

## Optez, zadacišti

Svi brodski elektronski uređaji, a naročito radar svojim radom izazivaju razne vrste zračenja koja mogu biti veoma štetna po zdravlje ljudi koji njima rukuju. To zračenje je najčešće radioaktivno i manifestira se u vidu alfa i beta-čestica, elektromagnetskih gama-zraka, a kod napona od preko 10 KV javljaju se i röntgenske ili X-zrake. Opasnost od radijacija je velika jer se ne mogu direktno i odmah uočiti, a kod uređaja koji ih registriraju koriste se razni efekti kao što su ionizirajući, scintilacioni, fotografski i toplotni, a za nas je naročito važan biološki.

Djelovanje radarskog zračenja zavisi od njegove jačine, tj. amplitude i frekvencije, te površine zračenog živog organizma, debljine kože, vremena ekspozicije, debljine masnog potkožnog tkiva i širine međuslojevnih prostora. Antene su najjači izvori elektromagnetskog zračenja koje pokazuju djelovanje kao i infracrveno. Snage veće od 0,1 W/cm<sup>2</sup> vrlo štetno djeluje na živo tkivo, a glavni uzrok oštećenja je toplotni efekt. Za ilustraciju možemo navesti da se komad mesa ili jaje stavljeno pred jaku radarsku antenu može ispeći kao da je izloženo toploti štednjaka. Apsorpcija ove energije u organizmu ovisi o frekvenciji i najveća je u području između 100 i 10 000 MHz u kojem radi i radar. Kod frekvencija nižih od 4 MHz i viših od 3 000 MHz tijelo apsorbira 50% energije dok se u području od 100 do 3000 MHz količina apsorbiranih radijacija približava 100%. Radijacija između 400 i 1000 MHz organizam ne osjeća jer se energija zračenja pretvara u toplinu tek u dubokim tkivima, dok se receptori za toplinu nalaze sasvim na površini kože. Upravo zbog toga su ove radijacije i najopasnije.

Biološko djelovanje visokofrekventnih elektromagnetskih valova još nije u potpunosti objašnjeno. Ispitivanja su vršena na gladavcima, ali to nije isto kao kod čovjeka jer on ima jedan od najsavršenijih termoregulatornih sistema. Ipak ljudski organizam može pretrpjeti oštećenja koja mogu prouzrokovati razna oboljenja ako se pređe tolerantna doza zračenja. Maksimalne dopuštene doze su određene na osnovu iskustva jer praktički nije moguće mjeriti doze oslobođene u tkivu.

Izraz tolerantna doza ima samo figurativni smisao jer ne postoji stimulirajući efekt zračenja, a svako ozračenje je u principu štetno. U praksi se za sedamsatno radno vrijeme uzima 50 mr (miliradija) a tjedno oko 300 mr. Međutim, sugerira se 100 mr kao maksimalna tjedna doza, a pri jednom ozračenju ne smije se primiti veća doza od 50 mr. Dosad su poznati mnogi slučajevi udesa pa čak i smrti uslijed radarskog ozračivanja. Najosjetljiviji dijelovi tijela su oči, spolni organi i koštana srž.

Za očne leće najopasniji su elektromagnetski valovi čija je dužina od 12,3 cm (2400—3000 MHz). Tada dolazi do porasta temperature zbog slabog sistema hlađenja u krvnim sudovima. Oči se zamute te nastupa bolest zvana katarakta. Poznat je i kumulativni efekt ozračivanja pa oštećenja oka mogu nastati i pri nižim gustoćama snage reda veličine 10 mW/cm<sup>2</sup>.

Kod testisa je poznato da njihova temperatura mora biti konstantna i niža od normalne tjelesne temperature. Porast za 1° C uzrokuje histopatološke promjene u tkivu, tj. sterilnost. Ako je gustoća mikrovalne snage viša od 5 mW/cm<sup>2</sup> do sterilnosti će sigurno doći. Međutim, ona je u većini slučajeva reverzibilna, a samo u najgorem trajna.

U koštanoj srži visoke temperature izazivaju smanjenje broja trombocita i umanjuju im funkcionalnu vrijednost što dovodi do poremećaja u krvotoku.

Isto tako je štetno izlaganje zračenju cijelog tijela jer u tom slučaju dolazi do porasta temperature i ne postoji mogućnost razmjene topline. Oštećuju se ćelijske formacije moždanog tkiva, centralnog nervnog sistema, bubrega, nadbubrežnih žlijezda, žući, jetre, želuca i drugih unutrašnjih organa. Pri lokalnim i regionalnim zagrijavanjima toplina se prenosi na nezagrijana područja i efekt zračenja se smanjuje. U ovakvim slučajevima od naročitog su značenja bogatstvo tog područja krvnim sudovima, sa držaj vode u tkivima i širina međuslojevnih prostora. Bogatstvo krvnih sudova umanjuje efekt jer pojačavaju cirkulaciju i odvođe višak topline s ozračenog mjesta. Po većan sadržaj tekućine, naročito vode, pojačava efekt jer se ona brzo zagrijava. Masno tkivo efekt smanjuje, dok ga međuslojni prostori pojačavaju zbog obilja vode.

Od posljedica ionizirajućeg zračenja koje je naročito intenzivno kod mehaničkog oštećenja primopredajnih elektronki (TR i ATR skretnica) najzapaženiji je genetički efekt, tj. promjene u sastojcima krvi, te izrasline na koži.

Vjeruje se da osim toplinskog djelovanja na organizam postoji još neko specifično biološko djelovanje, tzv. netermički efekt zračenja koji zasad još nije dovoljno objašnjen. Da on zaista postoji, smatra se zbog toga što se toplinsko djelovanje radarskih elektromagnetskih zračenja računa prema srednjem nivou snage iako je moguće da trenutne snage mogu biti hiljadu i više puta jače. Ova izvanredno jaka snaga takvih impulsa sigurno ima specifično djelovanje na organizam koje još nije dovoljno proučeno. Stupanj oštećenja zavisi u prvom redu od vrste i količine zračenja kojem je živa materija izložena. Tačan mehanizam djelovanja također nije u potpunosti poznat i danas postoje dvije teorije koje pokušavaju objasniti način na koji radioaktivne i X-zrake oštećuju živu materiju.

Prema teoriji direktnog djelovanja radijacija pogađa neki osjetljivi dio ćelije koju aktivira. Po ovom shvaćanju stupanj oštećenja bi bio direktno uvjetovan brojem radioaktivnih zraka koje pogađaju živu materiju. Budući da direktna teorija nije mogla objasniti neke zapažene činjenice, s razvojem istraživačkog rada stvorena je teorija indirektnog djelovanja prema kojoj se prenošenje energije iz zraka na živu materiju ne vrši direktno nego putem slobodnih molekula stvorenih u vodenim prostorima.

Na našu nesreću ljudsko tijelo nije formiralo instinktivnu obranu protiv radijacija kao protiv topline. Zbog toga dolazi do ozbiljnih ozljeda kojih ozlijeđena osoba istovremeno nije svjesna. Vrsta i opseg simptoma koji se kasnije javljaju mogu individualno varirati.

Permanentno lokalno izlaganje dovodi prvo do crvenila kože, a zatim dolazi do prskanja tkiva i stvaranja rane. Kao rezultat djelovanja zračenja javlja se i opadanje kose. Lako se razvijaju kancerozni izraštaji, ponekad i mnogo godina nakon što je jedan dio tijela bio kronično izložen ionizirajućim radijacijama. Pojava izraštaja na koži je vidljiviji simptom. Među nevidljivim su najznačajniji genetički efekti i promjene u sastojcima krvi. Ove promjene su raznovrsne, ali je najkarakterističnije smanjenje broja bijelih krvnih zrnaca u krvi. Međutim, može doći do obratnog efekta tako da jedan od konačnih produkata bude leukemija, tj. pretjerana proizvodnja bijelih krvnih zrnaca. Utjecaj radijacije na krv predstavlja manifestaciju činjenice da je limfoidno tkivo i srž kosti onaj dio tijela gdje se stvaraju različiti sastavni dijelovi krvi i koji najbrže reagira na izlaganje radijaciji. Ovi se organi zato nazivaju radiosenzitivni. Mišići i kosti su radiorezistentni jer slabo manifestiraju neke promjene pri izlaganju radijaciji. Koža,

jetra i pluća su između njih. Prodiranje radioaktivnog materijala po pravilu predstavlja izuzetak i posljedica je nerazumnog rukovanja radioaktivnih izvorima.

Koža i masti imaju sposobnost da transformiraju ulazni otpor dubinskih tkiva. Ovisno o uvjete ima to uzrokuje sve mogućnosti počevši od kompleksne neprilagodivosti do skoro tačnog prilagodivanja otpora koji varira pa uporedo s njim mijenja se i postotak apsorbirane energije u tijelu.

Ljudstvo zaposleno kod svih radarskih uređaja izloženo je, a u budućnosti će biti još više, povremenom djelovanju većih doza ionizirajućih zračenja, kroničnom djelovanju minimalnih frakcionih doza ionizirajućeg zračenja i kroničnom frakcionom djelovanju elektromagnetskog zračenja. Sva ova tri vida zračenja imaju svoja specifična svojstva. Međutim, postoje dijagno tičke teškoće i u znatnom broju slučajeva postavlja se prilično teško pitanje da li su i u kolikoj mjeri ljudi koji rade kod radarskih uređaja zdravstveno oštećeni.

Za suzbijanje oboljenja nastalog kroničnim djelovanjem radarskog zračenja najvažniji su prvi i periodični medicinski pregledi ljudstva. Prvim, odnosno prethodnim pregledima vrši se selekcija za stalni rad sa radarima. Oboljenja su: bolesti krvi i izražena sekundarna anemija (hemoglobin niži od 60%), endokrina oboljenja, epilepsije, stabilne neuroze i kardioskleroze. Ako neka osoba oboli, udaljava se s posla i posebno se prati njeno zdravstveno stanje. Specifične terapije nema i liječenje je isključivo simptomatsko. Kod oboljelih dominiraju astenično-neurastenične smetnje. Najznačajnije su i najbrojnije hematološke promjene među kojima posebno mjesto zauzimaju trombocitopenije. Po prestanku rada s radarskim uređajima neke promjene se normaliziraju prosječno nakon 6 mjeseci.

Primjećujemo da mehanizam biološkog efekta visokofrekventnih elektromagnetskih valova još nije potpuno objašnjen i ne postoji jedinstveno gledište o djelovanju ovog zračenja na ljudski organizam. Neki autori smatraju da je termički efekt jedini uzročnik oštećenja živog tkiva, dok drugi dopuštaju mogućnost da ovo zračenje ima i specifične efekte koji također mogu oštetiti živo tkivo. Preventivne mjere imaju najveći značaj u suzbijanju štetnog djelovanja radarskog zračenja, upravo zbog toga što još ne postoji specifična terapija. Ove mjere moraju obuh-

vatiti učestale periodičke kontrole uvjeta rada, intenzitet zračenja i stanje zaštite na radnim mjestima, obavezan prethodni medicinski pregled i selekciju ljudstva za ovu vrstu rada, kao i kontrolu zdravstvenog stanja već zaposlenog osoblja.

Kod radara izuzetno jakih snaga osoblje mora upotrebljavati zaštitna odijela koja su tako konstruirana da imaju osobine apsorpcije i refleksije. Od naročitog je značenja zaštita glave, pa postoje zaštitne kape, a također i kecelje. U SSSR se izrađuju normalne košulje od tkanine sa žičanom mrežom na principu Faradayevog kaveza.

X-zrake nastaju u visokonaponskim mikrovalnim generatorima (klystron, magnetron) i pripadaju spektru niskih frekvencija pa su okvalificirane kao zrake s manjom prodornošću. Dovoljna je zaštita samog radarskog uređaja, a opasnost prijeti samo u slučaju nekog ozbiljnijeg kvara.

Kod otklanjanja kvarova obavezna su sva zaštitna sredstva a osobito naočale sa staklom evaporiranim zlatnim filmom ili olovom, te okvirom koji ne smije biti rezonantan za zahtijevanu upotrebu. Naočale sa dioptrijom su vrlo štetne jer fokusiraju radijacionu energiju i izazivaju još veću opasnost.

Intenzitet zračenja elektromagnetske energije u određenoj tački može se odrediti računski iz poznatih karakteristika radara ili najbolje mjernim instrumentima kao što su G-M brojač, scintilometar, ionizaciona komora itd. Trebalo bi imati i adekvatni detektor koji bi opominjao na opasnost neposredno po ulaženju u zonu elektromagnetskog zračenja.

Do iradijacije dolazi manje zbog profesionalne dužnosti, a više incidentno zbog nepoznavanja ili nepoštovanja načina higijensko-tehničke zaštite, čemu bi se i na brodovima trgovačke mornarice morala posvetiti mnogo veća pažnja.

U cilju sprečavanja incidenata potrebno je sve zainteresirane uputiti u ovu problematiku jer je opasnost od ovakvog i drugih vidova zračenja sve veća.

#### Literatura

1. Barron and A. Baraff: »Medical considerations of exposure to microwaves (radar)«
2. Hanson Blatz: »Radiation hygiene handbook«
3. Inž. Miodrag Tijanić: »Novi podaci o utjecaju radarskog zračenja na ljudski organizam«