fyziologických a biologických účinků dělíme OS na:

Tab. 11. Dělení optického záření

infračervené záření (IR)			viditelné světlo	ultrafialové záření (UV)		
C	B	A		A	B	C
3000	1400	760	400	315	280	nm

Pásmo:	IR-A	blízké	UV-A	délhovělnné
	IR-B	střední	UV-B	středněvlnné
	IR-C	vzdálené	UV-C	krátkovělnné

Faktory ovlivňující účinnost světla:

- $E_{\text{fotonu}} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, liší se dle vlnové délky;
- intenzita záření = množství E dopadající na jednotku plochy kolmou na paprsek záření (W/cm^2);
- délka ozáření;
- velikost ozařované plochy;
- absorpční schopnosti tkání;
- reaktivita organismu.

Dělení fototerapie dle Poděbradského:

Fototerapie nepolarizovaným zářením (od nejkratší vlnové délky):

- UVC, UVB, UVA;
- viditelné záření;
- IRA, IRB, IRC.

Fototerapie polarizovaným zářením:

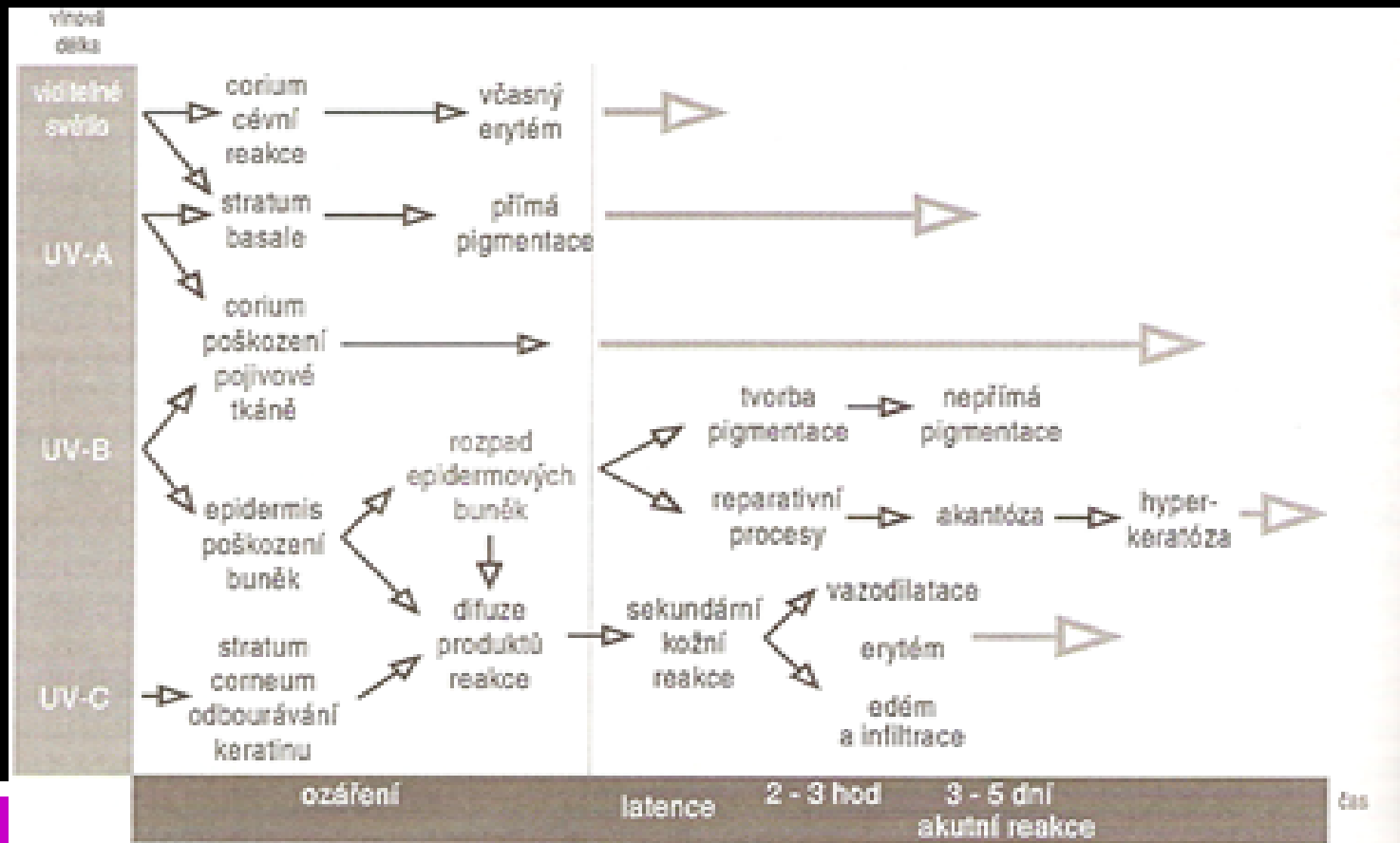
- LASER;
- biolampa;
- fotokoloroterapie.

The background features a dark, almost black, area on the left that transitions into a series of bright, white, diagonal light rays on the right, creating a sense of depth and movement. At the bottom of the image, there is a solid, vibrant pink horizontal bar.

Fototerapie nepolarizovaným zářením

UV záření (charakteristika, obecné a terapeutické účinky):

- část OS do 400 nm s hlubším průnikem než viditelná část OS a IR (obecné pravidlo, že čím kratší vlnová délka, tím hlubší průnik??? ne zcela podložené).



Obr. 30. Místo a druh primární reakce kůže na záření různých vlnových délek (podle Kolesára, J.)

specifické biologické účinky pozitivní - tvorba aktivního vitamínu D z ergosterolu (7-dehydrocholesterol - derivát cholesterolu);
specifické účinky negativní - odbourávání bílkovin, podíl na tvorbě kožního Ca,...

Tab. 13. *Přímé účinky UV-záření (podle Kolesára, J.)*

<i>Vlnová délka (nm)</i>	<i>Účinek</i>
pod 260	hemolýza in vitro
okolo 260	inaktivace virů
230 - 300	usmrcování bakterií
230 - 300	oxidace dopa - tyrozinu
240 - 300	odbourávání bílkovin
okolo 300	katarakta
250 - 310	tvorba vitamínu D
260 - 315	poškození nukleových kyselin
230 - 320	tvorba vazodilatačních látek (H-látek)
230 - 320	erytém
200 - 320	sekundární pigmentace
230 - 320	kožní karcinom
300 - 400	podporování růstu rostlin
300 - 500	zvýšení oxido-redukčního potenciálu
300 - 430	přímá (primární) pigmentace

UVC:

- vlnová délka pod 280 nm;
- přirozené UVC se absorbuje v atmosféře – ozón;
- uměle se získává pro baktericidní účinek;
- biologicky způsobuje denaturaci, koagulaci a vysrážení bílkovin, usmrcování bakterií...

UVB:

- vlnová délka v rozmezí 280 – 315 nm;
- vyvolává erytém (2 typy dle 2 vlnových délek) a následně nepřímou pigmentaci

UVA:

- vlnová délka v rozmezí 315 – 400 nm;
- přímá pigmentace bez předchozího ozáření (tvorba melaninu v nejhlubší vrstvě epidermis po předchozím poškození DNA)

I/KI

Indikace

- kožní choroby;
- prevence rachitidy;
- snížená výkonnost, únavnost;
- anémie;
- neuritidy a neuralgie;
- rhinitis vasomotorica, pollinosa, AB.

Kontraindikace

- fotoalergie;
- sluneční ekzém;
- porfyrie (pcha metabolismu červených krvinek);
- lupus erythematodes;
- akutní infekční onemocnění;
- vředová choroba;
- stavy po předcházející rtg;
- ataka polyartritidy.

Dávkování UV záření:

- první dávka trojnásobek prahové erytémové dávky;
- v praxi od 30 s až po 10 minut, step 1 minuta;
- 10x v jedné kúře opakující se po dvou měsících.

Tab. 15. Orientační tabulka indikací léčby UV-světlem

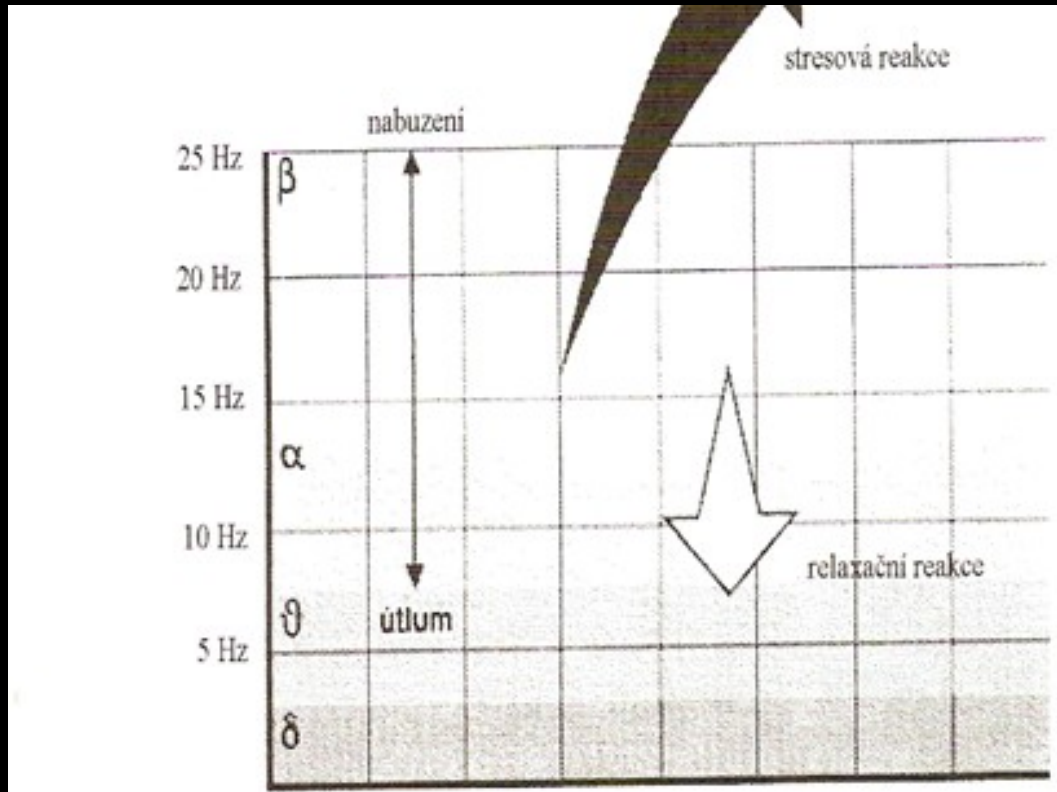
Diagnóza	Počet procedur v týdnu	Celkový počet procedur
křivice, osteomalacie, osteoporóza	2 - 3 při prevenci 1	10, pak přestávka a opakování procedur
prevence eklampsie	1	
lumbago, arthralgie a neuralgie	1 - 3 plus políčková metoda	podle potřeby
hojící se rány, vředy, dekubity	1 - 3	podle potřeby
hypochromní anémie	a) 2 b) 3	10 6, měsíc přestávka a opakování procedur
nechutenství, astenie, rekonvalescence	2	10 - 12
psoriáza	5 - 6	podle potřeby
akné, dermatomykózy, pityriáza, lichen, hidradenitis axillaris	2 - 5	podle potřeby
preventivní ozařování, kosmetické hledisko, časté drobné úrazy kůže	5 - 7	15

Viditelné záření (charakteristika, obecné a terapeutické účinky):

- elmag záření o vlnové délce 400 – 760 nm (od fialové po červenou barvu);
- barvy ovlivňují tkáně nejen díky vizuálním podnětům, ale i nevizuálním (ANS);
- přirozené x umělé světlo (pozitiva i negativa);
- vliv na biorytmy a cyklické děje (hypothalamus – endogenní řídicí centrum biorytmů);
- melatoninový signál (epifýza) se chová jako biologické hodiny a tím řídí cirkadiánní rytmy – řízen centrálně (větší množství neurohumorálních vstupů), synchronizován s vnějšími vlivy retinohypothalamickou cestou (SAD);

Viditelné záření (charakteristika, obecné a terapeutické účinky):

- AVS (vlny β , α – psychická regenerace a generalizovaná svalová relaxace hlavně kosterního svalstva, ϑ – hluboká svalová relaxace, δ);
- střídání plného bdění – relaxace – spánku je podmíněno synchronizací obou hemisfér (desynchronizace vede k pchám v oblasti korové a somatoviscerální).



Obr. 9.2 Stresová reakce (hyperbeta) jako příčina neschopnosti relaxace

IČ záření (charakteristika, obecné a terapeutické účinky):

- *elmag vlnění o rozmezí od 760 nm – 1 mm (dle různých literatur);*
- *je vyzařováno z každého teplého tělesa (limit je absolutní nula - 273,15 K) a stejně tak při pohlcení IČ záření je vyzařováno teplo;*
- *teplota vyšší než nula způsobuje různé vibrace molekul v těle (díky nim pak vzniká IČ - termokamera), charakter vibrace se liší dle vlnové délky a zároveň vlnová délka ovlivňuje charakter vibrací – jsou specifické;*

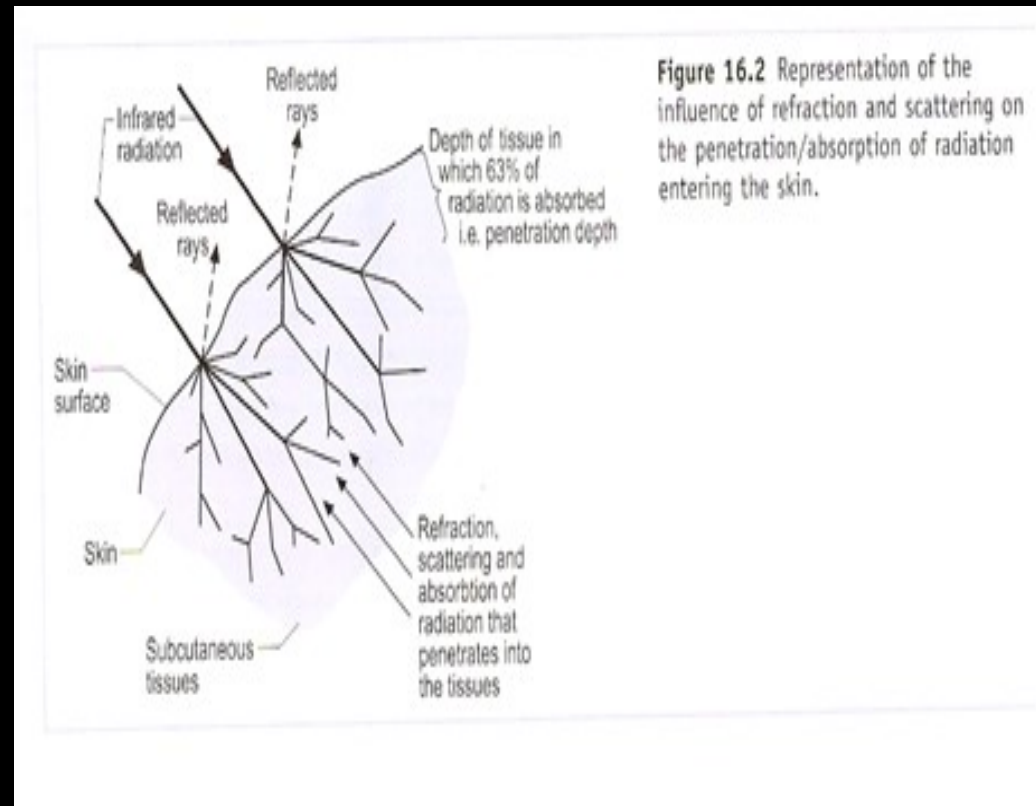


Figure 16.2 Representation of the influence of refraction and scattering on the penetration/absorption of radiation entering the skin.

Klasifikace IČ záření:

- dle různých literatur na krátkovlnné (760 – 1500 nm) a dlouhovlnné (1500 nm a více);
- IRA (760 – 1400 nm) – součást slunečního světla, minimální pohlcení vodou, odraz 20 – 40 % od epidermis, část i do podkoží;
- IRB (1400 – 3000 nm) – zdrojem různé typy žárovek, proniká sklem, téměř plně absorbován vodou, 10 – 20 % odraz od epidermis;
- IRC (nad 3000 nm) – zdrojem různá topná tělesa, pohlcováno vodou i sklem, 2 – 3 % odraz od epidermis;
- v terapii IRA x IRB, červený a modrý filtr;
- účinek je vazodilatace místní, ale i reflexní.

Průnik IČ záření:

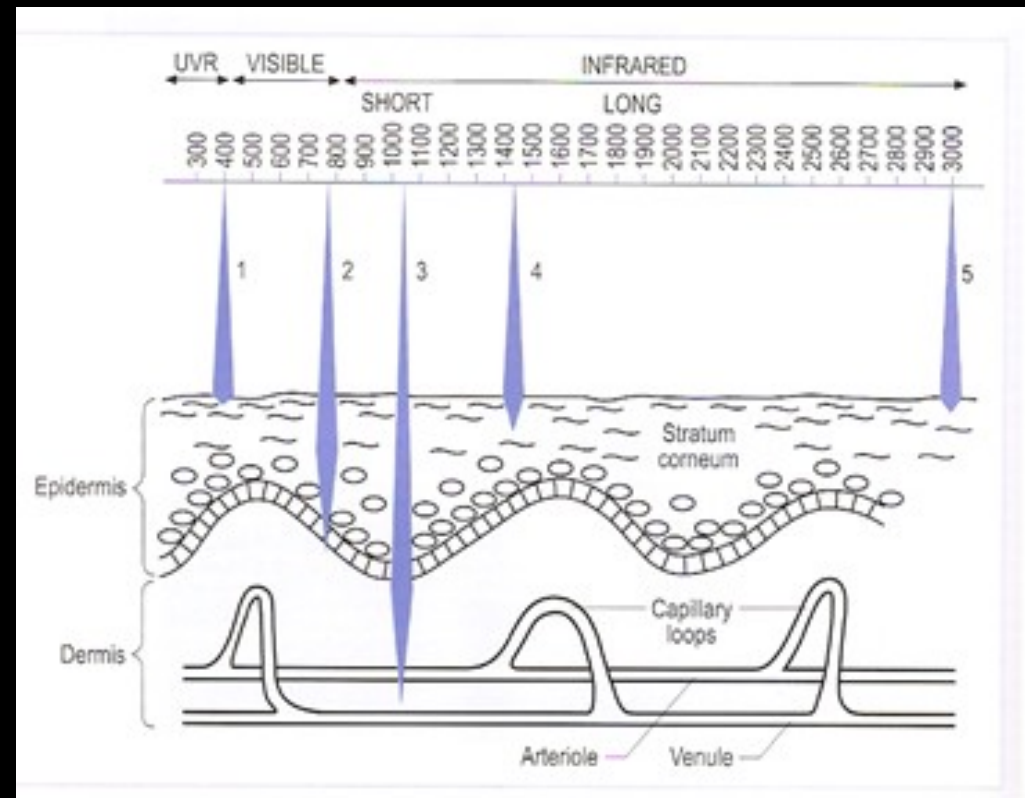
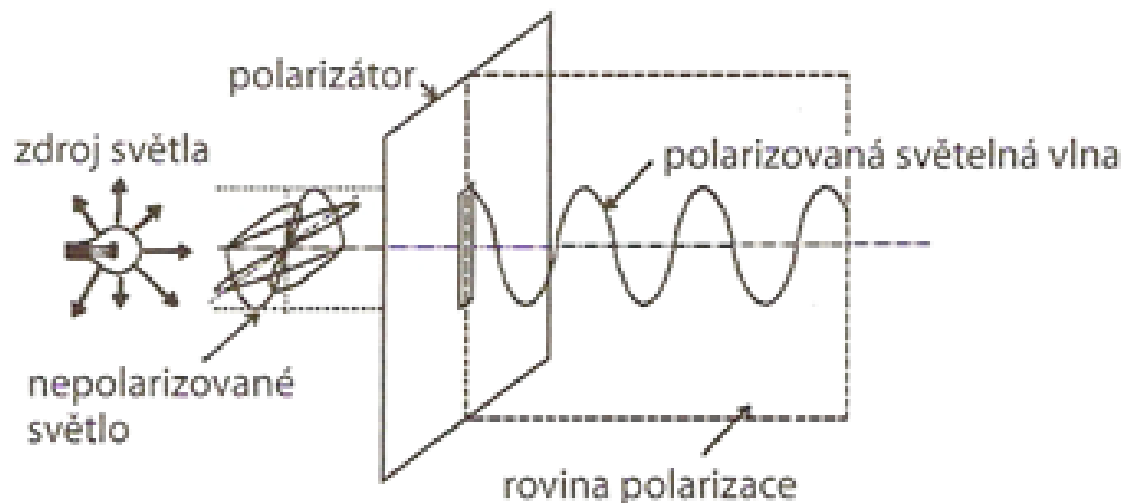


Table 16.2 Penetration depths of infrared from different authors

Source	Penetration depth (mm)	Wavelength (nm)
King (1989)	2-4	800-900
Harlen (1982)	3	'short IR'
Ward (2004)	'few'	1200
Nightingale (1959)	0.36	1100
Gourgouliatos (1990)	5-10	1200
Laurens (1933)	1-2.5	'near IR'



Obr. 9.3 Polarizace světla (obecně). Po průchodu polarizátorem pokračují pouze elektromagnetické vlny v jediné rovině.

Fototerapie polarizovaným zářením

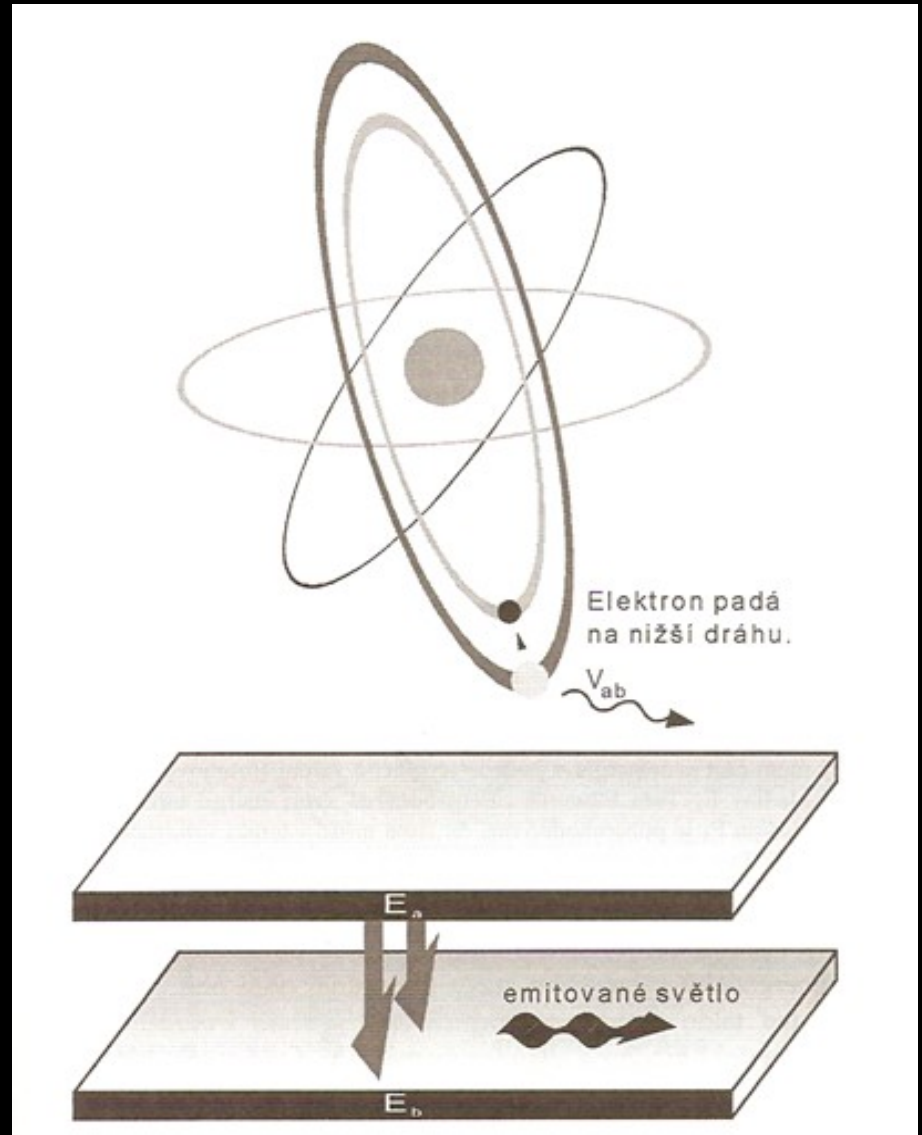
LASER:

- Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation = světlo zesilované pomocí stimulované emise záření;
- optický zdroj elmag záření;
- patří k dlouhovlnnému - viditelnému i IČ záření - dle specifické vlnové délky;
- fyzikální princip využívá zákonů kvantové mechaniky a termodynamiky.

Fyzikální princip:

- základ v hypotéze o výměně energie při záření;
- proces spontánní emise – při vyzáření jednoho fotonu padá elektron zpět na svou nižší úroveň;
- dále děje, které mohou nastat při dopadu světelného kvanta na atomový systém:

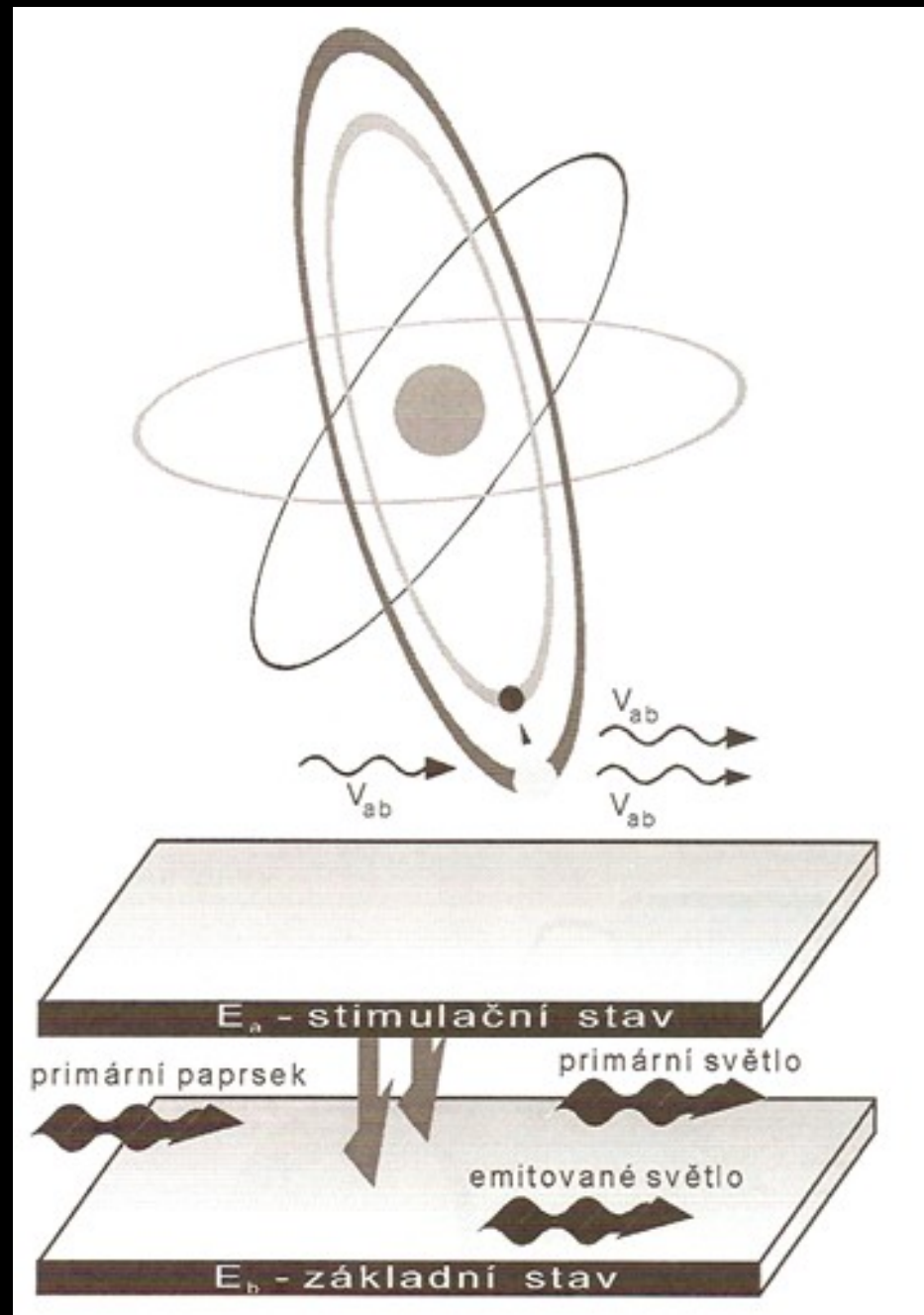
ABSORPCE: zvýšení E atomového systému přijetím světelného kvanta (jeho hodnota musí být stejná jako rozdíl E hladin atomu), následuje spontánní emise.



STIMULOVANÁ EMISE:

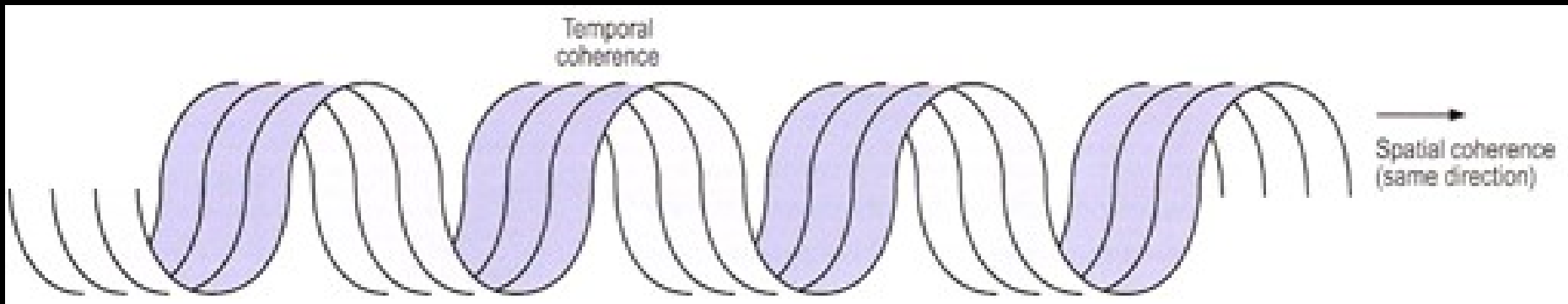
propuštění dopadajícího světelného kvanta a navíc vyzáření stejného kvanta E atomovým systémem, který je v excitovaném stavu (po vyzáření kvanta jde do nižšího E stavu).

Je to tedy proces, kdy se fotonem indukuje rozpad stimulované energetické úrovně. při tom se vyrobí druhý foton stejné fáze a vlnové délky.

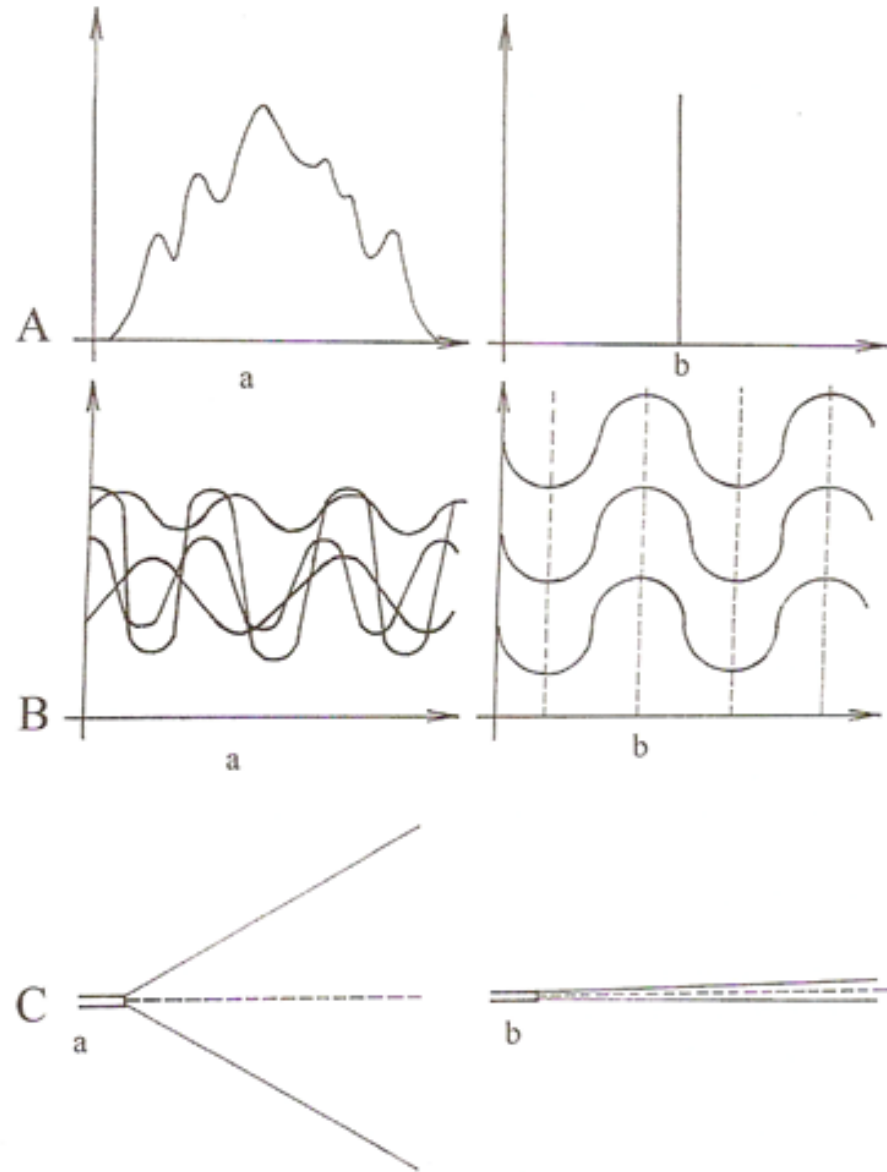


Vlastnosti a neurofyzilogický princip:

- MONOCHROMATIČNOST;
- KOHERENCE – temporal coherence;
- NON-DIVERGENCE – spatial coherence;
- polarizace;
- tyto vlastnosti mnohonásobně zvyšují E paprsku laseru než projde do tkáně;
- po jeho průchodu tkáněmi některé vlastnosti zanikají (oba typy koherence) a zachována je jen monochromazie a frekvence!!!



Rozdíl mezi světelným a laserovým paprskem



Obr. 9.4 Rozdíly mezi světelným (a) a laserovým (b) paprskem: A - vlnová délka, B - koherence, C - nondivergence

Hloubka průniku:

Efektivní hloubka průniku

Relativní hloubka průniku

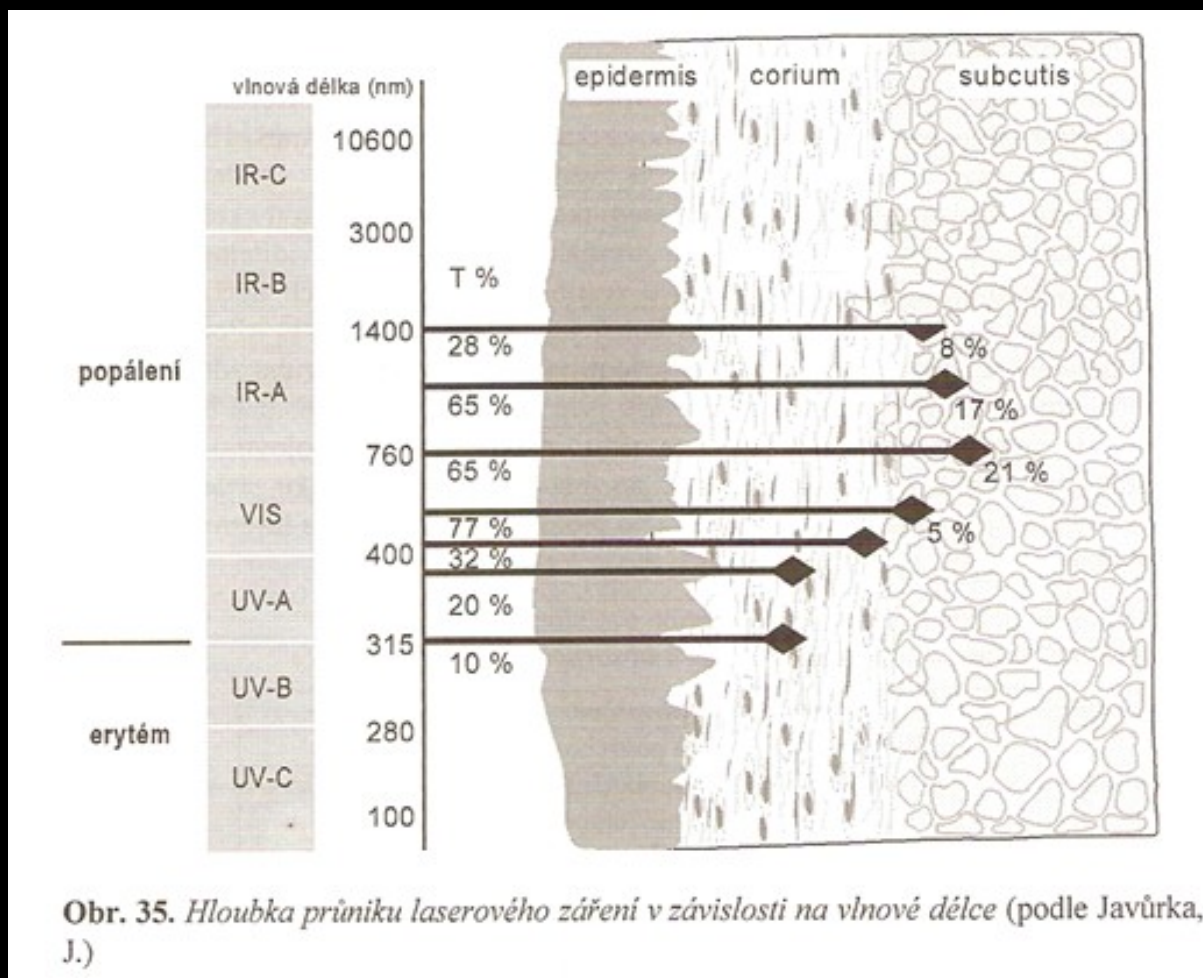
je určena:

- optickou citlivostí tkáně;
- optickou vlastností tkáně;
- výkonem laseru;
- dobou ozáření;
- vln. délkou laserového paprsku;
- jeho geometrickým uspořádáním.

Tab. 9.1 Polopropustná vrstva některých laserů

druh laseru	vlnová délka (nm)	polopropustná vrstva (mm)
CO ₂	10 600	0,3
NdYAG	1064	8
dioda	904	8
dioda	890	10
dioda	830	14
dioda	780	12
dioda	670	5
dioda	650	5
dioda	635	3
dioda	633	3
NdYAG	532	0,7

Hloubka průniku do biologické tkáně:



Dělení laserů:

V pevné fázi: vzbuzení nejčastěji světelným zářením (krystal rubínu,...).

Plynové lasery: vzbuzení nejčastěji elektronovými srážkami ve výboji (He-Ne, vlnová délka 632,8 nm , malý rozptyl E, malá ztráta E při rostoucí vzdálenosti od ozař. tkáně, spektrální čistota – při nízkých intenzitách vysoká účinnost.

Iontové lasery.

Molekulové plynové lasery.

Chemické lasery.

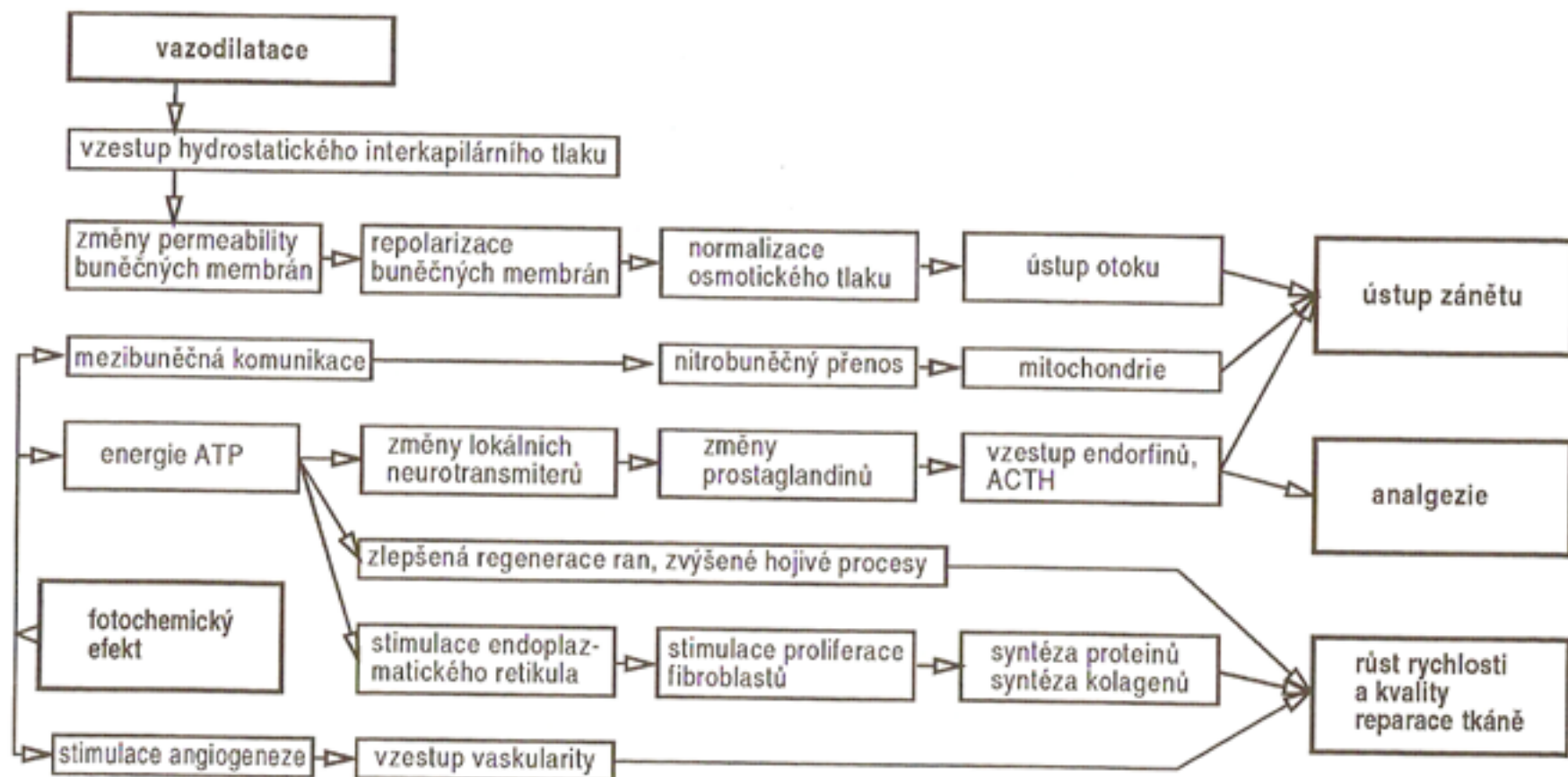
Diodové: od r. 1982, ve vln. délkách 532 – 1060 nm.

Rentgenové lasery: ve fázi vývoje.

Hlavice: bodová, cluster, scanner.

Účinky:

- **termický** – místní zvýšení teploty tkání v závislosti na vln. délce, E a režimu, max. o 0,5 – 1 °C;
- **fotchemický** – biochemické rce po absorpci záření (viz dále);
- *biostimulační* – „přímý trofotropní“, dodání E bkám v E deficitu chromatofory v mitochondriích do obnovy jejich krevního zásobení, také aktivace tvorby kolagenu (pevnost v tahu), novotvorba cév, regenerace bb v mitóze v ozářené tkáni;
- *protizánětlivý* – aktivace monocytů a makrofágů zvýšenou fagocytózou a proliferací lymfocytů, pokles prostaglandinu E₂, urychlení hojivého procesu přeměnou fibroblastů na myofibroblasty;
- *analgetický* – uvolnění endorfinů, protizánětlivý účinek, stimulace resorpce edému a **normalizace lokálního pH**, svalová relaxace a zlepšení mikrocirkulace, uvolnění serotoninu a endogenních opiátů po zvýšení prahu dráždění na cholinergních synapsích.



Dávkování:

- první aplikace do 4 J/cm^2 ;
- další aplikace se stepem, který je u akutních stádiích pozvolnější než u chronických, záleží i na účinku, kterého chceme docílit a hloubce ošetřovaného místa;
- u akutních stádií doporučováno do $10 - 15 \text{ J/cm}^2$, u chronických i do 48 J/cm^2 (Robertson 2006);
- řídit se ale obecnými zásadami a individuálně dle stavu. Viz obr.

Summary of dosage parameters

- Wavelength
 - fixed for a given laser
 - choice can affect the depth of penetration (note: 1–2 mm for He-Ne versus 3–4 mm for GaAlAs)
- Area treated
 - cross-section of single beam
 - repeated applications of single beam
 - continuous movement of single beam (scanning)
 - collection of laser diodes (cluster diode probes)
- Mean power (in mW)
 - fixed
 - variable by laser control
 - by pulsing
- Duration of application (in seconds)
 - determines the energy density in Jcm^{-2}
- Pulsing (in Hz) – may have special effects
- Frequency of treatment – unknown and should be regulated by results.

Aplikační technika:

Nastavení parametrů individuálně ke stavu pacienta.

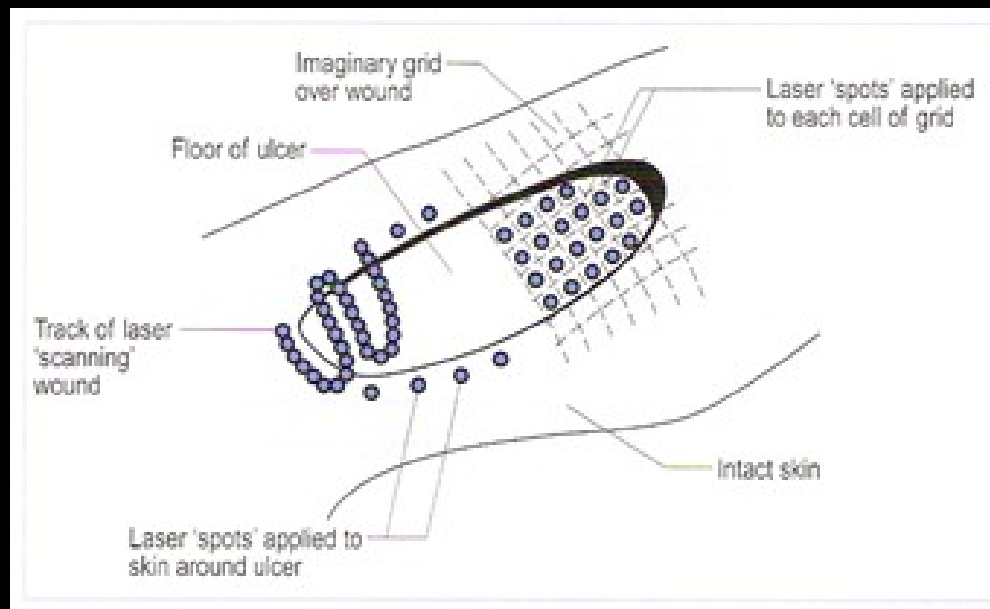
Očištění místa aplikace.

Bezpečnostní brýle.

Způsob aplikace:

- bodová;
- plošná (scan, rastrování).

Dostatečná vzdálenost hlavičky od místa aplikace (i otevřené rány).



Parametry:

<i>Indikace</i>	<i>Doporučená frekvence (Hz)</i>
biostimulační efekt	0 - 10
analgetický efekt	10 - 25
antiedematozní efekt	20 - 50
protizánětlivý efekt	50 - 99

- velikost ozařované plochy;
- metoda aplikace;
- režim (pulzní x kontinuální);
- frekvence (dle účinku???, dle stádia);
- procedury i několikrát denně;
- délka kúry (2-3 dny primární hojení jizev – několik měsíců u popálenin).

Bezpečnostní opatření:

- řídí se vyhláškou č.125 ze dne 17.2. 1982 Českého úřadu bezpečnosti práce, „Směrnici o hygienických zásadách při práci s lasery“ MZ;
- rozdělení laserů do bezpečnostních tříd viz obrázky - soft lasery do 200 mW- 500 mW;
- v místnosti žádné odrazové plochy, bezpečnostní nálepky a světlo napojené na zámek dveří, kdy při rozsvícení nelze vstoupit dovnitř, zvenku ne klika, ale koule;
- ochranné brýle pro terapeuta i pacienta;
- terapeut musí být zaškolený a mít osvědčení o způsobilosti pracovat s laserem, preventivní vyšetření zraku každé dva roky;
- řídit se pokyny výrobce;
- provozní řád.

Table 16.4 Classification of lasers

Class	Power	Effect	Usage
1	Low	None on eye or skin	Laser pointer Barcode reader
2	Low up to 1 mW	Safe on skin. Eyes protected by aversion response	Therapeutic lasers Laser pointer
3A	Low-medium up to 5 mW	Viewing with optical aids may be hazardous	Therapeutic lasers Laser pointer
3B	Medium up to 500 mW	Viewing may be hazardous	Therapeutic lasers
4 & 5	High over 500 mW	Hazardous to skin and eye	Destructive – surgical

Indikace / KI

HOJENÍ TKÁNÍ (kůže, sliznice, podkoží, fascie, sval, vazivo – čím povrchovější tkáň, tím větší šance na úspěch při terapii)

- jizvy;
- dekubity a vředy;
- popáleniny;
- chronické ekzémy;
- gingivitida, paradentóza, afty, herpes, po extrakcích zubů;

BOLESTIVÉ FČNÍ I STRUKTURÁLNÍ PCHY
PA kombinované s TP a AP

PCHY VEDENÍ NERVOVÉHO VZRUCHU
(periferní parézy – útlak x přerušování???)

RESORPCE EDÉMŮ - vazodilatace

- ozáření očí a štítné žlázy;
- fotodermatózy;
- 4 – 6 měsíců po radioterapii;
- epilepsie;
- maligní tumory;
- horečka;
- ozáření břicha v těhotenství a při menstruaci

Biolampa:

- polarizované světlo polychromatické, většinou s odstraněním UV z OS;
- předpoklad, že pro biostimulaci je důležitá hlavně polarizace;
- větší bezpečnost při použití, možnost ozářit větší plochu;
- vhodné pro domácí léčbu;
- vzdálenost ozařované plochy od zdroje závisí na výkonu biolampy a na doporučení výrobcem;
- většinou se ozařuje 5 minut i několikrát denně;
- indikováno při poranění kožního krytu a jakýchkoliv defektech kůže s respektováním hygienických opatření, při zánětlivých stavech sliznice (ORL).

Fotokoloroterapie:

- polarizované záření viditelného spektra;
- alternativní metoda vycházející z předpokladu propojení sedmi hlavních čakr (energetických center těla) s barvami;
- všechny čakry by měly být ve vzájemné rovnováze;
- bezpečná metoda, absence rizika poškození pacienta, účinky zatím nejasné;
- při aplikaci osvitit buď E centra či speciální programy, postupovat kaudokraniálně, nejdříve 1 minuta ráno a večer + step, aplikace denně;
- doplňková terapie;
- podrobnější info viz Poděbradský.

Literatura:

Poděbradský, J. – Poděbradská, R. *Fyzikální terapie. Manuál a algoritmy*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2899-5.

Capko, J. *Základy fyziatrické léčby*. Praha: Grada, 1998.

Robertson, V.: *Electrotherapy Explained, Principles and Practice*. Toronto: Elsevier, 2006. 554 s. ISBN 0-7506-8843-2.

přednášky Mgr. J. Urbana UP Olomouc.