

# ePOOKI

OULUN AMMATTIKORKEAKOULUN TUTKIMUS- JA KEHITYSTYÖN JULKAISUT ISSN 1798-2022

ePooki 35/2020

## Ionisoiva säteily ja kaihi – tietoa säteilytyöntekijöille

Pikkarainen Marleena, Kemppainen Leila, Henner Anja

27.5.2020 ::

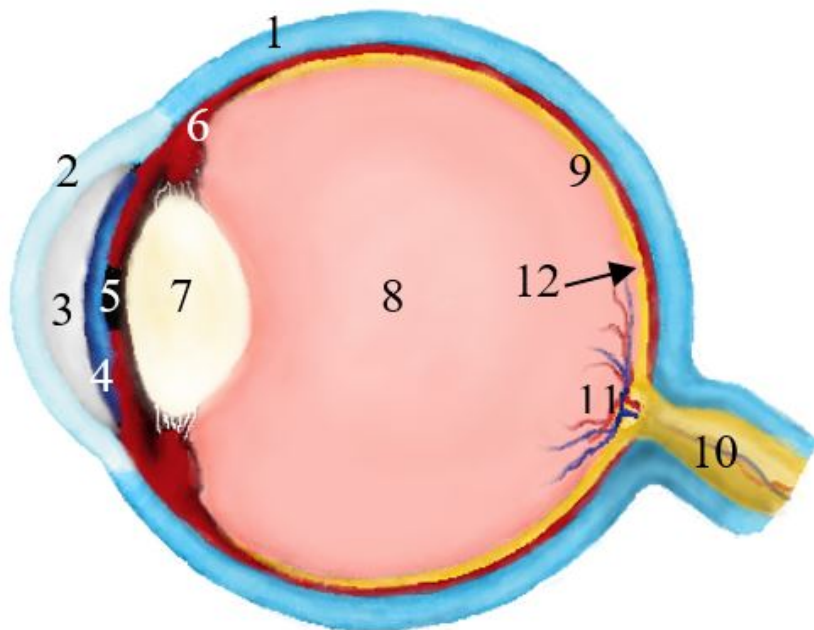
**Ionisoivalla säteilyllä on riittävästi energiaa irrottamaan säteilyn kohteeksi joutuvan aineen atomeista elektroneja tai rikkomaan aineen molekyylejä. Radioaktiiviset aineet lähettävät ja röntgenlaitteet tuottavat ionisoivaa säteilyä, joka lisää riskiä kaihiin eli silmän mykiön samentumiseen valoa läpäisemättömäksi. Mykiön aineenvaihdunta muuttuu osana normaalia ikääntymistä, mutta säteilyn vaikutuksesta kaihi voi kehittyä aiemmin ja olla sijainniltaan erilainen kuin perinteisempi ikään liittyvä tumakaihi. Yleisin kaihin tyyppi on tumakaihi, jolloin samentumat sijaitsevat linssin tumassa. Kapselinalainen kaihi eli subkapsulaarinen kaihi on säteilyn tai muun ulkoisen tekijän aiheuttama.**

### Kaihi

Kaihi eli mykiön samentuminen valoa läpäisemättömämmäksi on yleisin sokeuden aiheuttaja [1]. Mykiö on normaalisti läpinäkyvä kaksoiskupera linssi, joka sijaitsee silmässä värikalvon eli iiriksen takana ja lasiaistilan edessä. Mykiön tehtävänä on hienosäätää silmään tulevien valonsäteiden kulkua ja tarkentaa katse eri etäisyyksille eli akkommodoida. Tällöin mykiön taittavien pintojen kaarevuus lisääntyy, mikä tapahtuu rentouttamalla silmänsisäisiä lihaksia, joihin mykiö on kiinnittynyt pienillä rihmoilla. [2] Ikääntyessä tämä akkommodaatiokyky heikkenee, koska mykiön aineenvaihdunta ja proteiinien liukoisuus muuttuvat, eikä mykiö enää onnistu muuntamaan lähelle katselua varten. Tätä kutsutaan presbyopiaksi eli ikänäköisyydeksi. [3] Proteiinien liukoisuuden muuttuessa ne alkavat kertyä mykiöön ja aiheuttaa valon siroamista edesauttaen kaihin muodostumista [4].

### Kaihin muodostuminen ja sijainti

Mykiö koostuu tumasta, sitä ympäröivästä kuorikerroksesta, epiteelisolukerroksesta ja tätä kaikkea ympäröivästä kapselista (kuva 1). Samentuma voi sijaita joko mykiön tumakerroksessa, kuorikerroksessa tai kapselin alla. Tumakaihi on yleisin kaihimuoto ja riskiä lisää merkittävästi ikääntyminen ja sen tuomat muutokset. [4] Tällöin mykiöön alkaa kertyä keltapigmenttiä, jonka vuoksi kaihipotilaan näkemä värimaailma alkaa muuttua kellertävämmäksi [5]. Mykiö alkaa myös tiivistyä kasvattaen sen taitekerrointa siten, että valo taittuu lähellä olevasta kohteesta verkkokalvolle. Tumakaihin edessä tämä hetkellisesti parantunut lähinäkö heikentyy [6]. Linssin kuorikerros voi kerätä nestettä, jolloin kuorisäikeiden väliin muodostuu kiilamaisia samentumia. Samentumakiilat alkavat levitä yleensä mykiön reunaosista kohti keskustaa. Vasta näköakselille yltävät samentumat heikentävät näkemistä merkittävästi. [5]



KUVA 1. Silmän anatomiakuva, missä 1. kovakalvo, 2. sarveiskalvo, 3. etukammio, 4. iiris eli värikalvo, 5. pupilli, 6. suonikalvosto, 7. linssi eli mykiö, 8. lasiainen, 9. verkkokalvo, 10. näköhermo, 11. näköhermonpää eli papilla ja 12. makula [1]

Kapselinalainen eli subkapsulaarinen kaihi voi sijaita joko anteriorisesti eli mykiön etukapselin alla tai posteriorisesti eli takakapselin alla. Etukapselin alla samentumat johtuvat epiteelikerroksen kuitumaisista muutoksista, takakapselin alle vaeltavat epiteelisolut taas vioittuessaan turpoavat ja aiheuttavat sinne samentumia. Tämä kaihityyppi aiheuttaa runsaasti häikäistymistä ja jopa kaksoiskuvia. Kapselinalaiset kaihit ovat yleensä sekundaarisia eli ne aiheutuvat jonkin primäärisen silmävamman, kuten uveiitin eli silmän sisäisen tulehduksen seurauksena. Ionisoiva säteily on myös yksi subkapsulaarikaihin, varsinkin posteriorisesti esiintyvän, riskitekijöistä. [6]

## Ionisoivan säteilyn vaikutus kaihin syntyyn

Ionisoiva säteily on lyhytaaltoisempaa ja korkeaaenergisempää kuin esimerkiksi näkyvä valo [7]. Ultraviolettivalon aallonpituudeltaan lyhimät säteet ovat jo ionisoivaa säteilyä, mutta ne absorboituvat ilmakehään [8]. Tätä matalaenergisemmät säteilylajit ovat ionisoimattomia, korkeaaenergisemmät ionisoivia. [9]

Ionisoiva säteily voi vaurioittaa mykiön epiteelisolujen genomeja eli geeniperimää. Jos säiesoluiksi erilaistuvat epiteelisolut ovat vioittuneet, niin vaeltaessaan posteriorisen kapselin alle ne turpoavat ja sirottavat valoa sumentaen näkemistä. [6] Matalina annoksina ionisoiva säteily aiheuttaa mykiön epiteelisolujen leviämistä. Suurempina annoksina epiteelisolujen tiheys vähenee ja solujärjestys häiriintyy. Lisäksi ionisoiva säteily kiihdyttää ikääntymisprosessia, jonka seurauksena mykiö samenee ja muodostaa lopulta kaihin. Tarkempaa ionisoivan säteilyn aiheuttamaa kaihin syntymekanismia ei tiedetä, vaikka sitä tutkitaan aktiivisesti. [10]

Ionisoivan säteilyn vaikutus kaihin syntyyn on kuitenkin tiedostettu ja sitä on tutkittu useassa eri maassa. Röntgenhoitajia seurattiin Yhdysvalloissa 20 vuoden ajan ja tutkimuksessa huomattiin, että mitä enemmän työntekijä teki röntgentutkimuksia, sitä suurempi riski hänellä oli sairastua kaihiin. Kaikista tutkimukseen osallistuneista 15 % (n= 35 705) sairastui kaihiin tutkimuksen aikana. Varsinaista kynnsarvoa kaihille ei ole, sillä jo pieni määrä ionisoivaa säteilyä voi lisätä mykiön samentumisen riskiä. [11] Uusimman tutkimustiedon perusteella on säteilytyöntekijöiden saamaa silmän mykiön annosrajaa Suomessa laskettu vuonna 2018 kolmannekseen aiemmasta annosrajasta vuodelta 1991. [12] [13]. Tämä perustuu Euroopan unionin direktiiviin 2013/59/EURATOM, joka saatettiin voimaan 15.12.2018 säteilylailla 859/2018. Silmän mykiön ekvivalenttiansios ei saa olla suurempi kuin 100 millisievertiä viiden peräkkäisen vuoden ajanjaksona. Yksittäisenä vuotena annos ei kuitenkaan saa olla suurempi kuin 50 millisievertiä [12].

## Silmän säteilyaltistusta voidaan pienentää

Säteilytyöntekijän silmät altistuvat säteilylle tilanteissa, joissa työntekijä on lähellä potilasta säteilyn ollessa päällä. Tällaisia työtilanteita ovat esimerkiksi verisuonten varjoainekuvaukset, verisuoniin kohdistuvat toimenpiteet, sydämen varjoainekuvaukset ja pallolaajennukset, ruuansulatuskanavan tutkimukset ja radioaktiivisten aineiden käsittely sekä potilaan kuvaaminen isotooppitutkimuksissa. Myös leikkaussalissa henkilökunta altistuu siroavalle säteilylle.

Hyvä ja halpa suojausmenetelmä säteilyltä suojautumiseen on etäisyyden kasvattaminen sironnan tai säteilyn lähteeseen, mutta aina se ei ole mahdollista. Säteilytyöntekijä voi suojata silmiään sironneelta säteilyltä erillisillä suojalaseilla (kuva 2) tai visiirillä (kuva 3), joissa on riittävä lyijyekvivalentti eli säteilyä absorboiva materiaali. Suojalaseissa on oltava lyijysuojaus myös sivusuunnassa (kuva 2). Työnantajan tulee tarvittaessa kustantaa suojalaseit henkilön omilla vahvuuksilla. Tehokkaampi suoja on käyttää katosta riippuvaa lyijylasilevyä (kuva 4), koska se suojaa silloin myös henkilön kilpirauhasta ja koko päätä.

Säteilytyöntekijöiden on hyvä tiedostaa sädekaihin vaara, sillä pitkän työuran aikana annoskertymä voi olla suuri. Silmien suojaamisella annoskertymää voidaan huomattavasti alentaa, kun ymmärtää ionisoivan säteilyn käyttäytymisen ja vaarat.



KUVA 2. Silmäsuojalaseit, jotka suojaavat silmää myös sivusuunnasta tulevalta säteilyltä, 0,5-0,75 mmPb [\[2\]](#)



KUVA 3. Visiiri, 0,1 mmPb [\[3\]](#)



KUVA 4. Riippuva säteily suoja, 0,5 mmPb <sup>[4]</sup>

Säteilyturvakeskukseen vuonna 2020 ilmestyneen raportin mukaan säteilyn lääketieteellinen käyttö aiheuttaa suomalaiselle keskimäärin 0,76 mSv vuotuisen efektiivisen annoksen (säteilyn aiheuttama kokonaishaitta), kun vastaava luku oli vuonna 2008 0,45 mSv. Väestöannoksen kasvu aiheutuu tietokonetomografiatutkimusten ja toimenpideradiologian lisääntymisestä, jolloin myös työntekijöiden mahdollinen altistuminen lisääntyy. <sup>[4]</sup> Viime vuosina on tiedostettu säteilyn silmille aiheuttama riski kaihin syntyyn, ja se näkyy esimerkiksi silmän annosrajan alentamisena. Toiminnanharjoittajan tulee huolehtia, että työntekijöillä on tarkoituksen mukaiset ja riittävät suojavälineet myös silmien suojaamiseen säteilyltä.

Artikkeli perustuu opinnäytetyöhön:

Pikkarainen, M. 2019. Säteilyn vaikutus kaihin syntyyn. Tietoa säteilytyöntekijöille. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019120424550>

[Tutustu oppaaseen](#)

## Lähteet

1. <sup>△</sup>Kaihi (aikuiset). 2019. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Silmälääkäriyhdistyksen ja Suomen Silmäkirurgiyhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Hakupäivä 25.11.2019. <https://www.kaypahoito.fi/hoi50035?tab=suositus#K1>
2. <sup>△</sup>Forrester, J., Dick, A., McMenamin, P., Pearlman, E. & Roberts, F. 2016. The Eye Basic Sciences in Practice. Philadelphia: Saunders Ltd.
3. <sup>△</sup>Benjamin, W. 2006. Borish 's clinical refraction. 2. p. Amsterdam: Elsevier.
4. <sup>^ ab</sup>Hudson, L. & Graubart, H. 2019. The cataract course – An Online Resource for Learning About Cataracts. Hakupäivä 25.11.2019. <http://cataractcourse.com/lens-anatomy-and-development/lens-anatomy/>
5. <sup>^ ab</sup>Kivelä, T. & Heikkinen, A. 1996. Kaihi. HY Silmätautien klinikka. Hakupäivä 25.11.2019. <http://www.helsinki.fi/laak/silk/opetus/index.html>

6. <sup>^ abc</sup>Bowling, B. 2016. Kanski's Clinical Ophthalmology - a systematic approach. 8. p. Amsterdam: Elsevier.
7. <sup>^</sup>CDC (Centers for Disease Control and Prevention). 2015. Non-ionizing Radiation. Hakupäivä 25.11.2019.  
[https://www.cdc.gov/nceh/radiation/nonionizing\\_radiation.html](https://www.cdc.gov/nceh/radiation/nonionizing_radiation.html)
8. <sup>^</sup>American Cancer Society. 2019. Ultraviolet (UV) Radiation. Hakupäivä 25.11.2019.  
<https://www.cancer.org/cancer/cancer-causes/radiation-exposure...>
9. <sup>^</sup>STUK. 2019. Mitä säteily on? Hakupäivä 25.11.2019.  
<https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on>
10. <sup>^</sup>Ainsbury, E., Barnard, S., Bright, S., Dalke, C., Jarrin, M., Kunze, S., Tanner, R., Dynlacht, J., Quinlan, R., Graw, J., Kadhim, M. & Hamada, N. 2016. Ionizing radiation induced cataracts: Recent biological and mechanistic developments and perspectives for future research. Mutation Research/Reviews in Mutation Research 770 B, 238–261.
11. <sup>^</sup>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 prospective cohort study among US radiologic technologists. American Journal of Epidemiology 168 (6), 620–631.
12. <sup>^ ab</sup>Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 22.11.2018/1034. Hakupäivä 25.11.2019.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20181034>
13. <sup>^</sup>Säteilyasetus 20.12.1991/1512. Hakupäivä 25.11.2019.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1991/19911512>
14. <sup>^</sup>Siiskonen, T. 2020. Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos vuonna 2018. STUK-A263. Hakupäivä 6.5.2020.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-309-446-8>

## Kuvalähteet

1. <sup>^</sup>KUVA 1. Silmän anatomiakuva, missä 1. kovakalvo, 2. sarveiskalvo, 3. etukammio, 4. iiris eli värikanalo, 5. pupilli, 6. suonikalvosto, 7. linssi eli mykiö, 8. lasiainen, 9. verkkokalvo, 10. näköhermo, 11. näköhermonpää eli papilla ja 12. makula. Teoksessa Pikkarainen, M. 2019. Säteilyn vaikutus kaihin syntyyn. Tietoa säteilytyöntekijöille. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019120424550> (mukaillen Heiting, G. 2017. Iris / Uvea of The Eye. All about vision. <https://www.allaboutvision.com/resources/uvea-iris-choroid.htm>)
2. <sup>^</sup>KUVA 2. Silmäsuojalasit, jotka suojaavat silmää myös sivusuunnasta tulevalta säteilyltä, 0,5-0,75 mmPb. Lifemed Oy. <https://www.lifemed.fi/>
3. <sup>^</sup>KUVA 3. Visiiri, 0,1 mmPb. Lifemed Oy. <https://www.lifemed.fi/>
4. <sup>^</sup>KUVA 4. Riippuva säteilysuoja, 0,5 mmPb. Lifemed Oy. <https://www.lifemed.fi/>

## Metatiedot

**Nimeke:** Ionisoiva säteily ja kaihi – tietoa säteilytyöntekijöille ja muillekin

**Tekijä:** Pikkarainen Marleena; Kempainen Leila; Henner Anja

**Aihe, asiasanat:** ionisoiva säteily, kaihi, silmät, säteilyturvallisuus

**Tiivistelmä:** Säteilytyöntekijän silmät altistuvat säteilylle tilanteissa, joissa työntekijä on säteilyn päällä ollessa lähellä potilasta. Ionisoiva säteily voi vaurioittaa mykiön epiteelisolujen genomeja. Jos säiesoluiksi erilaistuvat epiteelisolut ovat vioittuneet, niin vaeltaessaan posteriorisen kapselin alle ne turpoavat ja sirottavat valoa sumentaen näkemistä. Matalina annoksina ionisoiva säteily aiheuttaa mykiön epiteelisolujen leviämistä. Suurempina annoksina epiteelisolujen tiheys vähenee ja solujärjestys häiriintyy. Lisäksi ionisoiva säteily kiihdyttää ikääntymisprosessia, jonka seurauksena mykiö samenee ja muodostaa lopulta kaihin. Silmiä voidaan suojata säteilytystilanteessa tarkoitukseen valmistetuilla säteilyä absorboivilla suojalaseilla, visiireillä tai katosta riippuvilla lyijylasisuojilla.

**Julkaisija:** Oulun ammattikorkeakoulu, Oamk

**Aikamääre:** Julkaistu 2020-05-27

**Pysyvä osoite:** <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2020042322182>

**Kieli:** suomi

**Suhde:** <http://urn.fi/URN:ISSN:1798-2022>, ePooki - Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut

**Oikeudet:** CC BY-NC-ND 4.0

**Näin viittaat tähän julkaisuun**

Pikkarainen, M., Kemppainen, L. & Henner, A. 2020. Ionisoiva säteily ja kaihi – tietoa säteilytyöntekijöille. ePooki. Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut 35. Hakupäivä xx.xx.xxxx. <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2020042322182>.