

Strålingsindusert katarakt

Strålevernforskriftens dosegrense til øyelinsen for yrkeseksponerte er basert på utdaterte terskeldoser for strålingsindusert katarakt. Nyere studier har vist at skader kan forekomme ved vesentlig lavere stråledoser enn tidligere antatt. Resultatene fra de nye studiene vil innvirke på fremtidig lovgivning og anbefalinger rundt strålehygiene for personell på røntgenlaboratorier og operasjonsstuer, som kan være utsatt for betydelige stråledoser gjennom sitt arbeid.

The International Commission on Radiological Protection (ICRP) er en uavhengig internasjonal organisasjon som består av myndigheter og ledende forskere innenfor strålevern. ICRP oppsummerer jevnlig kunnskapsgrunnlaget for helseeffekter som følge av eksponering fra ioniserende stråling.

Basert på forskning fra 1950-årene ble det stadfestet at strålingsindusert katarakt kan forekomme dersom øyelinsen utsettes for høyere stråledose enn 5 000 mGy i løpet av yrkeskarrieren (1, 2). Denne terskeldosen er grunnlaget for den nåværende strålevernlovgivningen i Norge og EU, som angir en dosegrense for yrkeseksponerte på 150 mSv (ekvivalent dose) per år til øyelinsen (1, 3).

Forskning publisert mellom 1998 og 2004 indikerte at linseskader kan komme ved langt lavere dose (4–7). Derfor uttalte ICRP i 2007 at «Øyelinsen kan være mer strålesensitiv enn tidligere antatt» (1). Det ble startet flere studier for å undersøke dette nærmere (8–11). I 2011 vurderte ICRP at kunnskapsgrunnlaget var godt nok til å utgi en kort uttalelse som stadfestet at strålingsindusert katarakt kan forekomme ved doser over 500 mGy, en reduksjon i antatt terskelverdi på 90%. Dette førte til at ICRP reduserte sin anbefaling angående årlig dosegrense til øyelinsen til 20 mSv per år. Året etter publiserte ICRP en omfattende rapport med dokumentasjon av kunnskapsgrunnlaget for denne anbefalingen (12).

I Norge er de nye grenseverdiene lagt inn i forslaget til ny strålevernforskrift, som var på høring sommeren 2016 med planlagt ikrafttredelse fra 2017 (Statens strålevern, personlig kommunikasjon).

I denne artikkelen tar vi sikte på å gi en kort innføring i kunnskapsgrunnlaget rundt strålingseffekter i øyelinsen, i tillegg til noen praktiske refleksjoner rundt strålevern.

Kort om dosestørrelser

Absorbent dose (stråledose) er energi absorbert per kilo vev (J/kg) og har SI-enhet gray (Gy). Denne kan justeres for i hvor stor grad strålingstypen ødelegger vevet, og kalles da

ekvivalent dose med SI-enhet sievert (Sv). For røntgenstråling er justeringsfaktoren lik én, absorbert og ekvivalent dose er derfor numerisk like.

Denne størrelsen må ikke forveksles med effektiv dose, som er ekvivalent dose justert med strålefølsomheten til det bestrålte vevet, som også har SI-enhet sievert (Sv). Denne størrelsen sier noe om risikoen for tilfeldige stråleskader ved eksponering av en stor befolkningsgruppe, og den brukes ofte innen radiologi.

I dette arbeidet viser størrelser i sievert til ekvivalent dose.

Stråleskader på øyelinsen

Katarakt er en forandring av gjennomsiktigheten til øyelinsen. Hvis tilstanden får utvikle seg ubehandlet, kan den føre til betydelig synsreduksjon. Strålingsindusert katarakt er en undergruppe av katarakt som ofte er assosiert med uklarheter under linsekapselen, såkalt bakre subkapsulær katarakt. Oppdages slike uklarheter uten at det ikke finnes andre kjente risikofaktorer, kan skaden være strålingsindusert (13).

Bakre subkapsulære forandringer er spesielt assosiert med nedsatt kontrastsensitivitet (8), noe som kan være svært uheldig for personell som er avhengig av godt syn for å granske bilder eller for å utføre bildeveiledet behandling.

Strålingsindusert katarakt er blitt klassifisert ved hjelp av Merriam & Focht-skalaen som deler tilstanden inn i ni ulike alvorlighetsgrader basert på graden av linseklarheter (14).

ICRP antar i dag at strålingsindusert katarakt er en vevsreaksjon som kan inntreffe om linsen får en stråledose på mer enn 500 mGy. Ved denne terskelverdien antar man en insidens på ca. 1% (12). Det er en betydelig latenstid mellom eksponeringen og kataraktformasjon, typisk år til flere tiår hvor høyere dose gir kortere latenstid (2, 15, 16). Dette er mye av årsaken til at tidligere estimater for terskeldose før katarakt kan forekomme, var for høye (17).

Skademekanismen bak strålingsindusert

Bjørn Helge Østerås

bjorn.helge.osteras@ous-hf.no

Intervensjonssenteret
Oslo universitetssykehus, Rikshospitalet og
Institutt for klinisk medisin
Universitetet i Oslo

Kristin Jensen

Intervensjonssenteret
Oslo universitetssykehus, Rikshospitalet og
Fysisk institutt
Universitetet i Oslo
og
Institutt for naturvitenskaplige helsefag
Høgskolen i Oslo og Akershus

Hilde Kjernlie Andersen

Intervensjonssenteret
Oslo universitetssykehus, Rikshospitalet

Anne Catrine T. Martinsen

Intervensjonssenteret
Oslo universitetssykehus, Rikshospitalet og
Fysisk institutt
Universitetet i Oslo

HOVEDBUDSKAP

Den antatte terskelverdien for strålingsindusert katarakt er redusert fra 5 000 mGy til 500 mGy

Personell som er utsatt for betydelig yrkeseksponering for stråling har økt risiko for strålingsindusert katarakt

Det vil trolig bli implementert nye grenseverdier i Norge på 20 mSv/år til øyelinsen i 2017, nåværende grense er 150 mSv/år

Linseeksponering kan reduseres med mellom 35 til 95% ved å bruke blyglassbriller

Tabell 1 Tiltak for å redusere stråledose til personell [22]

Bruk frakk med blygummi	Det viktigste tiltaket for å beskytte arbeidstakere mot stråling. Reduserer stråledosen med over 90 % [25].
Bruk blyglassbriller	Reduserer dosen til øyelinsen mellom 35–95 % [25].
Bruk thyreoideakrage	Reduserer eksponering av thyreoidea [25].
Bruk barrierer mot stråling	Takhengt eller mobile blyskjermer kan være svært effektive om personellet er trent til å stå bak dem under bildeopptak.
Minimer eksponeringstid	Bruk gjennomlysning med så lav pulsfrekvens som praktisk mulig. Begrense antall opptak.
Bruk apparatets dosereduksjonsteknologi	Moderne apparater har ofte mange funksjoner for å redusere stråledose. Kjenn og bruk dem. Spør leverandørens applikasjonsspesialister.
Bruk god gjennomlysningsgeometri	Posisjoner pasienten så nær røntgenapparatets detektor som praktisk mulig.
Bruk kollimering	Begrensning av strålefeltet reduserer dosen tilsvarende. I tillegg blir røntgenbildet bedre fordi mindre spredt stråling treffer detektoren.
Stå på egnet sted	En dobling av avstanden til det eksponerte området på pasienten reduserer dosen til en kvart. Trekk litt unna ved bildeopptak.
Få opplæring	Pass på at alle brukere har tilstrekkelig opplæring innen strålevern og hvordan apparaturen virker.
Bruk dosimeter jevnlig og riktig	Man må vite stråledosen for å forsikre seg at man jobber forsvarlig. Husk å bære dosimeteret på laboratoriet og med fremtiden pekende mot strålekilden (strekken er på baksiden).

katarakt er usikker. Man har lenge antatt at strålingsindusert katarakt var en skade som først kunne oppstå ved eksponering over en terskeldose. En slik skade kjennetegnes ved at et visst antall celler må ødelegges for å gi en vevsskade, og at jo flere celler som ødelegges, desto alvorligere blir skaden. Dermed

vil økt eksponering resultere i økt alvorlighetsgrad av katarakt (15). Det er denne modellen ICRP tok utgangspunkt i. Imidlertid har nyere studier indikert at strålingsindusert katarakt kanskje oppstår som en tilfeldig effekt (stokastisk) uten en terskeldose, tilsvarende strålingsindusert kreft. En slik effekt

karakteriseres ved at skaden initieres med stråleskade av en enkelt celle som medvirker til kataraktutvikling. Dette vil bety at enhver dose til øyelinsen potensielt vil kunne forårsake strålingsindusert katarakt. Dersom dette stemmer, vil stråledosen påvirke sannsynligheten for å utvikle strålingsindusert katarakt, men ikke alvorlighetsgraden (15).

Forskning

Tidligere har kunnskapsgrunnlaget for strålingseffekt på øyelinsen vært basert på forskning på forskjellige typer populasjoner, som overlevende etter atombomber, personell involvert i opprydningsarbeid etter Tsjernobyl-ulykken, astronauter og personer som har fått stråleterapibehandling. I senere år er det gjennomført studier som kartlegger stråledoser og kataraktforekomst hos personell som jobber med radiologisk og kardiologisk intervensjon. En oppsummering av disse studiene følger her.

I to studier fra 1998 og 2004 ga man en indikasjon på at risikoen for katarakt kunne være høyere enn tidligere antatt (4, 7). I den første studien ble det observert katarakt hos to radiologer og to radiografer etter bruk av laboratorier uten strålevernstiltak som takhengt blyskjerm eller blyglassbriller. Den andre viste at 28 av 59 radiologer hadde skader på øyelinsen konsistent med stråleskade, hvor antall bakre subkapsulære forandringer økte med antall yrkesaktive år.

ICRP startet Retrospective Evaluation of Lens Injuries and Dose (RELID)-studiene (2010–2013), som er fire studier hvor kohorten ble rekruttert på kardiologikongresser i Bogota og Montevideo, Malaysia, Kuala Lumpur og Buenos Aires. Der ble forekomst av bakre subkapsulære forandringer hos kar-

Tabell 2 Typiske stråledoser til øyelinsen ved diverse prosedyrer, publikasjoner 2007–11 [13]

Prosedyre	Dose til øyelinsen (mSv)	Kommentar ¹
Hepatisk kjemoembolisering	0,016–0,064/0,27–2,14	Beskyttet/Ubeskyttet
Angioplastikk i bekkenkar	0,015–0,066/0,25–2,22	Beskyttet/Ubeskyttet
Nevroembolisering (hode, ryggrad)	0,083–0,329/1,38–11,20	Beskyttet/Ubeskyttet
Angiografi i lungearteriene	0,011–0,045/0,19–1,49	Beskyttet/Ubeskyttet
Transjugular intrahepatisk portosystemisk shunt (TIPS)	0,025–0,112/0,41–3,72	Beskyttet/Ubeskyttet
Koronar angiografi og perkutan koronar intervensjon	0,014	Beskyttet
Endovaskulær abdominal aneurismereparasjon (EVAR)	0,010	Ubeskyttet
Urologi	0,026	Ubeskyttet
Ortopedi	0,050	Ubeskyttet
Hysterosalpingogram (HSG)	0,22	Ubeskyttet
Endoskopisk retrograd kolangiopankreatikografi (ERCP)	0,094–0,340	Ubeskyttet

¹ Beskyttet betyr at operatøren har vært beskyttet av blyglasskjerm eller briller med blyglass

diologer og støttepersonell (radiografer og sykepleiere) kartlagt (8–11). Gjennomsnittlig stråledose til øyelinsen for kardiologene ble estimert til mellom 1 000 og 6 000 mSv. Det ble rapportert en forekomst av linseforandringer hos 38 til 53 % av kardiologene, mot 9–20 % i kontrollgruppene som var ueksponerte individer matchet på kjønn og alder (relativ risiko på 2,6 til 5,7). Alle studiene viste signifikant økning i forekomst av bakre subkapsulære forandringer i forhold til kontrollgruppene. For radiografene og sykepleierne ble gjennomsnittlig stråledose til øyelinsen estimert til mellom 1 500 og 2 000 mSv. Det ble rapportert en forekomst av bakre subkapsulære linseforandringer på 21–54 % med samme kontrollgruppe (relativ risiko på 1,7 til 5,0). Tre av studiene viste signifikant økning av forandringer sammenlignet med kontrollgruppene.

Det ble også gjennomført en studie i Frankrike i 2013, Occupational Cataracts and Lens Opacities in interventional Cardiology (O'CLOC) (18). Her hadde kardiologene tre ganger så hyppig bakre subkapsulære forandringer sammenlignet med kontrollgruppen som var matchet på alder og kjønn. De fleste forandringene var lavgradige. Det ble ikke observert økt risiko hos de kardiologene som brukte blyglassbriller minst 75 % av tiden.

Tolkning av resultatene

Studiene viser at personell som utsettes for betydelig mengde røntgenstråling, har en tilleggsrisiko for å utvikle forandringer i øyelinsen. Studiene viser også at denne risikoen er til stede ved en langt lavere dose enn den tidligere antatte grensen på 5 000 mGy. Derfor mener forfatterne at selv om skademekanismen bak strålingsindusert katarakt er ukjent, er det fornuftig å redusere dosegrensen.

I studiene var de fleste forandringene lavgradige, men noen hadde verdier på Merriam & Focht-skalaen som korrelerer med dårlig syn. Studier på dyr viser at skadens alvorlighetsgrad øker med stråledose og tid etter eksponering (9), noe som betyr at selv lavgradige linseforandringer bør tas alvorlig. Det er også vist at personell som benytter seg av beskyttelsestiltak som takhengt blyskjerm eller briller med blyglass, har betydelig lavere risiko. Det er likevel behov for prospektive studier på større kohorter for å øke kunnskapen rundt forholdet mellom dose og respons.

Praktisk strålevern

Det viktigste tiltaket for å beskytte øyelinsen er bruk av blyglassbriller. Imidlertid er det rapportert om variabel dosereduksjon ved bruk av blyglassbriller (fra 35 % til mer enn 95 %) (19). Effekten er avhengig av hvorvidt brillen er skjermet på siden av øyet og posisjonen til operatøren i forhold til den be-

strålte anatomien til pasienten. Ofte vil en operatør se på skjerm samtidig som pasienten gjennomlyses på siden av operatøren. I slike situasjoner er det gunstig at brillen også dekker siden av øyet. Dosemålinger ved intervensjonskardiologi har vist dose-reduksjon på ca. 50 % for venstre øye ved bruk av linser med blyglass (20, 21). Takhengt skjerm med blyglass har også vist seg effektivt, men er kun hensiktsmessig i laboratorier med fastmontert utstyr. En oversikt over andre teknikker som kan brukes til å redusere stråledose til pasienten, personellet og dermed også øyelinsen er gitt i tabell 1 (22).

Relevans for yrkeseksponerte

I RELID-studiene var laveste gjennomsnittlige dose til operatørene 1 000 mSv. Til sammenligning vil en operatør som årlig utsettes for dose tilsvarende den foreslåtte grensen på 20 mSv/år i 30 år oppnå 600 mSv. Det er sammenlignbart med den nye antatte terskeldosen på 500 mSv. Selv om dette er det beste estimatet man har i dag, kan grensen senere vise seg å være lavere, eller potensielt ikke eksistere dersom stråleinduserte linsekader viser seg å være en tilfeldig effekt.

Studiene av yrkeseksponerte er primært gjort på intervensjonskardiologer ettersom denne yrkesgruppen har vært spesielt eksponert for stråling. Det er vist at radiologiske intervensjonsprosedyrer kan resultere i tilsvarende stråledoser (23). Ortopeder med stor strålebelastning kan også overskride grensen på 20 mSv/år (24). Dette tyder på at strålingsindusert katarakt er relevant både for personell som arbeider med fastmonterte intervensjonslaboratorier og mobile C-buer – spesielt dersom det gjøres krevende prosedyrer, hvor det gjennomlyses over lengre tid på deler av kroppen som krever mye stråling for å generere gode bilder, for eksempel bekken, abdomen eller i undersøkelser hvor det brukes mye skrå projeksjoner. I tabell 2 viser vi en sammenstilling av stråledoser til øyelinsen ved diverse prosedyrer publisert mellom 2007 og 2011 (13).

Vår erfaring fra Oslo universitetssykehus er at personell kan jobbe med denne typen utstyr over lengre tid uten å akkumulere vesentlige stråledoser, før man en dag får en vanskelig prosedyre. Personalet kan da akkumulere doser tilsvarende måneders eller års eksponering på den ene undersøkelsen eller behandlingen. Derfor bør personell som utsettes for stråling bære dosimeter jevnlig med fremsiden pekende mot strålekilden (strek-koden er på baksiden), slik at man har kontroll på sin eksponering. Dosemonitorering vil trolig bli enda viktigere fremover, siden det i flere fagfelt implementeres bildeveiledede teknikker som involverer ioniserende stråling.

Bjørn Helge Østerås (f. 1980)

har en Master of Science-grad i biofysikk og medisinsk fysikk. Han er medisinsk fysiker og ph.d.-kandidat.

Forfatter har fylt ut ICMJE-skjemaet og oppgir ingen interessekonflikter.

Kristin Jensen (f. 1978)

har en Master of Science-grad i biofysikk og medisinsk teknologi. Hun er medisinsk fysiker og ph.d.-kandidat.

Forfatter har fylt ut ICMJE-skjemaet og oppgir ingen interessekonflikter.

Hilde Kjernlie Andersen (f. 1979)

har en Master of Science-grad i biofysikk og medisinsk teknologi. Hun er medisinsk fysiker og enhetsleder for røntgenenheten.

Forfatter har fylt ut ICMJE-skjemaet og oppgir ingen interessekonflikter.

Anne Catrine T. Martinsen (f. 1974)

har ph.d.-grad, er medisinsk fysiker, leder for Seksjon for diagnostisk fysikk og førsteamanuensis.

Forfatter har fylt ut ICMJE-skjemaet og oppgir ingen interessekonflikter.

Litteratur

1. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP 2007; 37: 1–332.
2. Kleiman NJ. Radiation cataract. Ann ICRP 2012; 41: 80–97.
3. Lovdata. FOR-2010-10-29-1380. Forskrift om strålevern og bruk av stråling (strålevernforskriften). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-10-29-1380> [8.9.2016].
4. Vañó E, González L, Beneytez F et al. Lens injuries induced by occupational exposure in non-optimized interventional radiology laboratories. Br J Radiol 1998; 71: 728–33.
5. Hall P, Granath F, Lundell M et al. Lenticular opacities in individuals exposed to ionizing radiation in infancy. Radiat Res 1999; 152: 190–5.
6. Minamoto A, Taniguchi H, Yoshitani N et al. Cataract in atomic bomb survivors. Int J Radiat Biol 2004; 80: 339–45.
7. Junk AK, Haskal Z, Worgul BV. Cataract in interventional radiology – an occupational hazard? Invest Ophthalmol Vis Sci 2004; 45: 388.
8. Vano E, Kleiman NJ, Duran A et al. Radiation-associated lens opacities in catheterization personnel: results of a survey and direct assessments. J Vasc Interv Radiol 2013; 24: 197–204.
9. Vano E, Kleiman NJ, Duran A et al. Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel. Radiat Res 2010; 174: 490–5.
10. Ciraj-Bjelac O, Rehani MM, Sim KH et al. Risk for radiation-induced cataract for staff in interventional cardiology: is there reason for concern? Catheter Cardiovasc Interv 2010; 76: 826–34.
11. Ciraj-Bjelac O, Rehani M, Minamoto A et al. Radiation-induced eye lens changes and risk for cataract in interventional cardiology. Cardiology 2012; 123: 168–71.
12. Stewart FA, Akleyev AV, Hauer-Jensen M et al. ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs – threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. ICRP publication 118. Ann ICRP 2012; 41: 1–322.

>>>

13. Radiation and Cataract. Staff protection. International Atomic Energy Agency (IAEA). 2013. https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/6_OtherClinicalSpecialities/radiation-cataract/Radiation-and_cataract.htm [13.6.2016].
14. Merriam GR Jr, Focht EF. A clinical study of radiation cataracts and the relationship to dose. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 1957; 77: 759–85.
15. Seals KF, Lee EW, Cagnon CH et al. Radiation-induced cataractogenesis: a critical literature review for the interventional radiologist. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2016; 39: 151–60.
16. Rehani MM, Vano E, Ciraj-Bjelac O et al. Radiation and cataract. *Radiat Prot Dosimetry* 2011; 147: 300–4.
17. Haskal ZJ. Get protected: the eyes have it. *J Vasc Interv Radiol* 2013; 24: 205–6.
18. Jacob S, Boveda S, Bar O et al. Interventional cardiologists and risk of radiation-induced cataract: results of a French multicenter observational study. *Int J Cardiol* 2013; 167: 1843–7.
19. Kim KP, Miller DL. Minimising radiation exposure to physicians performing fluoroscopically guided cardiac catheterisation procedures: a review. *Radiat Prot Dosimetry* 2009; 133: 227–33.
20. Challa K, Warren SG, Danak S et al. Redundant protective barriers: minimizing operator occupational risk. *J Interv Cardiol* 2009; 22: 299–307.
21. van Rooijen BD, de Haan MW, Das M et al. Efficacy of radiation safety glasses in interventional radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2014; 37: 1149–55.
22. Miller DL, Vañó E, Bartal G et al. Occupational radiation protection in interventional radiology: a joint guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2010; 33: 230–9.
23. Vanhavere F, Carinou E, Domienik J et al. Measurements of eye lens doses in interventional radiology and cardiology: Final results of the ORAMED project. *Radiat Meas* 2011; 46: 1243–7.
24. Romanova K, Vassileva J, Alyakov M. Radiation exposure to the eye lens of orthopaedic surgeons during various orthopaedic procedures. *Radiat Prot Dosimetry* 2015; 165: 310–3.
25. Statens strålevern. Veileder om medisinsk bruk av røntgen- og MR-apparatur. Veileder til forskrift om strålevern og bruk av stråling. Revidert september 2014. <http://nrpa.no/dav/2e5ac2ed79.pdf> [8.9.2016]

Mottatt 11.4. 2016, første revisjon innsendt 21.6. 2016, godkjent 8.9. 2016. Redaktør: Lars Frich.