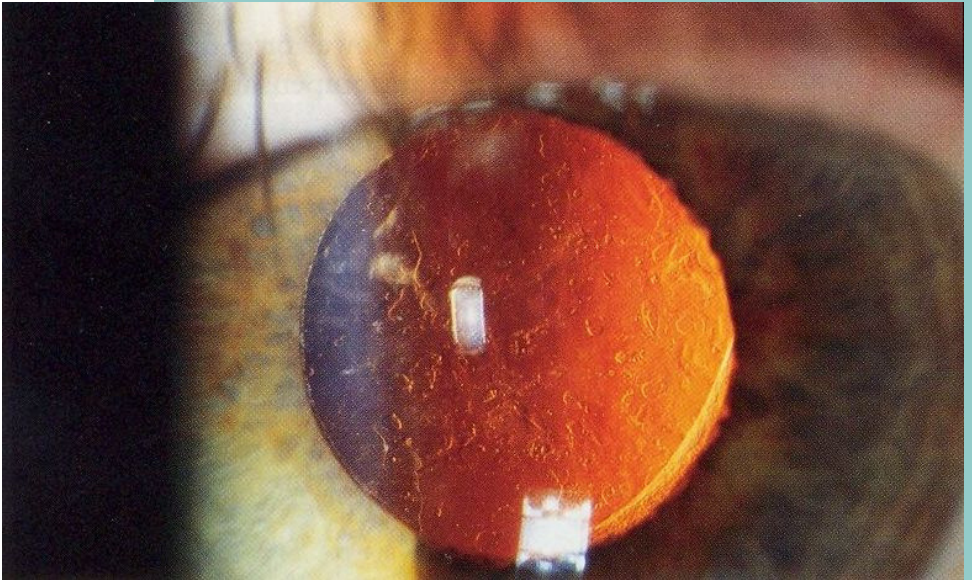


MARLEENA PIKKARAINEN

SÄTEILYN VAIKUTUS KAIHIN SYNTYYN

Tietoa säteilytyöntekijöille



© Marleena Pikkarainen

Oulun ammattikorkeakoulu
Optometrian tutkinto-ohjelma
Opinnäytetyö
syksy 2019

Kannen kuva: Wikimedia Commons, Rakesh Ahuja
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Posterior_capsular_opacification_on_retr_oillumination.jpg)

Kuva s. 11: Mavig GmbH 2019. Eye Protection against Diagnostic or Therapeutic Radiation, www.mavig.com

Muut kuvat: Marleena Pikkarainen

SISÄLLYS

JOHDANTO	3
SILMÄN ANATOMIAA	4
IONISOIVA SÄTEILY	6
ANNOSRAJAT	6
KAIHIN SYNTY	7
KAIHIN VAIKUTUS NÄKEMISEEN	9
KAIHIN HOITO	10
SILMIEN SUOJAAMINEN SÄTEILYLTÄ	11
YHTEENVETO	12
LÄHTEET	13

JOHDANTO

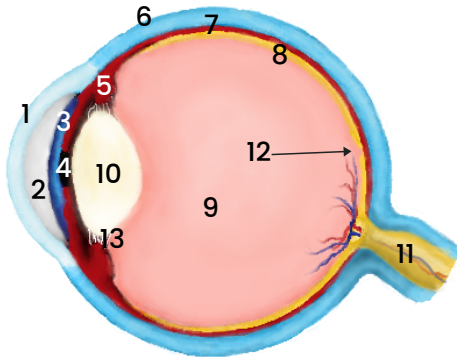
Kaihi on maailman yleisin sokeuden aiheuttaja. Se kehittyy normaalin ikääntymisen seurauksena eikä sen muodostumista pystytä juurikaan estämään. Kaihin muodostumisen riskiä kuitenkin lisää muun muassa ionisoiva säteily. Useiden tutkimusten mukaan säteilytyöntekijöillä linssin samentuminen ja kaihi on yleisempää kuin muilla.

Säteilyn kanssa työskentelevien on tärkeä suojata silmiään säteilyltä, ettei se edistä linssin samentumista. Kaihin syntyyn vaikuttavaa ionisoivan säteilyn kynnyksrajaa ei oikeastaan ole, jo pienikin määrä voi samentaa linssiä.

Tähän tuotokseen olen koonnut kaihin muodostumisen syitä ja seurauksia. Silmän linssi on näkemisen kannalta yksi oleellisimmista rakenteista, ja sen samentuminen vaikuttaa niin värien erotuskykyyn kuin lukunäköönkin. Kaihin syntyä ei pystytä ennaltaehkäisemään, mutta ionisoivan säteilyn kanssa työskentelevien kannattaa suojata silmiään pienentäen linssin samentumisen riskiä.

SILMÄN ANATOMIAA

SILMÄN TÄRKEIMMÄT ANATOMISET OSAT JA LINSSIN TOIMINTAA



- | | |
|-----------------|----------------------|
| 1. sarveiskalvo | 7. suonikalvo |
| 2. etukammio | 8. verkkokalvo |
| 3. iiris | 9. lasiainen |
| 4. pupilli | 10. linssi eli mykiö |
| 5. sädelihäs | 11. näköhermo |
| 6. kovakalvo | 12. fovea |
| | 13. ripustinsäikeet |

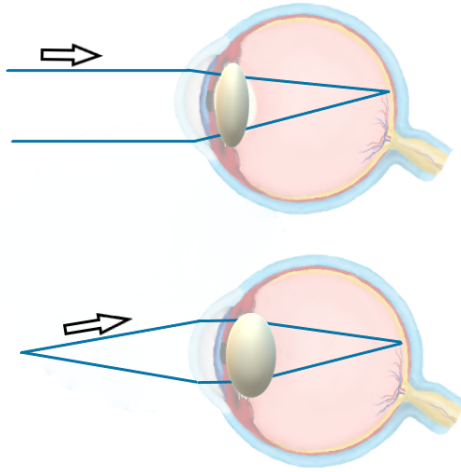
Ihmisen silmä on noin 2,6 cm halkaisijaltaan oleva pallomainen valoa taittava elin. Se koostuu pääasiassa hyytelömäisestä lasiainesta (9), joka ylläpitää silmän pyöreää muotoa uloimpana olevan kovakalvon (6) kanssa. Kovakalvo suojaa silmää, ja siihen kiinnittyvät silmän kuusi liikuttajalihasta. Kovakalvo muuttuu läpinäkyväksi sarveiskalvoksi (1) iiriksen (3) eteen. Sarveiskalvo on silmän eniten valoa taittava osa, valo taittuu saapuessaan ilman ja sarveiskalvon rajapintaan ja kohdistuu silmän sisimmässä kerroksessa olevalle fovealle (12).

Fovea, eli tarkannäkemisen alue, on kuoppa verkkokalvon (8) keskeisellä alueella, makulalla. Foveassa on kaikista eniten väriä aistivia valoastinsoluja, tappeja. Muualle verkkokalvolle valoastinsolut, sauvat ja tapit, ovat sijoittuneet harvempaan. Näköastinsoluista lähtee sähköinen impulssi kohti aivoja, missä varsinainen näköaistimus tapahtuu. Verkkokalvoa ravitsee suonikalvo (7), joka ulottuu aina silmän etuosaan asti, muodostaen värikalvon eli iiriksen ja sädekehän sädelihaksineen (5). Iiris toimii valonmäärän säätelijänä lihaksillaan supistaen ja laajentaen mustuaisaukkoa eli pupillia (4). Sädekehän lihakset taas muokkaavat linssin (10) muotoa niiden välillä olevien ripustinsäikeiden (13) avulla.

Iiriksen ja sarveiskalvon väliin jää etukammio (2), missä virtaa kammionestettä ravitien sarveiskalvoa ja linssiä. Linssi saa kammionesteen tuoman ravinnon taka-

kammioista, eli iiriksen ja linssin väliin jäävästä tilasta. Kammioneste virtaa etukammioista iiriksen ja sarveiskalvon väliin jäävästä tilasta takakammioon.

Takimmaisena silmän osana on näköhermo (11), mitä pitkin verisuonet ja hermosyyt kulkevat silmän ja aivojen väliä. Koska näköhermonpää koostuu aistinsolujen hermosäikeistä, ei kyseisellä osalla verkkokalvoa saada muodostettua kuvaa ja siksi näköhermonpäättä kutsutaan myös sokeaksi pisteeksi.



Linssi eli mykiö toimii katseen tarkentajana eri etäisyyksille. Kauas katsellessa silmän sädelihas on rentona, jolloin ripustinsäikeet ovat kireällä, ja linssi venyneenä ja kapeana. Kun katse siirtyy lähellä olevaan kohteeseen, sädelihas supistuu ja ripustinsäikeet löystyvät ja linssi pääsee muuttumaan pyöreämmäksi, ja siten taittaa siihen tulevan valon jyrkemmin. Tätä kykyä tarkentaa eri etäisyyksille kutsutaan akkommodaatioksi.

Linssin taittovoima on noin kolmasosa koko silmän taittovoimasta, sarveiskalvo taittaa valoa eniten, n. kaksi kolmasosaa koko valon taittumismäärästä. Sarveiskalvolla taittovoima perustuu ilman ja sarveiskalvon rajapintaan ja aineiden eri taitekertoimiin, linssin taittovoima perustuu sen kaksoiskuperaan muotoon. Valo taittuu sekä linssin etu- että takapinnalla, jolloin taittumisen määrää pystytään säätelemään tarkemmin.

IONISOIVA SÄTEILY

Säteily on joko sähkömagneettista aaltoliikettä, kuten näkyvä valo sekä röntgensäteily, tai hiukkassäteilyä, kuten alfa- ja beetasäteily. Radioaktiivisten aineiden hiukkassäteily on ionisoivaa säteilyä, eli se on tarpeeksi suurienergistä rikkomaan säteilyn kohteen molekyylejä tai irrottamaan elektroneja atomeista vahingoittaen eläviä soluja ja niiden perimää. Lyhytaaltainen sähkömagneettinenkin säteily, röntgen- ja gammasäteily on ionisoivaa.

Pidempiaaltainen sähkömagneettinen säteily, eli näkyvä valo, ultraviolettisäteily ja muun muassa mikroaallot ovat ionisoimatonta säteilyä, eli ne eivät pysty läpäisemään solujen rakennetta. Ionisoivan ja ionisoimattoman säteilyn rajana pidetään ultraviolettisäteilyä. UV-säteily ja sitä pidempiaaltainen säteily on ionisoimatonta, lyhempiaaltainen ionisoivaa säteilyä.

Röntgensäteilyä tuotetaan tyhjiöputkessa, missä elektronit saadaan jännitteen avulla liikkumaan suurella nopeudella. Röntgensäteilyä syntyy, kun osa elektronien liike-energiasta niiden nopeuden pienetessä muuttuu sähkömagneettiseksi säteilyksi.

ANNOSRAJAT

Säteilysuojelussa annosmääristä puhuttaessa käytetään termejä ekvivalenttiannos, efektiivinen annos ja kollektiivinen efektiivinen annos. Efektivisellä annoksella kuvataan säteilyn aiheuttamaa kokonaishaittaa terveydelle. Kollektiivinen efektiivinen annos mittaa jollekin ihmisryhmälle aiheutuvaa efektiivistä annosta. Ekvivalenttiannos taas on suure, joka kertoo tietylle elimelle tai kudokselle aiheutuneen terveydellisen haitan.

Säteilylain mukaan ionisoivan säteilyn kanssa työskentelevien vuosittainen säteilyn efektiivinen annos ei saa ylittää 20 millisieverttiä [mSv] eikä mykiön saama ekvivalenttiannos saa olla enempää kuin 100 mSv viiden vuoden sisällä. Kaihin syntyy vaikuttavaa kynnyksäraja ei oikeastaan ole, koska jo alle suositeltu määrä ionisoivaa säteilyä voi edesauttaa kaihin muodostumista.

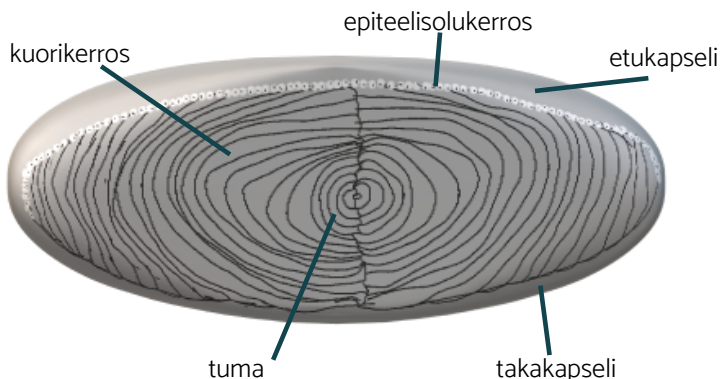
Kaihin synty

KAIHIN SYNTYMEKANISMI JA MUODOSTUMINEN

Kaihi on mykiön, eli linssin samentumista valoa läpäisemättömämmäksi. Linssin samentuessa valo ei kulkeudu silmän verkkokalvolle normaalisti, jolloin näkö sumenee ja näöntarkkuus alenee. Kaihi on maailman yleisin sokeuden aiheuttaja, jopa kolmasosalla yli 65-vuotiaista on näköön vaikuttavaa kaihia toisessa tai molemmissa silmissä.

Kaihin syntyyn vaikuttaa merkittävästi ikä. Vanhetessa silmän mykiön aineenvaihdunta ei toimi entiseen tapansa, mistä johtuen linssiin kertyy proteiinia ja rasvoja, mikä taas samentaa linssiä ja siten näköaistimusta. Linssiin kertyy myös kalsiumia lisäten nesteen kertymistä ja turvottaen mykiötä. Myös kudosten joustavuus vähenee. Siten mykiö on joustamaton ja samea.

Kaihin muodostumiseen vaikuttaa iän lisäksi perintötekijät. Kaihin kehittymisen riskiä kasvattaa myös silmän alueen vammat, lääkaineista erityisesti kortisonivalmisteet, diabetes, huonot elintavat (liiallinen alkoholinkäyttö, tupakointi ja ylipaino), silmäleikkaukset, ionisoiva säteily, pitkittyneet silmän tulehdukset sekä auringon valo. Kaihin muodostumista ei pystytä ehkäisemään, mutta riskitekijöitä voi vähentää.



Mykiö voidaan jaotella neljään osaan: koteloon (kapseliin), epiteelisolukerrokseen, kuorikerrokseen ja tumaan. Jokaiseen näistä osista voi muodostua samentumaa aiheuttaen kaihia. Tumakaihi on yleisin kaihin muoto ja heikentää eniten näöntarkkuutta. Kuorikerroksen kaihi ei välttämättä vaikuta näköön, vasta samentumien peittäessä näköakselin näöntarkkuus alenee.

Kapselinalainen kaihi on yleisempää nuoremmilla kaihipotilailla. Kaihi voi kehittyä niin etukapselin kuin takakapselinkin alle, jälkimmäisen ollessa yleisempää. Takakapselin alle ajautuneet mykiön epiteelisolut turpoavat ja aiheuttavat samentumia. Tämä heikentää varsinkin lukunäköä, mutta muutoin näöntarkkuus voi olla suhteellisen hyvä. Ionisoivan säteilyn aiheuttama kaihi on yleensä juurikin takakapselinalaista kaihia.

Varsinaista säteilyn vaikuttaman kaihin syntyisyttä ei ole saatu löydettyä, mutta ionisoivan säteilyn vaikutus linssin samentumiseen on tunnettu. Samentumien sijainnit voidaan myös paikantaa mikroskoopin valokuovalla, ja eri tavalla syntyneet kaihit eroavat myös hieman muodoltaan.

**IONISOIVAN SÄTEILYN
AIHEUTTAMA KAIHI ON
YLEENSÄ
TAKAKAPSELINALAISTA
KAIHIA**

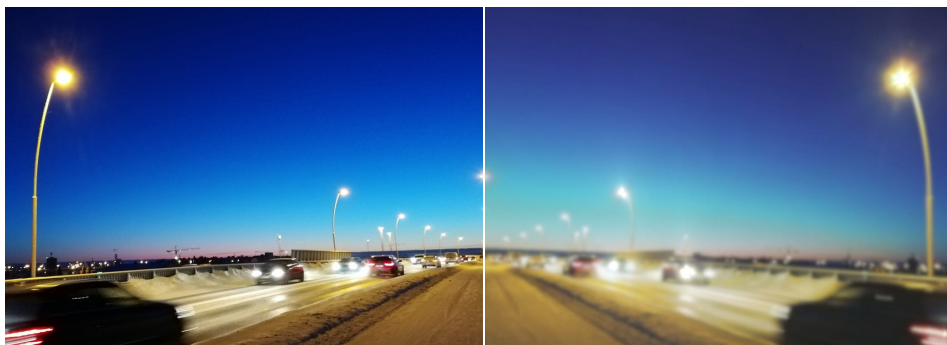
Kaihin vaikutus näkemiseen

MITEN KAIHI OIREHTII JA KUINKA SE MUUTTAA NÄKÖÄ

Kaihin myötä valoa taittava, normaalisti läpinäkyvä linssi samenee ja näöntarkkuus heikkenee. Linssin turvotessa nesteen kertymisestä, sen taittavat reunat jyrkentyvät ja taittavat siten valoa enemmän. Eli silmän taittokyky kasvaa. Tällöin taittovoimaa pienennetään silmlaseilla lisäämällä niihin miinusvoimakkuutta (=vähentämällä plusvoimakkuutta).

Jotkut kaihipotilaat huomaavatkin pystyvänsä jälleen lukemaan ilman lukulaseja, koska mykiö pystyy tarkentamaan taas lähelle, vaikkakin samalla kaukonäkö heikkenee. Mykiö on iän myötä muuttunut joustamattommaksi, eikä tarkennus eri etäisyyksille ole onnistunut enää (= ikänäkö, presbyopia). Lähinäön paraneminen ei ole pysyvä muutos, vaan kaihin edetessä mykiön samentuminen hankaloittaa myös lukemista.

Samentumien takia valo ei taitukaan linssissä suoraviivaisesti, vaan se siroaa. Tämä aiheuttaa häikäistymisen tunnetta ja jopa kaksoiskuvia kaihisilmällä katsottaessa. Myös kontrastien ja värien erotuskyky huononee, koska linssi kellastuu, mikä muuttaa värimaailmaa kellertävään suuntaan. Pimeässä häikäistyminen on pahinta ja värien ja kontrastien erottaminen hankalinta, koska verkkokalvo ei saa tarvittavaa määrää valoa samean linssin läpi.



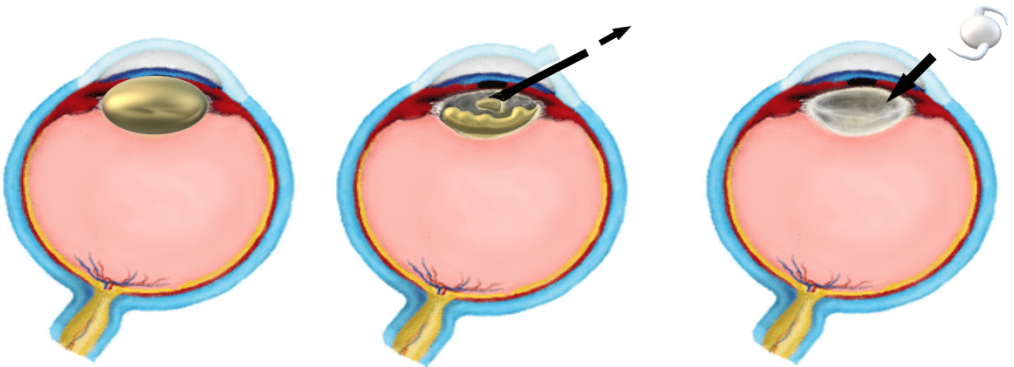
Kaihin hoito

KAIHIN AINOA HOITOMUOTO ON LEIKKAUS

Kaihin ainoa hoito on leikkaus, missä samentunut mykiö paloitellaan ja poistetaan imulla. Tilalle asetetaan taiteltuna keinomykiö, intraocular lens (IOL), ja se avautuu kiinnittyen paikoilleen ”väkästensä” avulla. IOL voidaan asentaa etukammioon värikalvon eteen, paikalleen jätettyyn kapselipussiin tai näiden väliin.

Leikkaus tapahtuu yleensä päiväkirurgiassa paikallispuudutuksessa. Asiakas saa jälkihoitona tulehdusten estämiseksi 2-4 viikon mikrobilääketippakuurin. Sairaslomaa leikkauksen jälkeen määrätään 1-30 pv riippuen asiakkaan työnkuvasta. Autolla saa ajaa leikkauksen jälkeen, mikäli ajokorttivaatimukset täyttyvät. Silmälääkäri suorittaa 4-8 viikon kuluttua leikkauksesta jälkitarkastuksen.

Leikkauriskit ovat pienet ja komplikaatiot harvinaisia. Leikkauksen jälkeen näöntarkkuus voi kuitenkin heikentyä uudelleen jälkikaihin takia. Jälkikaihilla tarkoitetaan paikalleen jätetyn mykiöpussin arpeutumista ja samentumista kaihileikkauksen jälkeen. Aina jälkikaihi ei ole elämää häiritsevää, eikä sitä tarvitse hoitaa. Jos leikkauksen jälkeinen kaihi vaikeuttaa selvästi näkemistä ja elämänlaatua, voidaan samentuma poistaa laserilla.



SILMIEN SUOJAAMINEN SÄTEILYLTA

Säteilysuojien suojakyky ilmaistaan lyijyekvivalenteina [mmPb], eli kuinka paljon pelkkää lyijyä tarvittaisiin, jotta se suojaisi yhtä paljon kuin kyseinen suojamateriaali. Esimerkiksi 0.25 mmPb lyijyekvivalenttinen suojamateriaali päästää lävitseen 8-15% 100 kilovoltin fotonienenergiasta, eli yhtä paljon kuin 0.25 mm paksu lyijykerros.

Säteilytyöntekijöiden saamasta säteilymäärästä suuri osa tulee säteilyn sironnasta. Säteilyn määrää pyritään pitämään mahdollisimman pienenä jo lainsäädännöillä ja suunnittelulla sekä esimerkiksi konkreettisesti poistumalla mahdollisuuksien mukaan laitteiden luota; kun etäisyys säteilylähteeseen kaksinkertaistuu, vaimenee säteily neljännekseen. Siroavalta säteilyltä suojaudutaan suojaesiliinoilla, sermeillä ja kilpirauhassuojilla. Suojat sisältävät lyijyekvivalenteina lyijyä 0.25-0.50 mmPb, ja ne estävät ainakin 90% läpäisevästä säteilystä.

Aina säteilytyöntekijät eivät voi poistua säteilylähteen läheltä tai siirtyä suojasermin taakse, silloin olisi hyvä olla käytössä suojalasit ja siten minimoida silmän mykiön säteilyannosta. On olemassa 0.50-0.75 mmPb lyijyekvivalenttisia säteilysuojalaseja, jotka saadaan myös omalla silmälasivoimakkuudella. Ne suojaavat myös sivusta tulevaa säteilyä, koska sivussa on leveä, lyijyä sisältävä aisa. Myös koko kasvot peittävät maskit suojaavat silmiä hajasäteilyltä.



Mavig GmbH 2019, www.mavig.com

TUTKIMUSTEN MUKAAN
0.75 MMPB
LYIJYKVALENTTISET
SUOJALASIT
PIENENTÄVÄT LINSSIN
SAAMAA
SÄTEILYANNOSTA JOPA
5-10 KERTAISESTI

YHTEENVETO

Kaihi on hyvin yleinen ja merkittävästikin näköön vaikuttava vaiva. Suurimmalle osalle kaihi kehittyy normaalin ikääntymisen myötä, kun muun ainevaihduksen ohella myös mykiön metabolia muuttuu. Kaihin kehittymisen riskiä lisää muun muassa korkeaenerginen röntgensäteily, koska se pystyy läpäisemään kudoksia ja vahingoittamaan solujen perimää.

Ionisoivan säteilyn vaikutuksesta silmän linssin takakapselin alle alkaa kertyä samentumia, mikä aiheuttaa näöntarkkuden alenemista ja häikäisyä. Samentumia ei pystytä ehkäisemään, mutta säteilysuojelulla silmän saaman säteilyn annosmääriä pyritään pitämään mahdollisimman alhaisina, jolloin riski sairastua kaihiin saadaan pienennettyä.

Kaihiin ei ole muuta hoitoa kuin leikkaus, missä samentunut mykiö poistetaan ja tilalle asetetaan tekomykiö. Leikkaus on pieniriskinen, nopea ja kivuton. Silti kannattaa pitää sairastumisen riski mahdollisimman pienenä ja suojata silmät aina säteilyn kanssa työskennellessä!

LÄHTEET

Bowling, B. 2016. Kanski's clinical ophthalmology. 8. painos. Amsterdam: Elsevier.

Chodick, G., Bekiroglu, N., Hauptmann, M., Alexander, B.H., Freedman, D.M., Doody, M.M., Cheung, L.C., Simon, S.L., Weinstock, R.M., Bouville, A. & Sigurdson, A.J. 2008. Risk of cataract after exposure to low doses of ionizing radiation: a 20-year pro-spective cohort study among US radiologic technologists. American Journal of Epidemiology 168 (6), 620-631.

Dahl, A. A. 2018. Anatomy and physiology of the eye. Viitattu 22.8.2019, https://www.emedicinehealth.com/anatomy_of_the_eye/article_em.htm

IAEA 2018. Occupational radiation protection. Viitattu 22.8.2019, https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1785_web.pdf

IAEA 2019. Radiation protection of medical staff from cataract. Viitattu 29.8.2019, <https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/radiology/cataract/staff>

ICRP 2011. Radiological protection in fluoroscopically guided procedures performed outside the imaging department. Viitattu 22.8.2019, <http://www.icrp.org/docs/Radiological%20protection%20in%20fluoroscopically%20guided%20procedures%20perfor%20outside%20the%20imaging%20depa.pdf>

Jaquith, K. 2019. How do lead glasses protect your eyes? Viitattu 22.8.2019, <https://blog.universalmmedicalinc.com/how-do-lead-glasses-protect-your-eyes/>

Kaihi (aikuiset). Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Silmälääkäriyhdistyksen ja Suomen Silmäkirurgiyhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2019. Viitattu 22.8.2019, : www.kaypahoito.fi/hoi50035

Kivelä, T. & Heikkinen, A. 1996. Kaihi. Helsingin yliopiston Silmätautien klinikka. <http://www.helsinki.fi/laak/silk/opetus/kaihi.html>

Lian, Y., Xiao, J., Ji, X., Guan, S., Ge, H., Li, F., Ning, L. & Liu, J. 2015. Protracted low-dose radiation exposure and cataract in a cohort of Chinese industry radiographers. Occupational & Environmental Medicine 72 (9), 640-647. Viitattu 22.8.2019, <https://oem.bmj.com/content/72/9/640.full>

Peda.net 2019. Säteilyn lajit ja säteilyltä suojautuminen. Viitattu 22.8.2019, <https://peda.net/yl/C3%B6j%C3%A4rvi/peruskoulut/yy/7-9-luokat/fysiikka/sis%C3%A4ll%C3%B6t/sljss>

Rantanen, M. 2000. Sädeturvaluento. Suomen Radiologiyhdistys. Viitattu 22.8.2019, <https://www.sry.fi/index.php?44>

Roberts, J. E. 2011. Photobiology of the human lens. Viitattu 22.8.2019, <http://photobiology.info/Roberts.html>

Snell, R. S. & M. A. Lemp 1997. Clinical Anatomy of the Eye. 2. painos. Hoboken, New Jersey: Wiley-Blackwell

Stuk 2019. Mitä säteily on. Viitattu 22.8.2019, <https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on>

Säteilylaki 22.11.2018 / 1034. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20181034>.

Terveyskylä 2018. Jälkikaihin hoito. Viitattu 22.8.2019, <https://www.terveyskyla.fi/silmasairaudet/silm%C3%A4sairauksia/j%C3%A4lkikaihi/j%C3%A4lkikaihin-hoito>