

Silmä on ikkuna ihmisen elimistöön

Työterveyslääkäri

2022;40(1):44-48

Sami Sabour, Matti Seppänen, Lasse Lensu ja Hannu Uusitalo

Silmän kautta voidaan seuloa ja todeta niin silmä- kuin yleissairauksiakin. Uusien teknisten menetelmien kehittyminen helpottaa ja nopeuttaa silmänpohjan kuvantamista sekä parantaa datan laatua. Keinoäly auttaa lisääntyneen datan tulkinnassa ja hyödyntämisessä.

Silmä on ikkuna ihmisen elimistöön, erityisesti aivoihin. Silmän rakenne antaa mahdollisuuden tutkia sen sisäosia silmän valoa läpäisevien kudosten, sen omien "linssien" eli sarveiskalvon ja mykiön, läpi. Tämän vuoksi verkkokalvoa, joka on osa keskushermostoa, voidaan tutkia suhteellisen yksinkertaisin keinoin hyvin tarkasti. Silmä onkin ainoa paikka, jossa voidaan suoraan näkemällä tutkia verisuonia ja aivokudosta. Tämän vuoksi silmän tutkiminen on keskeisessä asemassa paitsi silmälääkärille, myös monen muun erikoisalalan lääkärielle, kuten esimerkiksi yleislääkärille, sisätautilääkärille, neurologille ja työterveyslääkärille. Hyvä kuva silmänpohjasta helpottaa silmänpohjan tilan arviointia ja mahdollistaa tarkan muutosten seurannan ja analysoinnin. Silmänpohjan kuvantaminen onkin viimeisten vuosikymmenten aikana kehittynyt ja yleistynyt hyvin nopeasti.

Perinteisen silmänpohjan kuvauksen lisäksi käytämme hyvin paljon niin sanottua valokerroskuvausta eli OCT:tä (optical coherence tomography) ja erilaisia spektrikuvantamisen menetelmiä. Kuvantamismenetelmät ovat kehittyneet myös teknisesti. Valonlähteenä käytetty salama on korvattu usein lasereilla. OCT-kuvantamisessa verkkokalvosta tehdään laservalon avulla valokerroskuvia, joiden avulla verkkokalvon rakennetta ja sen sairauksia voidaan tutkia hyvin tarkasti. Kuvantamislaitteet ovat monella tavalla tulleet helpommaksi käyttää ja automatisoituneet ja mahdollistavat kuvien ottamisen nopeasti ja ilman mustuaisten laajentamista. Spektrikuvantamisen avulla on tullut mahdolliseksi tutkia verkkokalvon aineenvaihduntaa, ja automaattiset kuvan analyysimenetelmät ovat mahdollistaneet verkkokalvon rakenteiden, esimerkiksi verisuonten, kvantitatiivisen mittaamisen. Näiden menetelmien soveltaminen laajoihin kuva-aineistoihin ja niiden yhdistäminen tutkittavien terveystietoihin ovat opettaneet ymmärtämään verkkokalvosta saatavan informaation merkitystä ihmisen terveyden ja hyvinvoinnin kannalta. Koneoppimiseen ja tekoälyyn perustuvat menetelmät ovat mahdollistaneet laajojen kuvaseulontojen toteuttamisen.

Glaukooma

Glaukooma on näköhermoa vaurioittava sairaus, joka hoitamattomana voi aiheuttaa merkittävän näön heikkenemisen ja toimintakyvyn alentumisen. Glaukooma on usein alkuvaiheessa oireeton. Glaukooman diagnostiikkaa vaikeuttaa se, että 30–40 prosentilla glaukoomapotilaista silmänpaine on normaalitasolla. Usein glaukooma löytyykin silmälääkärin tutkimuksessa tai kuvattaessa silmää muista syistä. Glaukooman diagnostiikka perustuu silmälääkärin tutkimuksen ja näkökenttätutkimuksen lisäksi silmänpohjan kuvantamiseen (papilla-, hermosäie- ja OCT-kuvat). Kuvantamisella on myös iso merkitys glaukooman seurannassa.

Ikärappeuma

Silmänpohjan ikärappeuma on tarkan näkemisen alueelle kohdistuva sairaus.

Taudista käytetään myös nimitystä makuladegeneraatio. Ikärappeumaa on kahta muotoa: kuiva ja nesteinen eli kostea. Kuiva rappeuma on usein oireiltaan lievempi, ja se etenee usein hitaammin kuin nesteinen rappeuma. Muotojen erottaminen toisistaan on tärkeää, koska aggressiivista kosteaa ikärappeumaa pystytään hoitamaan lasiaiseen ruiskutettavien verisuonikasvutekijäestäjien avulla. Silmänpohjan tutkimuksissa ikärappeuma näkyy muutoksina verkkokalvon keskeisessä osassa: kuivassa rappeumassa esimerkiksi druusen-muodostuksena ja nesteisessä muodossa muun muassa verkkokalvon turvotuksena ja vuotoina. Silmänpohjan valokerroskuvaus (OCT) on keskeinen tutkimusmenetelmä erotusdiagnostiikassa.

Silmänpohjan kasvaimet

Suonikalvon melanooma on vakava mutta onneksi harvinainen pahanlaatuinen sairaus. Silmänpohjan pigmenttimuutokset ja suonikalvon pigmenttiluomet eli neevukset ovat kuitenkin suhteellisen yleisiä. Näistä luomista kuitenkin vain hyvin pieni osa johtaa melanooman kehittymiseen. Tauti tulee esiin yleensä sattumalöydöksenä silmälääkärin tutkimuksessa tai kuvattaessa silmänpohjaa muista syistä. Oireita antava suonikalvon melanooma on usein edennyt jo pitkälle.

Muita silmänsairauksia

Silmänpohjasta voidaan havaita myös lukuisia muita silmänsairauksia, kuten esimerkiksi tulehduksellisia tiloja, verkkokalvon perinnöllisiä sairauksia ja silmänpohjan tai näköhermon alueen rakenteellisia sairauksia. Säännöllinen silmälääkärin suorittama tutkimus mahdollistaa sairauksien löytymisen ajoissa ja varhain aloitettu hoito parantaa usein hoidon ennustetta.

Silmänpohjien kuvantaminen yleissairauksissa

Silmästä voidaan nähdä viitteitä monista yleissairauksista. Parhaiten tunnettuja lienevät diabetes ja verisuonisairaudet. Verkkokalvomuutokset ovat diabeteksen yleisimmät komplikaatiot – varsinkin 2-typin diabeteksessa verkkokalvomuutokset ovat havaittavissa jo ennen kuin diabetes on diagnosoitu. Verenpaine- ja valtimonkovettumatauti näkyvät myös verkkokalvolla. Valtimoiden kaventuminen, verisuonten seinämämuutokset ja risteysoire ovat silmänpohjassa helposti nähtävissä ja kuvattavissa. Silmänpohjan laskimotukokset voivat johtaa hyytymishäiriöiden jäljille ja tarvittavan hoidon piiriin. Silmänpohjasta on mahdollista saada kuvantamalla ja kuva-analytiikalla esiin kvantitatiivista tietoa. Verkkokalvon verisuonten tila ennustaa riskiä aivoverisuonisairauksille, esimerkiksi aivoinfarkteille. Koneoppimisen ja tekoälyn avulla silmänpohjakuvista on voitu saada esiin hyvin paljon tietoa erityisesti aivosairauksista mutta myös monista yleissairauksista ja niiden riskitekijöistä.

Verkkokalvon valokerroskuvaus (OCT) on avannut mahdollisuuden tutkia tarkemmin näköhermosäikeitä ja verkkokalvon hermosolukerroksia sekä näköhermon nystyä eli papillaa. Näissä tapahtuu muutoksia esimerkiksi MS-taudissa ja Alzheimerin taudissa. Monissa neurologisissa sairauksissa verkkokalvon valokerroskuvaus on osa sairauden diagnostiikka ja hoidon seurantaa.

Silmänpohjakuvausten määrä ja kuvien tulkinta

Perinteisen kuvantamisen aikakaudella ainoastaan diabeetikkojen kohdennetulla säännöllisellä silmänpohjien kuvaamisella on osoitettu olevan kustannusvaikuttavuutta (diabeettisen retinopatian Käypä hoito -suositus). Suomen kaikki noin 50 000 1-typin ja 400 000 2-typin diabeetikkoa pyritään kuvaamaan säännöllisesti Käypä hoito -suosituksen mukaisesti. Kuvausväliä lyhennetään, jos verkkokalvolla todetaan diabeteksen aiheuttamia muutoksia. Varovasti arvioiden tämä tarkoittaa, että yksistään diabeetikoista otettujen silmänpohjakuvien määrä on noin 700 000 vuodessa.

Säännöllisesti kuvattavia suuria potilasryhmiä on muitakin. Suomessa on noin 100 000 glaukoomapotilasta, joita kuvataan säännöllisesti usein vähintään kahdella eri menetelmällä seuraavista: papilla-, hermosäie- ja valokerroskuvat. Myös ikärappeumapotilaiden verkkokalvoja kuvataan, erityisesti kostean ikärappeuman hoidon seurannassa kuvauksia tehdään useita kertoja vuodessa.

Mikäli silmänpohjakuvauksia laajennetaan niin, että niiden piiriin tulee muiden silmä- ja yleissairauksien riskiryhmiin kuuluvia henkilöitä, kuvausten määrä tulee moninkertaistumaan. Ajatellen näiden laajamittaisten kuvausten kustannusvaikuttavuutta on kuvauksiin ja kuvien analysointiin käytettävien kustannusten hallinta erittäin tärkeää. Kuvausten osalta kuvausteknologian kehittyminen on tuonut markkinoille lähes automaattiset, kevyet ja laajentamattomasta mustuaisesta kuvaavat kamerat. Tällaiset uudenlaiset kuvantamismahdollisuudet mahdollistavat kuvausten viemisen lähelle kuvattavia, terveysasemille, työterveyshuollon toimipisteisiin ja osaksi esimerkiksi kolmannen sektorin toimintaa.

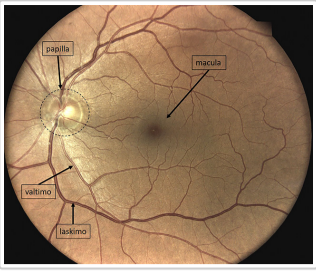
Konenäkö ja koneoppiminen kuvien tulkinnassa

Kuvien tulkitsemiseen apua on tuomassa tietokonenäköön ja nykyään lisääntyvästi koneoppimiseen ja tekoälyyn perustuvat analysointimenetelmät. Ne mahdollistavat nopean ja kustannustehokkaan silmänpohjakuvien automaattisen tai puoliautomaattisen tulkinnan ja vähentävät merkittävästi siihen tarvittavien ammattilaisten työtaakkaa. Modernit koneoppimismenetelmät koulutetaan tiettyyn tulkintatehtävään tyypillisesti ohjatusti hyödyntäen silmänpohjakuvia ja niihin liittyvää oheistietoa. Useimmiten oheistieto liittyy kuvien perusteella asiantuntijan tekemiin diagnooseihin tai kuvien sisältämien epänormaalien yksityiskohtien esiintymiseen tai niiden sijaintiin kuvissa. Tällöin automaattinen tulkintamenetelmä pyrkii oppimaan asiantuntijalle tärkeät yksityiskohdat oikeiden tulkintojen tekemiseksi ja tuloksena voi olla diagnoosi, sairauden tilan arvio tai kuva, jossa epänormaalit yksityiskohdat on korostettu. Edustavalla ja riittävän suurella aineistolla koulutettu menetelmä pystyy myös aikaisemmin näkemättömien kuvien tulkitsemiseen ja sen suorituskyky säilyy korkealla tasolla ilman menetelmän jatkuvaa uudelleen kouluttamista. Silmänpohjakuvien analysointiin voidaan kehittää myös tekoälyyn perustuvia itseoppivia järjestelmiä. Niidenkin kehittämiseen tarvitaan näkemys siitä, millaiseen käyttöön niitä käytetään.

Tekoälyn käyttöön lääketieteellisissä sovelluksissa liittyy myös sekä eettisiä että vastuuseen liittyviä kysymyksiä. Automaattisen tulkinnan tuottamien tuloksien tarkkuuden ja herkkyyden määrittämisen lisäksi on selvitettävä menetelmän kustannusvaikuttavuus terveydenhuollon kokonaiskustannusten kannalta.

Lopuksi

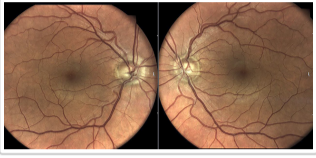
Silmät olisi hyvä silloin tällöin tarkastaa oireettomanakin. Oireettomien silmänsairauksien osalta tarkastus voisi olla perusteltua ikänäköisysoireiden alkaessa noin 45 vuoden iässä. Luonnollisesti näön heikentyminen, kuvan vääristyminen, työkykyyn tai muuten elämään vaikuttavat silmien rasitusoireet ja silmien tulehdusoireet on syytä selvittää. Yleissairauksien diagnostiikan ja riskien havaitsemisen kannalta kehittynyt tekniikka ja lisääntyvä tutkimustieto ovat tuoneet esiin silmänpohjasta saatavan tiedon merkityksen. Potilaiden osalta ratkaisevassa asemassa on hoitava lääkäri, jolta hän voikin kysyä silmälääkärin tarkastuksen tarpeesta joko sairauten tai siihen käytettävien lääkkeiden osalta.



Kuva 1. Keskeinen silmänpohjakuvanäkymä vasemmasta silmästä. Kuvaan nimettyinä muutamia anatomisia rakenteita. .

Kuva: Sabour ja Seppänen

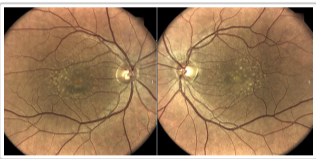
Suurena ja pienennä kuvaa napsauttamalla.



Kuva 2. Glaukoomaan liittyvä papillan ekskavoituminen (kovertuminen) on nähtävissä oikeassa silmässä eli vasemmanpuoleisessa kuvassa.

Kuva: Sabour ja Seppänen

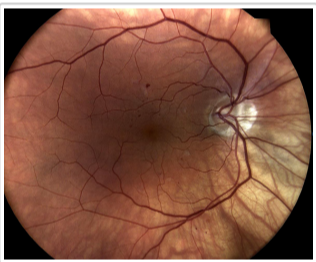
Suurena ja pienennä kuvaa napsauttamalla.



Kuva 3. Työikäisen varhain alkanut kuiva silmänpohjarappeuma. Molempien silmien makulan alueella on nähtävissä ns. druuseneita.

Kuva: Sabour ja Seppänen

Suurena ja pienennä kuvaa napsauttamalla.



Kuva 4. Diabeettiseen retinopatiaan liittyviä pistemäisiä vuotoja kakkostyyppin diabetesta pitkään sairastaneella työikäisellä diabeetikolla.

Kuva: Sabour ja Seppänen

Suurena ja pienennä kuvaa napsauttamalla.

Sami Sabour

Yleislääketieteen ja työterveyshuollon erikoislääkäri, ylilääkäri

Terveystalo, urapalvelut

sami.sabour@terveystalo.com

Lasse Lensu

Konenäön ja data-analyysin professori

Lappeenrannan-Lahden teknillinen

yliopisto LUT

lasse.lensu@lut.fi

Matti Seppänen

Silmätautien erikoislääkäri,

erikoisalajohtaja silmätaudit

Terveystalo

matti.j.seppanen@terveystalo.com

Hannu Uusitalo

Silmätautiopin professori,

Tampereen yliopisto

Ylilääkäri, Tays Silmäkeskus

hannu.uusitalo@tuni.fi

