

# Poškodbe oči s poudarkom na IR in NIR sevanju

1.del

**Avtor:**  
**prof. dr. Marjan Bilban**

## POVZETEK:

Poškodbe oči so raznolike in segajo od lažjih poškodb, kot je stik mila z očesom, do težjih poškodb, katerih posledica je neredko popolna izguba vida na poškodovanem očesu. Tovrstne poškodbe se pogosto pojavljajo na delovnem mestu, lahko pa tudi v domačem okolju ali pri športnem udejstvovanju. Poleg mehanskih dejavnikov lahko očesne strukture poškodujejo še kemikalije (kisline in lugji), viri ultravijoličnega (UV) sevanja, infrardečega (IR) sevanja in ionizirajočega sevanja (IS), fizikalni

dejavniki, toplota, elektrika ter biološki dejavniki. Resnost poškodbe in končni izid zdravljenja sta odvisna od vrste poškodbe, akutne ali kronične izpostavljenosti ter od mesta delovanja dejavnika.

**KLJUČNE BESEDE:** radiacijska katarakta, poškodbe pri varjenju, kemijske in fizične poškodbe oči.

## UVOD

Več kot 40 % očesnih poškodb nastane v domačem okolju, približno 14 % na delovnem mestu, največkrat pri delavcih, zaposlenih v gradbeništvu. Vse več je očesnih poškodb pri športu in rekreaciji (13–25 %) ter pri prometnih nezgodah (9–12 %). Do 15 % očesnih poškodb je posledica nasilja. Najpogosteje so poškodovani mlajši moški. Očesna poškodba je v 40 % vzrok slepote enega očesa. Med mehanizmi nastanka so najpogostejši udarci s topim predmetom, zlasti udarjanje s kladivom po kovini ali kamnu, saj odbiti delci kovine ali kamna pogosto predrejo zrklo. Resnost poškodbe in končni izid sta odvisna od tega, katere očesne strukture so prizadete, in sta načeloma manj ugodna pri poškodbah zunanjih očesnih delov. Glavni vzrok v 70 % primerov je poškodba zaradi lebdečih delcev, objekta ali bliska. Kemijske poškodbe predstavljajo 10–20 % vseh poškodb oči. Najpogosteje se poškodujejo mehaniki, varilci, sekači, delavci v proizvodnji preprog, gradbeni delavci, rudarji, ličarji in drugi. Do nezgod največkrat pride pri čiščenju, peskanju, brušenju ipd. <sup>(1)</sup>.

## POŠKODBE PRI VARJENJU (UV- IN IR-SEVANJE)

Varilni oblok oddaja sevanje širokega obsega valovnih dolžin, in sicer ultravijolično sevanje (200–400 nm), vidno svetlobo (400–700 nm) in infrardeče sevanje (700–1400 nm). Infrardeče (IR) sevanje predstavlja do 60 % sproščene energije, svetloba 25–30 % sproščene energije in ultravijolično (UV) sevanje 5–10 % sproščene energije <sup>(2)</sup>.

UV-sevanje delimo v tri kategorije – UV-A (315–400 nm), UV-B (280–315 nm) in UV-C (100–280 nm). UV-C sevanje in velika večina UV-B sevanja se absorbirata v roženici. UV-A svetloba prečka roženico in se absorbira v leči očesa. Del UV-sevanja, vidna svetloba in IR-sevanje lahko dosežejo mrežnico.

Vir IR-sevanja so (npr. pri varjenju) taleče se kovine. IR-sevanje deluje kot vročina in na nezaščiteni koži povzroči opekline, na očeh pa nevarne in celo nepopravljive opekline.

Tudi vidna svetloba je lahko škodljiva. Pri daljši izpostavljenosti lahko pride do poslabšanja vida. Pogled na presvetlo vidno svetlobo povzroča bolečino. Temu se je mogoče izogniti z dobro osvetlitvijo okolice, kar zmanjša velike svetlobne kontraste.

Pred mnogimi leti so odkrili kataraktogeni vpliv IR-svetlobe. Povzroča namreč fizikalno-kemijske spremembe v koloidnem stanju beljakovin leče, ki privedejo do njene motnjave, najprej na zadnjem polu, nato pa se motnjava širi še na druge dele ter dobi videz perle, običajno najprej na enem očesu (po izpostavljenosti, daljši od 15 let).

Povprečna raven izpostavljenosti roženice IR-sevanju sončne svetlobe je 10 W/m<sup>2</sup>.



Steklopihalci in delavci, zaposleni v jeklarnah, so (za primerjavo) izpostavljeni IR obsevanju očesa 0,8–4 kW/m<sup>2</sup>. Pri teh poklicih lahko pride do razvoja motnjav očesne leče po 10- do 15-letni vsakodnevni izpostavljenosti. Povzročijo jih predvsem krajši IR-žarki (< 1400 nm), medtem ko dolgi IR-žarki (> 1400 nm) povzročajo keratokonjunktivitis. Kratki IR-žarki prehajajo skozi roženico, delno jih zadrži leča, del pa prodre celo do mrežnice.

Prag za nastanek katarakte zaradi izpostavljenosti IR-sevanju je 1,7 kW/m<sup>2</sup>. Upoštevajoč varnostni korekcijski faktor je varna raven izpostavljenosti 1 kW/m<sup>2</sup>. 1 kW/m<sup>2</sup> je ekvivalent izpostavljenosti pri gledanju sonca v zenitu.

Pri kronični izpostavljenosti lahko povečano izločanje solznega filma in povečano število utripov z očmi znižujeta temperaturo roženice. Avtorji celo predpostavljajo, da ta učinek zmanjša vplive sevanja za 2- do 3-krat <sup>(3)</sup>.

#### **Pri nastanku IR-katarakte sta odločilna dva mehanizma:**

- pigment šarenice absorbira IR-spekter; ker ima šarenica aktivni metabolizem, absorbirana toplota ne moti funkcije šarenice, toplota pa se z neposrednim dotikom in kondukcijo toplotne energije prenaša na sprednje strukture leče ter povzroča njihovo koagulacijo. Če šarenica ni izpostavljena IR-sevanju (ostali deli očesa pa so), praktično ni možen nastanek katarakte. Za nastanek katarakte je torej ključno posredno (indirektno) segrevanje leče preko šarenice <sup>(3)</sup>;

- tudi leča delno absorbira IR-sevanje in na mestu absorpcije koagulira beljakovinske strukture leče, ki izgubljajo prosojnost. Običajno oba mehanizma potekata hkrati. Vemo, da IR-sevanje v manjšem odmerku deluje tudi kot kofaktor v nastanku presenilne katarakte.

Klinična slika katarakte zaradi IR-sevanja se kaže z eksfoliacijo sprednje kapsule leče in zamotnitvijo sprednjih ali zadnjih kortikalnih slojev leče. Klinična slika je odvisna od trajanja in intenzivnosti izpostavljenosti, pa tudi od vrste IR-sevanja. Dolga izpostavljenost nižjim odmerkom povzroči spremembe samo na sprednjih strukturah leče, ki so nezaščitene s šarenico. Katarakta se razvija počasi, tudi več let, zato se pokaže šele po 12 letih ali več dela na vročinskih delovnih mestih (4,5).

#### **IR-A z valovno dolžino 0,78–1,4 nm:**

- toplotne poškodbe očesa – vnetje vek, konjunktivitis, suho oko, katarakta, poškodba mrežnice, toplotne poškodbe kože.

#### **IR-B z valovno dolžino 1,4–3 nm:**

- prizadetost roženice, segrevanje očesa in vnetje, katarakta, toplotne poškodbe kože.

#### **IR-C z valovno dolžino 3–1 mm:**

- poškodbe roženice, toplotne poškodbe kože.

Tabela 1: Učinki IR-sevanja (6).

Valovna dolžina		Oči	Koža
0,780–1,400 nm	IRA	– katarakta (siva mrena) – poškodbe očesne mrežnice	– opekline
1,400–3,000 nm	IRB	– katarakta (siva mrena)	– opekline
3,000 nm–1,06 mm	IRC	– opekline očesne roženice	– opekline

**Merila izpostavljenosti za poklicno IR-katarakto:**

- minimalno intenzivnost izpostavljenosti potrdimo z delovno anamnezo in proučitvijo pogojev, ki dokazujejo ponavljajočo se ali stalno izpostavljenost IR-sevanju žareče kovine ali stekla preko 1500 °C;
- minimalno trajanje izpostavljenosti: eno leto;
- maksimalno latentno obdobje: 15 let <sup>(7)</sup>.

**Akutni učinki IR-sevanja**

Toplotni učinki na sprednji del očesa in bližje strukture:

- opekline kože okrog očesa, blefaritis in keratitis.

**Merila izpostavljenosti:**

- minimalno intenzivnost izpostavljenosti potrdimo z delovno anamnezo in proučitvijo pogojev dela, ki dokazujejo intenzivno izpostavljenost širokemu spektru IR-sevanja (IR-B in IR-C), tj. izvirom (sonce, žareči izvir, specialne luči) ali industrijskemu laserju;
- minimalno trajanje izpostavljenosti: nekaj minut;
- maksimalna latentna doba: 24 ur <sup>(7)</sup>.

**Toplotna okvara mrežnice zaradi IR-sevanja:**

- povzroči takojšen edem mrežnice, ki se kasneje pigmentira; brazgotinice so podobne kot pri okužbi z virusom;

- minimalno intenzivnost izpostavljenosti potrdimo z delovno anamnezo in proučitvijo pogojev dela, ki dokazujejo intenzivno izpostavljenost industrijskemu laserju;
- minimalno trajanje izpostavljenosti: približno 1 sekunda;
- maksimalna latentna doba: 24 ur <sup>(7)</sup>.

Tako vidna svetloba kot tudi IRA-sevanje se na roženici in leči izostrita in padata na mrežnico. Ob preveliki dovedeni energiji lahko IRA-sevanje povzroči čezmerno segrevanje mrežnice in s tem njeno poškodbo. Ker mrežnica IRA-sevanja ne zazna, ni nikakršne naravne zaščite z instinktivnim odmikom pogleda od vira sevanja, refleksnim mežikanjem ali zoženjem zenice. Kronična izpostavljenost IRA-sevanju pa lahko povzroči nastanek sive mreže.

Za valovne dolžine približno 1400 nm je prekatna vodica (ki zapolnjuje prostor med lečo in roženico) zelo močan absorber, še daljše valovne dolžine (IRB-sevanje) pa so oslABLJENE zaradi steklovine. Mrežnica je tako pred IRB-sevanji dobro zaščiten, vendar pa IRB-sevanja povzročajo segrevanje prekatne vodice in šarenice ter bližnjega tkiva, ki so slabo prekrvljeni in lahko le slabo nadzorujejo svojo temperaturo. Posledica dolgotrajne izpostavljenosti IRB-sevanju je pri nekaterih poklicih, pri katerih je delavec

Tabela 2: Biološki vpliv optičnih sevanj različnih valovnih dolžin na oko (8).

Valovna dolžina $\lambda$ [nm]	Prizadeti del telesa	Nevarnost
180–400 (UVA, UVB, UVC)	oči – roženica oči – veznica oči – leča	vnetje roženice vnetje očesne veznice nastanek sive mreže
315–400 (UVA)	oči – leča	nastanek sive mreže
300–700 za modro svetlobo	oči – mrežnica	vnetje očesne mrežnice
380–1.400 (vidna, IRA)	oči – mrežnica	opeklina mrežnice
780–1.400 (IRA)	oči – mrežnica	opeklina mrežnice
780–3.000 (IRA, IRB)	oči – roženica oči – leča	opeklina roženice nastanek sive mreže
nad 3.000 (IRC)	oči – roženica	opeklina roženice
380–3.000 (vidna, IRA, IRB)	koža	opeklina

izpostavljen virom z visoko temperaturo (izdelovalci/pihalci stekla, železarski delavci), pogosta poklicna bolezen siva mrena. IRC-sevanje se absorbira v roženici, zato je glavna nevarnost opekline roženice. Na proces nastajanja opekline roženice poleg IRC-sevanja vpliva odvajanje toplote zaradi izhlapevanja in mežikanja, ki pa je povezano z drugimi dejavniki okolja <sup>(4,5)</sup>.

UV-sevanje je največja stopnja tveganja za oči varilca kot tudi za druge osebe v neposredni bližini. Za oko je nevidno, zato ni načina, preko katerega bi vedeli, ali smo mu čezmerno izpostavljeni.

Različni tipi varjenja predstavljajo različno tveganje za izpostavljenost UV-svetlobi. Največ UV-sevanja se sprošča pri varjenju aluminija in uporabi argona kot varovalnega plina. Izpostavljenost je velika pri ročnem in plinskem obločnem varjenju. Povečuje se z manjšo oddaljenostjo od obloka, dolgotrajnim varjenjem, večjim električnim tokom in večjo energijo obloka. Pri laserskem varjenju, varjenju z elektronskimi žarki in frikcijskem varjenju nastaja le majhna količina UV-sevanja <sup>(1,4,5)</sup>.

#### Vrste UV-sevanja:

- UVC (valovna dolžina 280–100 nm): fotokeratitis, fotokonjunktivitis;
- UVB (valovna dolžina 315–280 nm): fotokeratitis, katarakta, fotokonjunktivitis, fotokemijske poškodbe;
- UVA (valovna dolžina 400–315 nm): fotokeratitis, fotokonjunktivitis, katarakta, poškodba mrežnice.

UV-svetloba prodira skozi različne sloje očesnih struktur v odvisnosti od njihove valovne dolžine. Že v roženici se absorbira približno 34 % (valovne dolžine 360 nm) pa do 92 % (valovne dolžine 300 nm) in celo 100 % (valovne dolžine, manjše od 200 nm). Del sevanja se absorbira v očesni vodici – med 6 % in 16 %, odvisno od valovne dolžine. Preostali del (med 2 % in 52 %, odvisno od valovne dolžine svetlobe) se zaustavlja v leči. Samo minimalna količina UV-sevanja doseže do mrežnice normalnega očesa.

Tabela 3: Učinki UV-sevanja (6).

Valovna dolžina (nm)		Oči	Koža
100–280	UVC	– fotokeratitis (vnetje roženice) – fotokonjunktivitis (vnetje očesne veznice)	– eritem (pordelost kože) – kožni rak
280–315	UVB	– fotokeratitis (vnetje roženice) – fotokonjunktivitis (vnetje očesne veznice) – katarakta (siva mrena)	– eritem (pordelost kože) – staranje kože – kožni rak
315–400	UVA	– fotokeratitis (vnetje roženice) – fotokonjunktivitis (vnetje očesne veznice) – katarakta (siva mrena) – poškodbe očesne mrežnice	– eritem (pordelost kože) – staranje kože – takojšnje potemnenje pigmenta (kože) – kožni rak
380–780	vidna svetloba	– poškodbe očesne mrežnice (nevarnost modre svetlobe) – opekline očesne mrežnice	– opekline

Akutna izpostavljenost se kaže v obliki keratokonjunktivitisa, ki se izrazi po 6–12 urah (snežna slepota, varjenje).

Posledica fotokeratitisa je neprijeten občutek peska v očeh. Pojavijo se epifora, fotofobija in blefarospazem. Vsi ti simptomi se v naslednjih nekaj urah okrepijo v tolikšni meri, da poškodovani daje vtis težkega bolnika. Vsak gib vek preko roženice povzroča nevzdržne bolečine.

Pri kronični izpostavljenosti pride do slabljenja vida, pojava pterigija, zamotnitve sprednje očesne komore ter katarakte in ploščatoceličnega raka veznice.

Z napredovanjem težav lahko pride do popolne oslepitve <sup>(4,5)</sup>.

Katarakta (motnjava lečne ovojnice) se pri sevanju (ionizirajočem in neionizirajočem) pojavi na zadnjem polu leče in zelo redko na ekvatorju, pri električni oftalmiji na sprednjem polu leče in pri starostni katarakti v jedru.

#### Akutni učinek UV-sevanja – keratokonjunktivitis

Kaže se s pečenjem, solzenjem in vnetjem veznic; če ga povzroči UV-laser, lahko okvari roženico (motnjave).

Minimalno intenzivnost izpostavljenosti potrdimo z delovno anamnezo, preučitvijo pogojev dela ter intenzivnostjo nad mejo UV (B in C) in UV-laserja. Minimalno trajanje izpostavljenosti je ena sekunda, maksimalna latentna doba pa 48 ur <sup>(7)</sup>.

#### Akutni učinek UV – fotoretinitis

Foretinitis je okvara foveole, ki se kaže s prehodno zaslepljenostjo, izkrivljeno sliko ali izpadom vidnega polja, medtem ko zunaj foveole ne povzroča simptomov.

Minimalno intenzivnost izpostavljenosti potrdimo z delovno anamnezo in preučitvijo pogojev dela ter intenzivnostjo izpostavljenosti UV (A) ali industrijskemu laserju (A).





Minimalno trajanje izpostavljenosti je del sekunde in povzroča takojšnjo zaslepljenost <sup>(7)</sup>.

#### Akutni učinek UV – aktinična katarakta

Običajno gre za prizadetost sprednje kapsule leče s širjenjem na subkapsulni epitel.

Minimalno intenzivnost izpostavljenosti potrdimo z delovno anamnezo ter podaljšano ali ponavljano izpostavljenostjo UV (A) ali UV (B). Minimalno trajanje izpostavljenosti je eno leto, maksimalna latentna doba prav tako eno leto <sup>(7)</sup>.

#### Posledice na očeh zaradi sevanja

Posledice na očeh so lahko akutne ali kronične.

UV-sevanje lahko poškoduje veznico in roženico očesa (angl. arc eye, welder's flash, lat. ophthalmia photoelectrica). Gre za keratokonjunktivitis. Simptomi so bolečina (od blagega občutka pritiska na oči do intenzivne bolečine), solzenje, pordele veznice, občutek peska v očeh ter fotofobija z blefarospazmom. Pri vnetnem odzivu sodelujejo interlevkini, citokini in matriksne metaloproteinaze.

Vedeti moramo, da keratokonjunktivitis ni nujno posledica varjenja. Nastopi lahko tudi, ko so oči delavca izpostavljene

neposredni sončni svetlobi, odboju sončne svetlobe od vode ali snega ali sevanju iz določenih vrst svetil (taninska luč, žaromet).

Čas izpostavljenosti, ki povzroči keratokonjunktivitis, je odvisen od intenzivnosti sevanja, kota vstopa sevanja v oko in tipa zaščite za oči. Pomembna je tudi razdalja delavca od obloka; pri slabi vidljivosti zaradi dima in odbojev se varilci včasih z glavo približajo obloku in s tem povečajo nevarnost poškodb. Le nekaj sekund trajajoča izpostavljenost intenzivni UV svetlobi lahko povzroči konjunktivitis.

Simptomi in znaki keratokonjunktivitisa se pojavijo po 6- do 12-urnem prostem intervalu. Za lajšanje simptomov priporočamo enkratno dajanje lokalnega anestetika v oko, uporabo antibiotičnega mazila za oči (preprečevanje okužbe) in po potrebi analgetik ter hladne obkladke. Bolečino lahko olajšajo tudi očesne kapljice z dilatatorji, ki sprostijo očesne mišice, ter pokritje očesa z obvezo. Stanje mine najkasneje v 72 urah in največja izguba je število izgubljenih dni. V primeru nacepljene okužbe pri ponovnem pregledu pri zdravniku v 48 urah pa je potrebna napotitev k oftalmologu.



Čeprav sta poškodba veznice in poškodba roženice najbolj pogosti, pa ima sevanje lahko tudi resne posledice za oko.

Kronična izpostavljenost UV-svetlobi lahko povzroči katarakto. Pogosteje pa katarakta nastane zaradi močne vidne svetlobe in IR-sevanja, saj se zaradi IR-sevanja očesna leča segreva. Posledice so trajno zmanjšana vidna ostrina, večja občutljivost na svetlobo in bleščanje<sup>(4,5)</sup>.

Pride lahko tudi do okvar mrežnice. Vidna svetloba in del IR-sevanja, ki se absorbirata v mrežnici, lahko povzročita toplotno ali fotokemijsko poškodbo. Terrienov prvi opis makulopatije pri varilcih sega že v leto 1902. Večinoma makulopatija nastane po naključni in nenamerni izpostavitvi obloku, ki povzroči nenadno bolečino v očesu. Intenzivna vidna svetloba namreč lahko premaga sposobnost zeničnega refleksa, da bi omejil količino svetlobe, ki doseže mrežnico. Takšna svetloba začasno oslepi in utruje oko.

Teorije o mehanizmu poškodbe mrežnice varilca omenjajo fototoksično reakcijo med vidno svetlobo in fosfolipidi v pigmentih mrežnice, pri čemer se tvorijo reaktivni kisikovi prosti radikali. Pri blagi makulopatiji sta prisotna paracentralni ali centralni skotom in edem makule. V hudih primerih pride do brazgotinjenja pod mrežnico, krvavitve, neovaskularizacije in odstopa mrežnice. Predvsem je nevarna modra svetloba valovne dolžine približno 440 nm,

na katero je oko posebej občutljivo in ki lahko povzroči začasno ali trajno brazgotinjenje mrežnice. Tako imenovani »blue light hazard« lahko privede celo do slepote. Diagnozo makulopatija težko postavimo zgodaj, saj jo prvih nekaj dni zakriva keratokonjunktivitis. Čeprav se večina makulopatij v obdobju nekaj mesecev do enega leta popravi, pa pri nekaterih varilcih okvara centralnega vida vztraja.

Ugotavljajo tudi, da umetno nastalo UV-sevanje pomembno poveča tveganje za razvoj malignega melanoma očesa pri varilcih. Predvsem to velja za osebe s svetlimi očmi, svetlo kožo in hudimi opeklinami oči<sup>(1,4,5)</sup>.

#### **Druge nevarnosti za oko varilca**

Poleg sevanja sta nevarna vira poškodb oči varilca še mehanski vir (leteči delci, žlindra) in kemijski vir (dim, plini). Železni tujki se prilepijo na roženico in jo poškodujejo zaradi toplotnega delovanja, mehanske poškodbe in oksidacijske poškodbe ob rjavenju. Nekatere poškodbe lahko povzročijo nepopravljivo okvaro, večina poškodb oči pa je popravljivih in delavci se lahko vrnejo na delo v dveh dneh, velika večina pa v sedmih dneh.

Aerosol (dim, prah) in plini so najbolj nevarni dejavniki pri varjenju, saj povzročajo trajne posledice in lahko vstopijo v telo preko številnih poti. Nastanejo zaradi visokih temperatur pri obdelavi elektrod, žic in med varjenjem, ko



pride do uparjanja mineralnih in kovinskih elementov. Značilna je velika spremenljivost v njihovi kemijski sestavi, odvisno od vrste kovine, tipa varjenja, materiala elektrode in kovinske prevleke kovine.

Aerosoli najpogosteje vsebujejo železo (Fe), mangan (Mn), krom (Cr), baker (Cu), berilij (Be), nikelj (Ni), fluorid, cink (Zn), barijeve spojine, kadmij (Cd), kobalt (Co), svinec (Pb), živo srebro (Hg), molibden (Mo), antimon (Sb) in vanadij (V). Plini varjenja so ozon (O<sub>3</sub>), ogljikov monoksid (CO), ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>), fosgen, dušikovi oksidi (NO, NO<sub>2</sub>), aldehydi, diizocianati in fosfini. Lahko imajo dražeče, toksično, alergeno, fibrogeno, kancerogeno in teratogeno delovanje. Dražeči za oko so predvsem fosgeni pa tudi baker, fluoridi, molibden, nikelj, vanadij, hidrogen fluorid, dušikovi oksidi, aldehydi, diizocianati in fosfini<sup>(1)</sup>.

### KATARAKTA (ZARADI IS)

#### Radiacijska katarakta

Sprejeto je stališče, da za lečo ni nenevarnega odmerka, kar pomeni, da vsak odmerek ionizirajočega sevanja skriva v sebi potencialno nevarnost za nastanek katarakte. Prav tako menijo, da gre pri pojavu katarakte za kumulativni učinek posameznih odmerkov ionizirajočega sevanja. Majhni odmerki sevanja, ki so popolnoma v mejah, dopustnih za poklicno izpostavljenost, lahko

po dolgoletni izpostavljenosti delujejo kot kofaktor v nastanku presenilne katarakte. Letni odmerek 150 mSv povzroči spremembe očesne leče, toda tudi precej manjši odmerki lahko po daljšem času zaradi kumulativnih učinkov radiotoksinov povzročijo enake spremembe.

Najmanjši enkratni odmerek, ki lahko povzroči katarakto, je 0,45 Gy, zagotovo pa nastane pri odmerku, večjem od 3 Gy. Predpostavljajo, da je najnižja raven odmerka, potrebna za nastanek katarakte, približno 2 Gy pri enkratni izpostavljenosti in 5 Gy pri frakcionirani oziroma dolgotrajni izpostavljenosti. Povprečna latentna doba pri izpostavljenosti odmerku, večjemu od 1 Gy, naj bi bila 2–3 leta. V zadnjih raziskavah ugotavljajo, da naj bi bila pri nizkih odmerkih celo 30–45 let<sup>(9)</sup>.

Radiacijska katarakta je posledica neposredne prizadetosti epitela leče. Ionizirajoče sevanje moti mitozo epitelnih celic na ekvatorju leče, kar privede do nepravilnega oblikovanja mladih lečnih vlaken, ki izgubijo prozornost. Poleg tega ionizirajoče sevanje povzroča tudi denaturacijo proteinov. Delovanje je izrazitejše pri mladih delavcih, ker sta rast in presnova leče živahniji. Pride tudi do prizadetosti krvnih žil, ki prehranjujejo leči.



Do katarakte lahko pride po treh mehanizmih:

- prizadetost kapsule leče, ki povzroči spremembo njenih lastnosti (zlasti semipermeabilnost);
- sprememba v sintezi strukturnih beljakovin zaradi interference z mitotično aktivnostjo epitelnih celic ekvatorja leče;
- porast hidriranosti lečnih vlaken.

Glavni simptomi katarakte so zmanjšanje vidne ostrine na prizadetem očesu in v določenih primerih tudi monokularna diplopija. Zamotnitev leče se klinično vidi pri difuzni ali fokalni osvetlitvi kot sivkasta mesta v leči, s presvetljevanjem očesa z oftalmoskopom v mračnem prostoru pa kot »črvi defekti« v rdečem refleksu očesnega dna.

Klinične oblike pojava motnjav na leči razvrstimo v 4 stadije:

- 1. stadij: na periferiji leče, na samem ekvatorju se pojavijo drobne točkaste in prašnate zamotnitve (rjavkasto-črne barve);
- 2. stadij: motnjave se zlivajo v kontinuiran obroč z izrezanim in nepravilnim notranjim robom proti središču leče, medtem ko je zunanji rob jasno omejen obroč zamotnitve od nespremenjene in prozorne krajne periferije;
- 3. stadij: od perifernega obroča se začnejo oblikovati trakaste motnjave, ki se širijo proti središču leče in preidejo tudi na korteks leče;
- 4. stadij: motnjave zaobjamejo tudi samo središče leče v obliki centralne obročaste motnjave.

Klinična slika pri izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju se kaže z zamotnitvijo v zadnjem polu leče, ki se v obliki vakuol s pogostim prelivanjem barve širi tako v zadnji kot tudi v sprednji subkapsularni sloj. Katarakta je šele pozna posledica obsevanja po latenci nekaj mesecev do nekaj let. Pri kronično izpostavljenih osebah se statistično pogosto pojavlja presenilna katarakta, ki je po kliničnem videzu ne moremo razlikovati od katerega koli drugega tipa presenilne katarakte.

Spremembe transparentnosti leče, ki so povezane s porušitvijo integritete biokemijskih procesov in strukturnimi spremembami v vlaknih leče, so tipične pri staranju. Pokazalo se je, da jih v veliki meri lahko povzročata delovanje nekega zunanega dejavnika kot kofaktorja v nastanku katarakte.

Pri katarakti, povzročeni s TNT, so motnjave posledica neposrednega vpliva molekule TNT ali njenih presnovkov, ki s krvjo pridejo do očesne vodice in nato do leče, kjer s proteini leče ustvarjajo netopljive spojine. Umeščenost začetne TNT-katarakte na ekvatorju leče lahko pojasnimo s tem, da TNT povzročata supresijo encimskega sistema peroksidaze, ki je najpomembnejši na ekvatorju leče, zato pride do motenj strukturnih kristalinov leče.

Katarakta se začne aksialno z vakuolami in zrnasto motnjavo v zadnjem subkapsularnem delu leče in se nato nadaljuje periferno z motnjavo na periferiji leče, pri čemer nastane obročasta prizadetost. Klinično ima značilnosti presenilne katarakte, opazimo rumene pege in meglo proti svetli podlogi, pri aksialni motnjavi pa je vid boljši pri slabi osvetlitvi, nasprotno kot pri periferni motnjavi. Ugotavljamo lahko tudi lateralno diplopijo in nerazpoznavanje barv, predvsem modre in vijoličaste.

### Merila za poklicno radiacijsko katarakto

Najnižja intenzivnost izpostavljenosti: poklicna izpostavljenost, ocenjena z anamnezo in analizo delovnega okolja ob dokazu zunanje obsevanosti s kumulativnim odmerkom na oči > 10 Gy za X-žarke in 8 Sv za nevtrone (0,8 Gy). Najkrajše trajanje izpostavljenosti je kratko. Maksimalna latentna doba je 5 let, najkrajši indukcijski čas pa 1 leto <sup>(7)</sup>.



### Literatura

1. Cvenkel B. Poškodbe očesa, Ahčan GU, Prva pomoč, RK, Ljubljana: 2006: 248–66.
2. Češnjegar M., Bilban M., Stirn K.B. Oko varilca, ZVD, Delo in varnost, 59: 6; 49–53.
3. Vos, J. J. (2004). Thermal cataract, from furnaces to lasers. Clin Exp Optom, 372–376.
4. Bilić N. Oko. Šarić M, Žuškin E: Medicina rada i okoliša, Medicinska naklada Zagreb 2002: 422–8.
5. Mirković D, Savić S: Čulo vida. Vidaković A ur. Medicina rada. KCS Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu i Udruženje za medicinu rada Jugoslavije, Beograd 1997: 1138–53.
6. Umetna optična sevanja. Priročnik z osnovnimi informacijami in navodili. (brez datuma). LJUBLJANA: Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve.
7. Information notices on occupational diseases: a guide to diagnosis. (2009). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
8. Annon INIS: Biološki vplivi optičnih sevanj; WWW.inis.si/index.php?id=385; 21. 02. 2020.
9. Chodick, G. (2008). Risk of Cataract after Exposure to Low Doses of Ionizing Radiation: A 20-Year Prospective Cohort Study among US Radiologic Technologists. Am J Epidemiol, 620–631.
10. Fijavž T. Poklicne poškodbe oči, Primarno zdravstveno varstvo seminar 2019.
11. Božič D. Ergooftalmologija, Grafiti, Maribor, 1998.
12. Bilban M. Prva pomoč v delovnem okolju, ZVD, Ljubljana 2008.
13. LaDou J., 2004. Current occupational & environmental medicine, 3. izdaja, New York:
14. Smedley J., Dick F., Sadhra S., 2013. Oxford handbook of occupational health, 2. izdaja, Oxford: Oxford University Press.
15. Pranjic N. Medicina rada, Arthur, Tuzla 2007: 352–9.