

PRIMENA SVETLOSTI U VETERINARSKOJ MEDICINI

Doc. dr. Radoslava R. Radovanović
Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla
Fakultet veterinarske medicine
Univerzitet u Beogradu

Kratak sadržaj:

Svetlost je elektromagnetno zračenje unutar elektromagnetnog spektra. Pojam vidljive svetlosti se odnosi na svetlost vidljivu čovekovom oku i nalazi se u delu spektra u rasponu talasne dužine od 390 do 750 (380 do 780 nm), između infracrvenog (sa većom talasnom dužinom) i ultraljubičastog (UV) sa manjom talasnom dužinom i frekvencijom (4×10^{14} Hz do $7,9 \times 10^{14}$ Hz). Veterinarska medicina je grana medicine, koja se bavi prevencijom, dijagnostikom i lečenjem bolesti, poremećaja i povreda životinja. Uporedo sa novim saznanjima u veterinarskoj medicini razvijale su se metode, koje su olakšavale pregled i dijagnostiku bolesti životinja, a nova saznanja su primenjavana i u lečenju životinja. Otkriće lasera, izvora intenzivne vidljive svetlosti i infracrvenog zračenja je dalo novi impuls za proučavanje uticaja svetlosti na ćelije čoveka i životinja. Svetlost ima veliku primenu u veterinarskoj medicini što se ogleda u primeni u dijagnostičke, ili terapijske svrhe. Kao vidljiva svetlost primenjuje se u dijagnostičkim metodama mikroskopije i endoskopije, rendgen zruci u radiološkim ispitivanjima, ultraljubičasta (UV) u dijagnostici kožnih oboljenja, infracrvena svetlost (IR), laser i polarizovana svetlost u terapijske svrhe.

Uvod

Pojam svetlosti

Svetlost je prirodni fenomen bez koga nema života živih bića - ljudi, životinja i biljaka, kao što su za život neophodni voda, vazduh i hrana. Bez svetlosti biljke ne bi mogle da žive, jer ne bi bila moguća fotosinteza, proces u toku koga biljke koriste energiju sunčevog zračenja za sintezu hrane. Svetlost je elektromagnetno zračenje unutar elektromagnetnog spektra. Pojam vidljive svetlosti se odnosi na svetlost vidljivu čovekovom oku i nalazi se u delu spektra u rasponu talasne dužine od 390 do 750 (380 do 780 nm), između infracrvenog sa većom talasnom dužinom i ultraljubičastog (UV) sa manjom talasnom dužinom i frekvencijom (4×10^{14} Hz do $7,9 \times 10^{14}$ Hz). Delovanje vidljive svetlosti na specijalizovane ćelije oka čini osnovu vida. U prirodi neke vrste životinja kao što su insekti - svci imaju sposobnost da stvaraju svetlost i taj fenomen se naziva bioluminiscencija. Mogućnost uticaja vidljive svetlosti na ćelije čoveka i životinja, kao i tkiva je dugo bilo neistražena (Vladimirov et al. 2004). Sa pojavom lasera, izvora intenzivnog vidljivog i infracrvenog zračenja sagledavanje ove problematike dobija novi impuls (Tuner i Hode, 1999; Karu, 2003).

Primena svetlosti u veterinarskoj medicini

Veterinarska medicina je grana medicine, koja se bavi prevencijom, dijagnostikom i lečenjem bolesti, poremećaja i povreda životinja. Ocem veterinarske medicine se smatra Aristotel (3. vek pne). Obim veterinarske medicine je širok i obuhvata sve životinjske vrste, kako domaće tako i divlje, a takođe obuhvata još jednu važnu oblast - higijenu i tehnologiju namirnica životinjskog porekla. Uporedo sa novim saznanjima u veterinarskoj medicini razvijale su se metode, koje su olakšavale pregled i dijagnostiku bolesti životinja, a takođe su primenjavana

u lečenju životinja. Iz prirode svetlosti proizilazi njena primena u veterinarskoj medicini i ogleda se u primeni u dijagnostičke, ili terapijske svrhe. Kao vidljiva svetlost primenjuje se u dijagnostičkim metodama mikroskopije i endoskopije, rendgen zraci u radiološkim ispitivanjima, ultraljubičasta (UV) u dijagnostici kožnih oboljenja, infracrvena svetlost (IR), laser i polarizovana svetlost u terapijske svrhe.

1. Primena svetlosti u dijagnostičke svrhe

Svetlosna mikroskopija

Najranija primena svetlosti u dijagnostičke svrhe datira od XVII veka, kada je Antoni Van Levenhuk (1632-1723) u Holandiji, najverovatnije inspirisan čitanjem knjige Roberta Huka, *Mikrografija*, napravio prvi jednostavni mikroskop-lupu. Levenhuk, koji se se smatra „ocem mikrobiologije i bakteriologije“ (Goes, 2013) je usavršio izradu sočiva i mikroskopa i počeo da ih primenjuje u otkrivanju mikroskopskog sveta. Prvi je video strukturu mišića, bakterije i spermatozoida, posmarao protok krvi u kapilarima (Dobel, 1932). Proučavao je protozoe, kao uročnike tropskih bolesti, uključujući malariju, a otkrio je da su bakterije uzročnici kolere i tetanusa (Kirkland, 2010). Danas je optički-svetlosni mikroskop (grčki: *micron* - mali i *scopos* - ciljati) optički instrument, koji koristi deo elektrmagnetnog spektra - vidljivu svetlost za povećanje golim okom nevidljivih slika (Slika 2). Mikroskop i mikroskopija se u veterinarskoj medicini koriste za pravilno postavljanje dijagnoze i određivanje terapije. U rutinskoj dijagnostici se mikroskopija koristi za otkrivanje ektoparazita na životinjama ispitivanjem uzoraka sa kože. Krucijalna metoda u dijagnostici crevnih parazitskih oboljenaj predtavalja koproliški pregled, kada se iz fecesa pravi nativni preparat, koji se posmatra pod mikroskopom i na osnovu nalaza i izgleda jaja parazita se može postaviti dijagnoza. Takođe, pravljjenjem razmaza krvi na mikroskopskoj pločici i posmatranje pod mikroskopom se mogu dokazati paraziti kao što su uzročnici babezioze, parazitskog oboljenja pasa, koju prenose krpelji. U citologiji i histopatologiji veterinari mikroskop koriste da bi ispitali uzorak biopsije i na taj način postavili dijagnozu. Kontrastni mikroskop, koji ima mogućnost grejanja se koristi u oblasti porodiljstva i veštačkog osemenjavanja za ispitivanje pokretljivosti i morfologije spermatozoida životinja. Takođe, stereo mikroskop sa ogledalom se koristi za sakupljanje i transfer embriona da bi se izbegao gubitak embriona posle veštačkog osemnjavanja. Mikroskop se koristi za pregled preparata iz biološkog materijala kao što krv i urin životinja od kojih se prave razmazi na mikroskopskoj pločici, koja se posmatra u vidnom polju svetlosnog mikroskopa. U higijeni mesa mikroskop se koristi za trihinoskopski pregled mesa na uzročnike trihineloze, oboljenja životinja i ljudi.



Slika 1. Mikroskopi (http://www.medioteka.hr/portal/ss_fizika2.php?ktg=7&pktg=&mid=11)

Endoskopija

U savremenoj veterinarskoj medicini, u oblasti veterinarske interne medicine sve više se koriste vidovi „imidžing“ dijagnostike, a kao njihovi predstavnici video-endoskopski, ultrazvučni i rendgenski pregled.

Endoskopija je dijagnostička i terapijska metoda pomoću koje se dobija veoma značajna i realna informacija o organima koji se pregledaju. Endoskopija potiče od grčke reči „*endos*” i „*scopia*” i znači „pogled unutra”. U svakodnevnoj veterinarskoj praksi se koriste dva tipa endoskopa, rigidni ili fleksibilni. Svaki od njih obavezno sadrži i prateće instrumente kao što su izvor svetlosti, instrumenti za sukciju i insuflaciju vazduha i vode, a mogu da im se dodaju biopseri, kao i hvataljke za uklanjanje stranih tela. U Ambulanti za male životinje Fakulteta veterinarske medicine u Beogradu koristi se video-endoskopski aparat marke „Xion” koji pored fleksibilnog endoskopa, dužine 110 cm i promera 0,9 cm, radnog kanala 2,2 mm, sadrži kameru, izvor svetlosti, monitor od 14" i aparat za sukciju i insuflaciju (Krstić, 2005) (Slika 3).



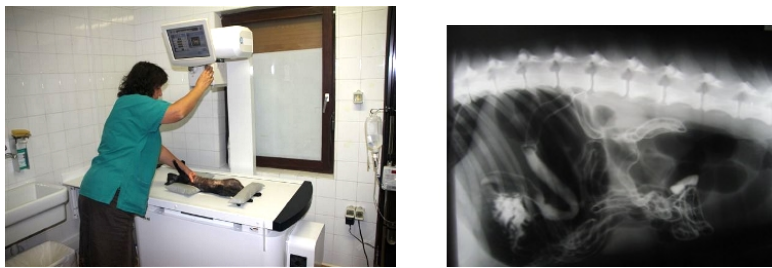
Slika 2. Endoskopija (<http://www.klinikazivotinje.rs/galerija-klinike/>)

Rendgenologija

Rendgenski, ili X-zraci su deo elektromagnetnog spektra talasne dužine 0,1 do 10 nm ($0,1 \times 10^{-9}$ do 1×10^{-8} m) i frekvencije od 3×10^{16} do 3×10^{19} Hz, u području između ultraljubičastog i gama zračenja. Otkrio ih je nemački fizičar Vilhelm Rendgen (Wilhelm Conrad Röntgen) krajem 1895. godine. Rendgenski zraci se dele na tvrde i meke rendgenske zrake s obzirom na mogućnost prodiranja kroz razne materijale. Meki rendgenski zraci imaju talasnu dužinu od 0,1 nm do 10 nm (0,12 do 12 keV), malu energiju i lako se apsorbuju, a tvrdi imaju talasnu dužinu od 0,01 nm do 0,1 nm (12 to 120 keV). Osnovna razlika između rendgenskih i gama zraka je u načinu njihovog nastajanja. Rendgenski zraci nastaju spoljašnjem elektronskom omotaču atoma, dok gama zraci nastaju u jezgri atoma. Najpoznatija njihova primena je u radiološkoj dijagnostici. Rendgenologija se kao grana veterinarske medicine primenjuje u dijagnostici decenijama, ali u Republici Srbiji se broj rendgen (RTG) aparata naglo povećao sa otvaranjem specijalizovanih ambulanti za male životinje u poslednjih petnaestak godina. Danas je u veterinarskoj praksi nezamisliv rad bez primene rendgen aparata, budući da bez njega u dijagnostičkom smislu su veterinari kliničari u nekim situacijama potpuno onemogućeni da postave objektivne dijagnoze. Mogućnosti primene rentgen dijagnostike su znatno veće nego što se zapravo misli. Prvenstveno služi u dijagnostici patologije na kostima, a najčešće prilikom utvrđivanja preloma, naprsline, razvojnih anomalija, degenerativnih ili malignih procesa. Takođe, u dijagnostici zglobova i to razvojnih procesa, preloma ili degeneracija. Primena rendgena u dijagnostici koštanog sistema je od najranije mladosti pa sve do duboke starosti životinja, najčešće kućnih ljubimaca. Tako je poznata RTG kontrola razvoja kukova ili lakatnih zglobova, budući da su neke rase pasa izrazito sklone displaziji, a posebno velike rase. Rendgen zraci se primenjuju u dijagnostici procesa na plućima, u dijagnostici kardiovaskularnih oboljenja, proširenje srca, a veliki značaj ima i u dijagnostici oboljenja trbušnih organa. Rendgenološki se mogu dijagnostikovati povećanje jetre i tumorozna bujanja, zatim neke procese u želucu i crevima, povećanje bubrega ili bubrežni kamenje, kao i bešike. Takođe, tumori slezine, povećanje

prostate, dok je za finiju dijagnostiku ipak potreban ultrazvuk. Naravno ne treba izostaviti i dijagnostiku kostiju glave, vilice, odnosno zubi.

Radiološka dijagnostika oboljenja zuba pasa i mačaka je izrazito objektivna dijagnostički postupak, koji za veterinarsku medicinu ima poseban značaj. Prateći nove trendove u medicini, poslednjih godina se značajno promenila i slika delatnosti veterinara, pošto se sve više diferenciraju saznanja u različitim disciplinama veterinarske medicine. Ovo se odnosi na dijagnostiku i zdravstveno zbrinjavanje patologije kućnih ljubimaca u oblasti stomatoloških intervencija (Krstić et al 2015). Danas su pored konvencionalnih RTG aparata u upotrebi digitalni RTG aparati (Slika 4), koji se od konvencionalnih razlikuju po kraćem vremenu izlaganja pacijenata zračenju i slikanju digitalnom kamerom, čime se dobija slika, koja je prisutna na ekranu kompjutera. Prednost se ogleda u manjoj dozi zračenja, što doprinosi većoj bezbednosti pacijenata i osoblja. Slike su veoma visokog kvaliteta, mogu kasnije da se obrađuju i čuvaju u arhivi na računaru, ili CD disku. Prednost digitalnih RTG aparata je i što nema razvijanja filmova, pa se ne koriste hemikalije, a na taj način se ne zagađuje životna sredina.



Slika 3. Digitalni Rendgen aparat (http://www.vpp.si/diagnosticni_aparati.php) i slika abdomena mačke dobijena konvencionalnim RTG aparatom

(https://www.google.rs/search?q=slike+rendgen+aparata+u+veterinarskoj+medicini&espv=2&biw=1920&bih=979&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwifo-DZ0MrOAhVCAsAKHe4RBuoQsAQIHA#imgre=1uALn_swuGKfLM%3A)

Ultraljubičasta svetlost i UV lampe

Ultraljubičasto zračenje (UV engl. Ultraviolet) obuhvata elektromagnetno zračenje sa talasnim dužinama manjim od vidljivog zračenja, ali većim od onih koje imaju meki X-zraci. Deli se na blisko (380-200nm, NUV), daleko ili vakuumsko (200-10 nm, FUV ili VUV) i ekstremno (1-31 nm, skraćenica EUV ili XUV) ultraljubičasto zračenje (Lakowicz, 2006). Prema uticaju UV zračenja na zdravlje čoveka i na okolinu, spektar UV zračenja se deli na UVA (400-315 nm) zračenje, još nazvano dugotalasnim ili „crnim“ svetlom; UVB (315-280 nm) zračenje, poznato i kao srednjetalasno zračenje; i UVC (< 280 nm), kratkotalasno ili „germicidno“ zračenje. Prirodni izvor UV zračenja je sunce, koje emituje zračenje u UVA, UVB, i UVC oblastima, ali zbog apsorpcije u ozonskom sloju zemljine atmosfere 99% zračenja koje stigne do površine Zemlje je iz UVA opsega. Jedan deo UVC zračenja apsorbovanog u atmosferi učestvuje u stvaranju ozona.

UV lampe se koriste za sterilizaciju radnog prostora i instrumenata koji se koriste u operacionim salama i mikrobiološkim laboratorijama. Komercijalno dostupne živine lampe (niskog pritiska) emituju oko 86% zračenja na talasnoj dužini od 254 nm što se poklapa sa jednim od dva maksimuma na kojima DNK apsorbuje zračenje.

Međutim, UV lampe (Woodova lampa) se koriste i u veterinarskoj dermatološkoj praksi u dijagnostici kožnih oboljenja kao što je gljivična oboljenje kože pasa, mačaka, malih glodara, konja (Slika 5). UV lampa (Slika 5) se koristi za otkrivanje kožnog oboljenja izazvanog gljivicama iz roda *Dermatophytes*. Ovo kožno oboljenje je često kod domaćih životinja i u

većini slučajeva postoji mogućnost da se direktnim kontaktom prenese na čoveka. U početnom stadijumu bolest je teško dijagnostikovati u uslovima prirodnog osvetljenja. Dugi UV talasi (365 nm) se koriste za dokazivanje ove mikoze u ranom stadijumu, jer gljivice pokazuju fluoroscenciju kada su izložene ovoj UV svetlosti. Dijagnostički pregled se izvodi jednostavno osvetljavanjem životinje UV lampom u mračnoj prostoriji. Pojava žute i zeleno-žute fluoroscencije na dlaci ukazuje na prisustvo spora gljivica. U humanoj medicini se UV lampe koriste za dokazivanje vaši u kosi dece, koje su teško vidljive okom. Po izlaganju dugim talasima UV svetlosti vaške pokazuju žuto-zelenu fluoroscenciju, a gnjide su opelescentno bele. UV lampe sa dugim UV talasima (365 nm) se koriste u oftalmologiji za brzo otkrivanje površinskih povreda oka na ekonomičan način.



Slika 4. Woodova UV lampa i UV lampa

(<http://www.medicalexpo.com/prod/rimsa/product-69854-424435.html><http://www.spectroline.com/minimax-specialty-inspection>)

Reflektori i LED lampe

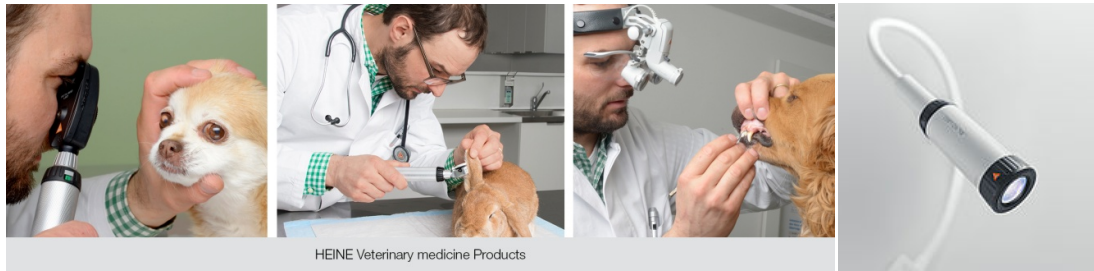
Reflektori i LED lampe se koriste u toku kliničkog pregleda životinja na veterinarskim klinikama i ordinacijama sa ciljem da omoguće bolju inspekciju (posmatranje). Tokom hirurških zahvata u operacionim salama se takođe koriste lampe na stalcima, zidovima, ili na plafonu (100 000 do 160 000 luxa), koje omogućavaju bolju vidljivost u operacionom polju.



Slika 5a. LED lampe u veterinarskoj medicini

(https://www.google.rs/search?q=led+lamps+i+veterinary+medicine&espv=2&biw=1920&bih=935&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiX4-PT_8rOAhVMLMAKHyrFBm8Q_AUIBigB&dpr=1#imgrc=XXsDHk14gGKSfM%3A)
(<http://www.burtonmedical.com/wp-content/themes/burtonmedical/literature/all-lights-vet-brochure.pdf>)

LED lampe se nalaze u otoskopima, instrumentima, koji se koriste za ispitivanje uha i drugim lampama za ispitivanje, koje olakšavaju klinički pregled životinja.



Slika 5b. Primena LED lampi u veterinarskoj medicini
[\(https://www.heine.com/en_AU/specialties/veterinary/\)](https://www.heine.com/en_AU/specialties/veterinary/)

Refrakcija (prelamanje svetlosti)

Pri prelasku svetlosti iz sredine manje gustine u sredinu veće gustine dolazi do njenog prelamanja (refrakcije). Odnos sinusa upadnog ugla i sinusa ugla prelamanja predstavlja koeficijent refrakcije, a iskazuje se kao indeks, ili stepen refrakcije (Katić, 2007). Indeks prelamanja se određuje refraktometrijski korišćenjem refraktometara - instrumenta koji se razlikuju u konstrukciji, tačnosti i količini uzorka za određivanje, ali koji rade na istom principu - merenja kritičnog ugla (prelomnog ugla pri maksimalnom upadnom, tj. 90°). Indeks prelamanja supstance strogo zavisi od temperature i talasne dužine upotrebijene svetlosti i to tako da opada sa porastom ovih parametara. Merenja se obično vrše pri sobnoj temperaturi od 20 °C. Refraktometar se u veterinarskoj medicini koristi za ispitivanje telesnih tečnosti, kao što su krv i urin (Slika 7). U urinu se pomoću refraktometra može dokazati prisustvo proteina. U higijeni mleka indeks refrakcije mlečnog seruma se određuje u cilju utvrđivanja da li je mleko falsifikovano dodavanjem vode. Indeks refrakcije zavisi od koncentracije komponenti mleka, koje su u pravom rastvoru (laktoza i deo mineralnih materija i prosečno iznosi 39 (38-42) za kravlje mleko normalnog hemijskog sastava. Dodavanjem vode u mleko indeks refrakcije se smanjuje. Ova metoda je kvantitativna, jer se može tačno iraćunati dodata količina vode.



Slika 6. Refraktometar za urin i refraktometri za mleko
http://www.superlab.com/cms/mestoZaUploadFajlove/Longxin_Tech_hemijski_pregled_i_analiza_sedimenata_ML_.pdf
<http://www.instrumentimb.rs/laboratorijska-oprema/refraktometri/>

2. Primena svetlosti u terapijske svrhe

Terapija infracrvenom svetlošću (Fototerapija)

Infracrveno zračenje, ili infracrvena svetlost (lat. *infra* ="ispod";skraćeno IR od eng. *infrared*) obuhvata elektromagnetno zračenje sa talasnim dužinama većim od talasne

dužine vidljive crvene svetlosti, a manjim od talasne dužine radiotalasa. To je raspon od približno 750 nm do 3 mm, odnosno od $4,5 \times 10^{14}$ do 10^{12} Hz (Liew, 2006) (ljudsko oko može da vide infracrvenu svetlost do 1050 nm što je dokazano u eksperimentima (Sloney et al. 1976; Lynch et al. 2001; Dash i Dash, 2009; Saidman, 1933). Raspon energije koju prenose kreće se od 4,7 do 0,01 eV. Infracrvenu zračenje je otkrio 1800. godine astronom Sir William Herschel, koji je otkrio nevidljivo zračenja u spektru sa nižom energijom od crvenog svetla, putem njenog dejstva na termometar (Rowan-Robinson, 2013). Kasnije je utvrđeno da nešto više od polovine ukupne energije Sunca dospeva na zemlju u obliku infracrvenog zračenja. Balans između apsorbovanog i emitovanog infracrvenog zračenja ima kritičan efekat na klimu Zemlje. Infracrveno zračenje obuhvata širok raspon elektromagnetnog zračenja, a kako čula pokrivaju samo određena područja IC spektra, postoje razne podele koje detaljnije određuju područja.

Podela prema CIE

Međunarodna komisija za rasvetu (CIE – franc. *Commission internationale de l'éclairage*) deli infracrveno zračenje u 3 područja (Henderson, 2007):

- IC – A: 700 nm–1400 nm (0,7 μ m – 1,4 μ m)
- IC – B: 1400 nm–3000 nm (1,4 μ m – 3 μ m)
- IC – C: 3000 nm–1 mm (3 μ m – 1000 μ m)

Podela prema ISO 20473

Međunarodna organizacija za standardizaciju u svom standard ISO 20473 deli infracrveno zračenje na 3 područja (ISO 20473:2007): blisko, srednje i daleko infracrveno područje (Tabela 1)

Tabela 1. Podela područja infracrvenog zračenja prema Međunarodnoj organizaciji za standarde

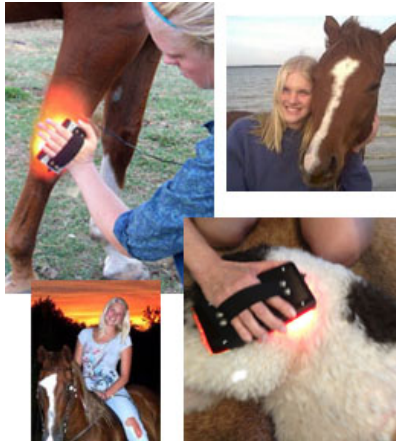
Oznaka	Skraćenica	Talasna dužina
Blisko infracrveno područje	NIR	0,78 - 3 μ m
Srednje infracrveno područje	MIR	3 - 50 μ m
Daleko infracrveno područje	FIR	50 - 1000 μ m

Terapija infracrvenom svetlošću životinja njihovim izlaganjem svetlosti određene talasne dužine i određeno vreme trajanja korišćenjem LED (Light Emiting Diodes) dioda se naziva fototerapija, ili infracrvena terapija. Preko 40 godina su različita istraživanja širom sveta pokazala da fototerapija ispoljava intenzivno pozitivno delovanje na tkiva i organizme. Kao što biljke koriste sunčevu svetlost da bi stvorile hlorofil i prevele sunčevu svetlost u biljno tkivo, tako i LED diode mogu da izazovu unutar ćelija fotobiohemijske reakcije u organizmu životinja i ljudi. Fotostimulacija je otkrivena 60. godina XX veka i načnici u Evropi su počeli da koriste svetlost različitih talasnih dužina i frekvencije za lečenje oštećenog tkiva. Više studija je pokazalo da svetlost prodire i stimuliše ćelije kao foton, koje apsorbuju fotoreceptori u ćelijama. Fotoni deluju na oštećene ćelije kože, krvi, mišića i kostiju, izazivaju ćelijski odgovor, koji smanjuje bol i otpočinje proces ozdravljenja. Doprinos primeni koncentrovanog zračenja svetlosti u lečenju bolesti *lupus vulgaris* dao je Nils Reberg Finsen, dobitnik Nobelove nagrade za fiziologiju i medicinu 1903. godine (http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1903/), što je otvorilo nove

puteve u medicinskoj nauci. Sa uvođenjem primene lasera, prvo u hirurgiji fototerapija pokazuje napredak. Sa razvojem infracrvenog (830 nm) galijum-aluminijum-arsen i crvenog (633 nm) helijum-neon lasera male snage fototerapija se koristi za zarastanje rana i u analgeziji. Velikog broja istraživanja opisuju uspešno tretiranje bola kod različitih bolesti.

Vidljiva svetlost (crvena, zelena, žuta, narandžasta, plava) i nevidljiva ljudskom oku (infracrvena) svetlost ispoljavaju pozitivan efekat na ćelijskom nivou. Vidljiva svetlost prodire u dubinu od 8-10 mm i korisna je za lečenje promena na površini kože, kao što su rane, posekotine, ožiljci, za stimulaciju akupunturnih tački i posebno za lečenje infekcija. Infracrvena svetlost (904 nm) prodire u dubinu od 30-40 mm, tako da je čini efikasnom u delovanju na kosti, zglobove, duboke mišiće. Dubina prodiranja se definiše kao dubina na kojoj 60% svetla tkivo apsorbuje, dok se preostalih 40% apsorbuje na drugi način, što nije detaljno razjašnjeno.

Blisko infracrveno svetlo, ili fotobiomodulacija je prvo našla primenu u humanoj medicini gde se koristi za lečenje oralnih ulceracija izazvanih herpesom, kao i za lečenje rana. U literaturi su prisutni podaci o terapiji oboljenja izazvanih herpes virusom (Hargate, 2006) i lečenje centralnog nervnog sistema (Desmet, 2006). Glavni razlog korišćenja zračenja iz crvenog i infracrvenog dela spektra je činjenica da hemoglobin ne apsorbuje svetlost iz ovog dela spektra, tako da svetlost može da prođe u dubinu tkiva. (Vladimirov et al. 2004).



Slika 7. Primena infracrvenog zračenja u terapiji konja i pasa
(<http://www.emersonww.com/InfraredTherapy.htm>)

Monohromatski infracrveni laser niskog intenziteta i LED diode se godinama koriste u više zemalja kao efikasna terapija artritisa, povreda mekih tkiva i bola (Slika 8). Primena infracrvenih dioda, kao monohromatskog izvora je započela 60.godina XX veka. U Sjedinjenim američkim državama (SAD) terapija polihromatskim infracrvenim diodama je razvijena i primenjena 1998.godine. Danas se sve više ovaj vid terapije koristi u fizioterapiji, veterinarskoj i humanoj medicini, stomatologiji, anesteziologiji, kiropraktici i itd.

Različita tkiva i ćelija u organizmu ljudi i životinja karakterišu različite vrednosti za apsorpciju svetlosti. Tkiva i ćelije apsorbuju svetlost pri određanim talasnim dužinama i to je razlog što neki proizvođači primenjuju polihromatski proces, koristeći više od jedne boje, što može da znači da emituju zračenje sa više od jedne talasne dužine. Na primer koža apsorbuje crvenu svetlost veoma lako, dok kalcijum i fosfor apsorbuju svetlost različitih talasnih dužina. Superluminantne LED (Light Emiting Diodes) su bezbedni koncentrovani izvori svetlosti, koji se koriste za stvaranje svetlosti specifičnih talasnih dužina da bi se obezbedio terapijski efekat svetlošću bez štetnih posledica po zdravlje. Naučnici Univerziteta u Čikagu (SAD) su dokazali da se prosečna vrednost talasne dužine tkiva ljudskog tela kreće od 600 do 720 nm (srednja vrednost 660 nm). Različite studije pokazuju efekat svetlosti u otklanjanju

bola, kod degenerativnog osteoartritis, tendinitisa karpalnog tunela, kožnih oboljenja, akni, psorijaze, lečenju sinusa, promena u grlu, uhu, i donjem delu kičme.

Svetlost crvenih i infracrvenih dioda apsorbuju koža, mišići, meka tkiva, kosti. Vidljiva svetlost iz crvenog spektra, u rasponu od 600-700 nm je veoma korisna u tretiranju problema tkiva blizu površine tela kao što su rane, ožiljci, za stimulaciju akupunkturnih tački i tretiranju infekcija. Infracrvena svetlost veće talasne dužine (800-1000 nm) prodire dublje što omogućava veći efekat na organe, kosti, zglobove, duboke mišiće. Iako crvena i infracrvena svetlost prodiru na različite dubine, i različito deluju na tkiva, terapijski efekat je sličan.

Svetlost zelenih dioda apsorbuje tzv. „bio električno magnetno“ polje, koje okružuje telo. Zelena boja je korisna kao antiinflamator (protiv zapaljenja) i kod bolnih zglobova i alergija.

Narandžasta svetlost se smatra bojom podmlađivanja. Može da pomogne kod grčeva mišića i pospešuje energiju u plućima i stomaku.

Žuta svetlost može da bude veliki stimulator senzornog i motornog nervnog sistema i tonusa mišića. Pomaže povećanju energije, uklanjanju bola kod artritisa i deluje na limfni sistem.

Idući ka spektru talasne dužine 400-500 nm, što je plava svetlost može da ima pozitivan efekat na promene na koži kao što su akne, ožiljke, opekotine, glavobolje. Plava svetlost se smatra kontraktorom i restriktorom i pokazuje relaksirajući i smirujući efekat.

Sa gledišta bezbednosti primene različitih svetlosti u terapiji smatra se da je bezbedno, osim za trudnice i pacijente sa nekim malignitetom, kojima se ne preporučuje.

Laser

Laser (akronim od engl. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation - pojačanje svetlosti pomoću stimulisane emisije zračenja) je uređaj za stvaranje i pojačavanje koherentnog elektromagnetskog, najčešće monokromatskog, usko usmerenog zračenja (Slika 9). Zasniva se na kvantnim pojavama pri prijenosu energije zračenjem. Izmena energije zračenja sa atomima ili molekulama aktivnog medija u laseru (gas, kristal, plazma), umesto apsorpcijom i spontanom emisijom zračenja, odvija se stimulisano emisijom. Biostimulacija je aktiviranje vitalnih proces delovanjem laserskog zračenja. Medicinska primena lasera u je u hirurgiji, fotodinamskoj terapiji i fototerapiji. Koriste se dve vrste lasera i to sa velikom i malom snagom, koji emituju svetlost konstantno, ili pulsirajući. U veterinarskoj medicini laseri velike snage se koriste za tretiranje bolesti mekih tkiva (koža, sluzokože usta, respiratornih organa, urogenitalnog trakta i mišići) i čvrstih tkiva (kosti i hrskavica) (Calin i Coman, 2011). Posebna primena lasera velike snage je u hirurgiji oka i za razbijanje kamenja u žučnoj kesi i bubrezima. Zračenje laserima male snage izaziva u biološkim tkivima fotohemijski efekat. U veterinarskoj medicini se primenjuju dve vrste terapije, bazirane na ovom efektu: fotodinamska terapija i laser fototerapija (Low level laser therapy). Fotodinamska terapija se primenjuje u veterinarskoj onkologiji. Zračenje laserima niskog intenziteta (Low-intensity lasers- LIL) i LED (light emitting diodes) diodama se primenjuje u humanoj i veterinarskoj medicini, pre svega u fizikalnoj terapiji i stomatologiji (za smanjenje bola), dermatologiji (tretiranje edema, ekcema, dermatitisa), hirurgiji (tretiranju perzistirajućih ulcera, opekotina, dijabetičnog stopala), reumatologiji (otklanjanje bola, ili terapija hroničnih bolesti-artritis i artroze), kao terapiji veterinarskoj medicini, sportskoj medicini i rehabilitacionim centrima (Vladimirov et al. 2004). Prva primena lasera u veterinarskoj medicini je bila 70. i 80. godina XX veka u hirurgiji pasa i konja (Calin i Coman, 2011).



Slika 8. Laser (NICK KOUDIS/GETTY IMAGES)

Hladni, ili LLLT (Low-level laser therapy) se primenjuje u Evropi, Kanadi, Australiji, nekim zemljama u Aziji više godina, dok je u SAD tek 2002. godine po odobrenju FDA započela njegova upotreba. Laser može da utiče na smanjenje bola na više načina. Ima više teorija, koje objašnjavaju mehanizam delovanja. Prema jednom preglednom radu antiinflamatorno delovanje je slično farmakološkom delovanju, kao što ima deksametazon. Laser može da kontroliše bol smanjujući oksidativni stres. Uprkos mnogim rezultatima o pozitivnom delovanju LLLT dobijenim u *in vitro* istraživanjima, na modelima životinja i kliničkim studijama njegova primena je kontroverzna. Prvo, biohemijski mehanizmi kojima se ispoljava pozitivan efekat su nedovoljno razjašnjeni, a drugo je kompleksnost racionalnog izbora među velikim brojem različitih parametara svetlosti (talasne dužine, vreme delovanja, gustine, pulsne strukture...) je rezultiralo publikovanju studija kako sa rezultatima o negativnim tako i pozitivnim delovanju. Na primer dvofazni odgovor na dozu je zapažen kada je nizak nivo svetlosti imao bolji efekat nego visoki nivo. Smatra se da svetlost ispoljava efekat prvo na mitohondrijama ćelija dovodeći do povećanog stvaranja ATP-a, modulacije rekativnog kiseonika i indukcije transkriptivnih faktora. Ovo ima za posledicu ćelijsku proliferaciju i migraciju (fibroblasti), modulaciju nivoa citokina, faktora rasta i medijatora zapaljenja, i povećanje oksigenacije. Ove bihemijske i ćelijske promene kod životinja i ljudi ispoljavaju pozitivan efekat u zarastanju hroničnih rana, poboljšanja kod sportskih povreda i karpanog tunel sindroma, dovode do smanjenja bola kod artritisa i neuropatija, povrede nerava. Primena lasera ima ograničenja, jer ne treba da se primenjuje u predelu očiju, reproduktivnih organa, ili u regijama gde se sumnja na malignitet. Laser se ne koristi kod hemoragičnih poremećaja i ako postoji krvarenje. Sa posebnom pažnjom laser treba koristiti kod pacijenata sa poremećajima fotosenzitivnosti, infekcija i kompromitovanog imuno sistema. Primena lasera je i u laboratorijskoj dijagnostici. Pomoću laserskog hematološko analizatora može da se odredi kompletna krvna slika (broj eritrocita, leukocita, retikulocita, trobocita, diferencijalna krvna slika (podvrste leukocita), hemoglobin i hematokrit. Prednost ove metode je što analiza traje 8 minuta.

Polarizovana svetlost

Polarizovana svetlost nastaje prelamanjem prirodne svetlosti kroz sistem kristala sa specijalno obređenim površinama. Zbog svog veoma pozitivnog efekta na zdravlje i male energije na mestu delovanja polarizovana svetlost ima primenu u himanoj medicini, bilo kao samostalna terapija, ili kao dopuna drugih načina lečenja (hirurško i konzervativno lečenje), zatim u kozmetologiji. Moguća je primena i u veterinarskoj medicini.

Umesto zaključka:

„Biljkama je svetlost neophodna za rast, a naše ćelije imju koristi od terapije svetlošću.“

Napomena

Zahvaljujem se Organizacionom odboru Srpskog društva za osvetljenje na pozivu za savetovanje i mogućnost da rad bude prikazan. Sa pijetetom rad posvećujem svom ocu

dipl.ing.elektrotehnike Radisavu V. Radovanoviću (1931-2014), koji je ceo radni vek proveo na železnici (Zajednica JŽ) i kao predavač u Železničkom obrtačovnom centru u Beogradu, a kao dugogodišnji član DOS-a doprineo primeni i prenošenju znanja iz svetlosne tehnike.

Literatura:

1. Calin Mihaela Antonina, Coman Toma Turk (2011). The laser in veterinary medicine. *J. Vet. Anim. Sci.* 35(5): 351-357.
2. Dash, Madhab Chandra; Dash, Satya Prakash (2009). *Fundamentals Of Ecology 3E*. Tata McGraw-Hill Education. p.213. ISBN 978-1-259-08109-5.
3. Desmet KD, Paz DA, Corry JJ, Eells JT, Wong-Riley MT, Henry MM, Buchmann EV, Connelly MP, Dovi JV, Liang HL, Henshel DS, Yeager RL, Millsap DS, Lim J, Gould LJ, Das R, Jett M, Hodgson BD, Margolis D, Whelan HT (2006). Clinical and experimental applications of NIR-LED photobiomodulation. *Photomedicine and laser surgery* 24 (2): 121-8. doi:10.1089/pho.2006.24.121. PMID 16706690
4. Dobell, Clifford (1932). *Antony van Leeuwenhoek and His "Little Animals": being some account of the father of protozoology and bacteriology and his multifarious discoveries in these disciplines*. Harcourt.
5. Goes, Frank Joseph (2013). *The Eye in History*. JP Medical Ltd. ISBN 978-93-5090-274-5.
6. Hargate, G (2006). A randomised double-blind study comparing the effect of 1072-nm light against placebo for the treatment of herpes labialis. *Clinical and experimental dermatology* 31 (5): 638-41. doi:10.1111/j.1365-2230.2006.02191.x. PMID 16780494.
7. Henderson Roy (2007). *Wavelength considerations*, publisher. Instituts für Umform- und Hochleistungs.
8. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1903/
9. Karu, T. (2003) in *Low-Power Laser Therapy*, CRC Press, N. Y., pp. 4825-4841.
10. Krstić Vanja (2005). Endoskopska i ultrazvučna dijagnostika kao savremene metode u dijagnostici oboljenja želuca pasa. *Vet. glasnik* 59 (1 - 2), 141 - 148
11. Katić Vera (2007). *Praktikum iz higijene mleka*. Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd, str.15.
12. Kirkland, Kyle (2010). *Biological Sciences: Notable Research and Discoveries*. Infobase Publishing. ISBN 978-0-8160-7439-6.
13. Liew, S. C. (2006). *Electromagnetic Waves*. Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing. p.10-27.
14. Krstić Nikola i saradnici (2015): Rendgenska dijagnostika najčešćih oboljenja periodoncijuma pasa i mačaka. *Veterinarski glasnik* 69 (1-2) 101 – 110.
15. Lakowicz, Joseph R. (2006). *Principles of fluorescence spectroscopy*. Springer. 26. ISBN 9780387312781.
16. Lynch, David K.; Livingston, William Charles (2001). *Color and Light in Nature* (2nd ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press. 231. ISBN 978-0-521-77504-5
17. Rowan-Robinson Michael (2013). "Night Vision: Exploring the Infrared Universe". p. 23. Cambridge University Press.
18. Saidman Jean (1933). Sur la visibilité de l'ultraviolet jusqu'à la longueur d'onde 3130 [The visibility of the ultraviolet to the wave length of 3130]. *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (in French) 196: 1537-9.
19. Sliney, David H.; Wangemann, Robert T. Franks, James K.; Wolbarsht, Myron L. (1976). Visual sensitivity of the eye to infrared laser radiation. *Journal of the Optical Society of America* 66 (4): 339-341.

20. Tuner, J., and Hode, L. (1999). Low Level Laser Therapy: Clinical Practice and Scientific Background, Prima Books, Goengesberg, Sweden.
21. Vladimirov Yu. A. , Osipov A. N., Klebanov G. I. (2004). Photobiological Principles of Therapeutic Applications of Laser Radiation Biochemistry (Moscow), Vol. 69, No. 1, pp. 81-90. Translated from Biokhimiya, Vol. 69, No. 1, 2004, pp. 103-113.