

Niina Sepponen

Autorefraktometri näöntutkimuksen tukena

Määrällinen tutkimus Nidek ARK-1s -laitteella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometrismi (AMK)

Optometrian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

31.3.2015

Tekijä(t) Otsikko	Niina Sepponen Autorefraktometri näöntutkimuksen tukena
Sivumäärä Aika	38 sivua + 2 liitettä 31.3.2015
Tutkinto	Optometrismi AMK
Koulutusohjelma	Optometrian koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Optometria
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Kaarina Pirilä Lehtori Niina Vuorenmaa
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda mittaustulosten pohjalta normaalit viitearvot Nidek ARK-1s -autorefraktometrille. Tarkoituksena oli mitata optometrian opiskelijoilta silmän taivovoima, näöntarkkuudet kauas ja lähelle sekä matalakontrastisella testitaululla ja vastavalolla. Lisäksi tutkittavilta mitattiin akkommodaatiolaajuus.</p> <p>Tutkimukseni on kvantitatiivinen, jotta pystyin määrittämään normaaliarvojakauman Nidek ARK-1s -autorefraktometrille. Keräsin tarvittavan aineiston maaliskuun 2015 alussa Metropolia ammattikorkeakoulun Ruskeasuon toimipisteellä. Tutkimusjoukko koostui optometrian opiskelijoista, joista 61 tein autorefraktiomittauksen. Käytin tulosten taulukoimiseen Exceliä ja analysoimiseen SPSS-tilastoanalyysiohjelmää. Normaaliarvot määritin keskiarvon ja keskihajonnan perusteella.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään silmän etuosan rakenteita, näöntarkkuutta, kontrastiherkkyttä, akkommodaatiota ja niiden mittaamista sekä autorefraktometrejä ja niiden toimintaa. Tutkimuksen toteutusosassa kerrotaan käyttämästäni tutkimusmenetelmästä, tutkimuksen toteutuksesta ja sen tuloksista.</p> <p>Suurin osa tutkittavista edustaa ikäryhmää 19–30-vuotiaat, joten normaaliarvoja voidaan pitää luotettavina, kun niitä vertaillaan samanikäisiin tutkittaviin. Tutkimukseni perusteella Nidek ARK-1s -autorefraktometriä voidaan käyttää näöntarkastuksen tukena ja sen avulla voidaan tutkia asiakkaan näköä monipuolisemmin.</p>	
Avainsanat	Autorefraktometri, Nidek ARK-1s, keratometri

Author(s) Title	Niina Sepponen Autorefractometry as a Starting Point for an Eye Examination
Number of Pages Date	38 pages + 2 appendices Spring 2015
Degree	Optometry
Degree Programme	Bachelor of Health Care
Instructor(s)	Kaarina Pirilä, Principal Lecturer Niina Vuorenmaa, Senior Lecturer
<p>The aim of this study was to define age normal values for Nidek ARK-1s auto-refractometer. I took autorefractometry and keratometry measurements from the study participants. I examined their visual acuity at far and near distance, also with low contrast and glare. In addition I took measurements of amplitude of accommodation.</p> <p>The study was conducted as a quantitative study. The test group consisted of 61 students of optometry from Metropolia University of Applied Sciences. All the measurements were taken by Nidek ARK-1s auto-refractometer. The examination conditions were held constant throughout the whole data collection. I used Excel chart to document the test results and SPSS –statistical analyzing program to analyze the results. The normal values were determined with the mean values of the test results.</p> <p>For this study I familiarized myself with literature of visual acuity, contrast sensitivity, accommodation and the main working principles of autorefractors. This study also introduces Nidek ARK-1s, a combined auto-refractometer, keratometer and subjective autorefractor.</p> <p>According to my study the normal values I defined can be generalized and used with patients and customers aged between 19-30 years. Based on my test results Nidek ARK-1s auto-refractometer is a versatile device to use as a starting point for an eye examination and in addition it gives useful test results for comprehensive examination.</p>	
Keywords	Auto-refractometer, Nidek ARK-1s, keratometer

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Silmän etuosan rakenteet	3
3	Silmän taittovoiman ja näkökyvyn tutkiminen	4
3.1	Näöntarkkuus ja sen tutkiminen	4
3.2	Kontrasti	6
3.3	Kontrastiherkkyys ja sen tutkiminen	7
3.4	Kontrastiherkkyys ja näöntarkkuus	8
3.5	Häikäisy	9
3.6	Akkommodaatio	10
3.7	Akkommodaatiolaajuus ja sen tutkiminen	11
4	Yleistä autorefraktometreistä	13
4.1	Autorefraktometrin rakenne	13
4.2	Taittovoiman mittaaminen autorefraktometrillä	14
4.3	Autorefraktio lähtökohtana silmälasimääritykselle	15
5	Tutkimus ja sen toteutus	17
5.1	Keskiarvo ja keskihajonta	17
5.2	Normaaliarvojen määrittäminen	18
5.3	Tutkimusjoukon valinta ja kuvaus	18
5.4	Tutkimuksen toteutus	19
5.5	Tutkimuksessa käytetty autorefraktometri Nidek ARK-1s	20
5.6	Tutkimusaineiston analysointi	24
6	Tutkimuksen tulokset	26
6.1	Näöntarkkuus	26
6.2	Akkommodaatiolaajuus	28
7	Johtopäätökset	33
8	Pohdinta	34
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite 1. Suostumuslomake	

Liite 2. Tutkimusaineisto

1 Johdanto

Nidek Co. Ltd. on tuonut markkinoille kesällä 2013 Nidek ARK 1-s -autorefraktometrin, jolla voidaan mitata objektiivinen ja subjektiivinen taittovirhe, sarveiskalvon kaarevuussäde, subjektiivinen korjattu näöntarkkuus sekä kauas että lähelle, näöntarkkuus matalakontrastisella testitaululla ja vastavalolla. Lisäksi autorefraktometrillä voidaan mitata akkommodaatiolaajuus ja siihen vaikuttava syväterävyys pupillin koon muutoksella. Autorefraktometri mittaa myös sarveiskalvon ja pupillin halkaisijan sekä silmäterävälän kauas ja lähelle. (Autoref/keratometer ARK-1s 2013: 11.)

Suurin osa optikoista käyttää autorefraktometrejä päivittäin näöntarkastuksen tukena. Perinteisemmillä autorefraktometreillä on saatu tärkeää tietoa silmän taittovirheestä ja sarveiskalvon muodosta. Uudemmissa autorefraktometreillä voidaan tuoda lisäarvoa omille tutkimuksille. Niillä saadaan tietoa asiakkaan näkemisestä enemmän ja monipuolisemmin kuin aikaisemmin. Käytettävyyttä lisää laitteiden nopeus, luotettavuus ja asiakaslähtöinen tutkimustapa. Uudemman sukupolven autorefraktometrit, kuten Nidek ARK-1s, sopivat niin seulontatyökaluiksi kuin näöntutkimuksen apuvälineiksi.

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda mittaustulosten pohjalta normaalit viitearvot Nidek ARK-1s -autorefraktometrille. Tarkoituksena on mitata optometrian opiskelijoilta silmän taittovoima, näöntarkkuudet kauas ja lähelle sekä matalakontrastisella testitaululla ja vastavalolla. Lisäksi tutkittavilta mitataan akkommodaatiolaajuus.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään silmän etuosan rakenteita, näöntarkkuutta, kontrastiherkkyyttä, akkommodaatiota ja niiden mittaamista sekä autorefraktometrejä ja niiden toimintaa. Tutkimuksen toteutusosassa kerrotaan käyttämästäni tutkimusmenetelmästä, tutkimuksen toteutuksesta ja sen tuloksia. Opinnäytetyön aiheen sain lehtori Satu Autiolta tammikuussa 2015, jolloin aloitin aiheen jäsentelyn. Tutkimukset suoritettiin maaliskuussa 2015. Tutkimustulokset keräsin kyselylomakkeella ja Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä mittaamalla.

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Metropolia ammattikorkeakoulun kanssa. Lehtori Satu Autio toimi opinnäytetyön yhteistyökumppanin puolesta ohjaajana. Lisäksi sain apua Nidek ARK-1s -autorefraktometrin käytössä EssMed Finland Oy:n puolesta Jouni

Pekkaselta. Opinnäytetyön ohjaajina toimivat yliopettaja Kaarina Pirilä ja lehtori Niina Vuorenmaa.

2 Silmän etuosan rakenteet

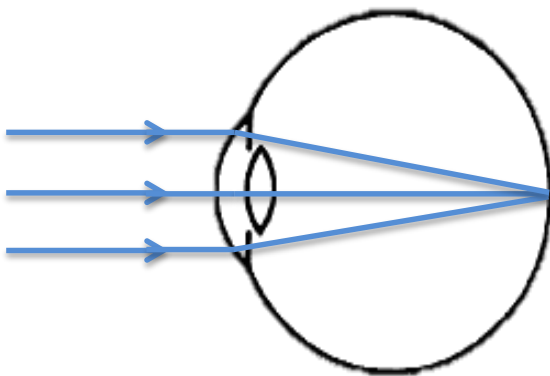
Silmän etuosan rakenteisiin kuuluvat sarveiskalvo, etukammio, värikalvo, sädekehä, takakammio, mykiö ja mykiön ripustinsäikeet. Silmää tukeva uloin kerros muodostuu sarveiskalvosta ja kovakalvosta. Ohut verisuoninen sidekalvo peittää silmän etuosia sarveiskalvoa lukuun ottamatta. Sarveiskalvo on läpinäkyvä verisuoneton silmää tukeva uloin kerros. Sarveiskalvon kaarevuus loivenee sen reunoilla ja se on kuperampi kuin kovakalvo. Sarveiskalvoa ja kovakalvoa yhdistää niiden uurremainen raja limbus. Mykiö on silmän yksi tärkeimmistä taittavista osista. Se on silmän etuosassa oleva kaksoiskupera, läpinäkyvä ja kimmoisa linssi. (Kivelä 2001: 12, 15-16, 22-23.) Tässä kappaleessa käsittelen silmän etuosan rakenteista sarveiskalvoa ja mykiötä tarkemmin, sillä Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä tutkitaan niitä sekä niiden fysiologisten mittojen vaikutusta näkemiseen.

Sarveiskalvo on silmän suurin valoa taittava osa ja paksuuteensa nähden se on vahva kudus. Lisäksi sarveiskalvo on elimistön parhaiten tuntohermotettu osa. Sen tehtävänä on taittaa ja läpäistä valonsäteitä sekä toimia lujana mekaanisena suojana silmälle. Sarveiskalvon taittovoima vaihtelee yleensä 42-45 dioptrian välillä, mikä vastaa yli kahden kolmasosan silmän koko taittovoimasta. Sarveiskalvon etupinnan keskiosan kaarevuussäde on noin 7,8 millimetriä. Sarveiskalvon kaarevuus loivenee ja kaarevuussäde kasvaa sen reunoilla. (Kivelä 2001: 16.) Sarveiskalvon halkaisija on pystysuunnassa noin 10,6 millimetriä ja vaakasuunnassa noin 11,7 millimetriä (Tervo 2001: 146).

Mykiö sijaitsee värikalvon ja lasiaisen etupinnan välissä ja se on epäsymmetrinen kaksoiskupera linssi. Mykiön taittovoima on noin kolmanneksen koko silmän taittovoimasta. Lisäksi sen tehtävänä on tarkentaa kuva katseltavasta kohteesta silmän tarkannäkemisen pisteeseen fovealle. Muuttamalla paksuuttaan mykiö muuttaa taittovoimaansa. Tätä kutsutaan mukautumiseksi eli akkommodaatioksi. Iän myötä tämä elastinen ominaisuus vähenee asteittain. (Teräsvirta – Saari 2001: 203.)

3 Silmän taittovoiman ja näkökyvyn tutkiminen

Emmetrooppisessa eli normaalitaitteisessa silmässä samansuuntaiset valonsäteet taittuvat retinalle eli verkkokalvolle yhteen leikkauspisteeseen ilman silmän mukautumista eli akkommodaatiota (kuvio 1). Jos valonsäteet eivät leikkaa verkkokalvolla, on silmä virhetaitteinen eli ametrooppinen. Myopia, hyperopia ja astigmatia ovat ametropian eri muotoja. (Grosvenor 2007: 13.) Silmän virhetaitteisuus johtuu joko silmän pituuden tai voimakkuuden poikkeamasta, jolloin ametropia on joko aksiaalista tai refraktiivista (Rosenfield 1998: 2).



Kuvio 1. Valon taittuminen emmetrooppisessa silmässä.

Näkökykyä tutkitaan sekä objektiivisin että subjektiivisin keinoin. Erilaisilla mittauksilla selvitetään silmän taittovoiman lisäksi esimerkiksi tutkittavan näöntarkkuutta, kontrastiherkkyyttä ja akkommodaatiota. Tässä kappaleessa käsittelen tutkimukseni kannalta tärkeitä näkemisen osa-alueita, joita Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä pystytään tutkimaan.

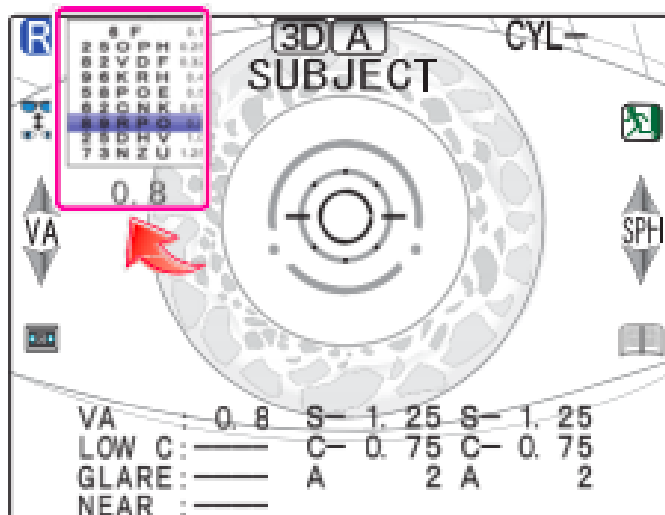
3.1 Näöntarkkuus ja sen tutkiminen

Näöntarkkuuden tutkiminen on tärkein silmän toimintaa testaavista tutkimuksista (Saari – Mäntyjärvi – Summanen – Nummelin 2001: 55). Näöntarkkuudella tarkoitetaan pienintä mahdollista erotuskykyä eli kykyä erottaa kaksi erillistä kohdetta toisistaan (Grosvenor 2007: 9). Kun silmä tarkentaa optimaalisesti pistemäiseen kohteeseen, muodostuu retinalle pieni rengasmaisen kuvio. Verkkokalvolle muodostuvaa kuvaa voi heikentää silmän mahdolliset taittovirheet sekä epäsopeva akkommodaation määrä. Kuvanlaa-

tuun vaikuttaa myös silmän kromaattiset ja monokromaattiset aberraatiot sekä pupillin koko. (Bailey 1998: 179.)

Elliotin (1995) tekemässä tutkimuksessa mitattiin näöntarkkuustuloksia eri ikäryhmissä. Kaikilla tutkittavilla oli terveet silmät. Tutkimuksen mukaan näöntarkkuus laskee systemaattisesti ikääntyessä. Muutos on kuitenkin verrattain pientä, sillä parhain näöntarkkuus saavutetaan noin 25 vuoden iässä, jolloin visus on keskimäärin 1.4 ja heikoin näöntarkkuus noin 80-vuoden iässä, jolloin visus on keskimäärin 1.0. Tutkimuksen mukaan 20-30-vuotiailla näöntarkkuuden tulisi olla keskimäärin yli 1.4, jossa keskihajonta on noin $\pm 0,25$ dioptriaa. (Bailey 1998: 197-198.)

Snellenin tauluja käytetään maailmanlaajuisesti näöntarkkuuden mittaamiseen. Taulujen kirjaimet on rakennettu niin, että piirretty viiva on yhtä leveä kuin viivojen väliin jäävä väli. Yleensä kirjaimet ovat viisi yksikköä korkeita ja neljä yksikköä leveitä. Snellenin testitaulun etuna on se, että käytetyt testimerkit ovat universaaleja ja tutkittavan on vaikea arvata oikein, koska merkkejä on 26 erilaista. (Grosvenor 2007: 9-10.) Nidek ARK-1s -autorefraktometrissä yhdessä testitaulussa on aina yksi näöntarkkuusrivi (ks. kuvio 2). Näöntarkkuusrivit muodostuvat kahdesta numerosta ja kolmesta kirjaimesta. Autorefraktometrillä pystytään määrittämään sekä korjaamaton että korjattu näöntarkkuus 0.1 - 1.25 välille. (Autoref/keratometer ARK-1s 2013: 43-44.)



Kuvio 2. Näöntarkkuuden määrittäminen Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä (Autoref/keratometer ARK-1s 2013)

Näöntarkkuusarvo saadaan, kun tiedetään testietäisyys, jolta optotyyppi voidaan erottaa ja etäisyys, josta katsottuna saman optotyypin koko vastaa viittä kulmaminuuttia ja erotuskyky yhtä kulmaminuuttia. Näöntarkkuusarvoksi saadaan tällöin murtoluku. Murtoluku voidaan muuttaa myös desimaalimuotoon. (Bailey 1998: 182 – Saari jne. 2001: 56.)

$$\text{Visus} = \frac{\text{tutkimusetäisyys}}{\text{etäisyys, josta katsottuna optotyypin koko vastaa viittä kulmaminuuttia}}$$

3.2 Kontrasti

Kontrastilla tarkoitetaan katseltavan kohteen luminanssin tai kohteen ja sen taustan luminanssieron suhdetta taustan luminanssiin. Luminanssiarvo kertoo pinnasta heijastuvan valon valovoiman suhdetta pinnan alaan. (Saari 2001: 47.) Spatiaalinen kontrasti kuvaa niitä tummuus- ja vaaleuseroja katseltavan kohteen rajapinnassa, jotka saavat aikaan sen, että kohde havaitaan erillisenä taustasta. Kontrasti on suhdeluku, joka kuvaa pienintä luminanssieroaa, joka kyetään havaitsemaan. (Owsley 2003: 172.)

Weberin kontrastimääritelmää käytetään jaksottaisten kuvioiden, kuten kirjaintestimerkkien, kontrastin kuvaamiseen. Siinä huomioidaan sekä taustan että kohteen luminanssiarvot. (Elliott 1998: 203 – Owsley 2003: 172.)

$$\frac{(L_{\text{tausta}} - L_{\text{kohde}})}{L_{\text{tausta}}}$$

Kontrasti ilmaistaan prosenttilukuna 0-100 % väliltä. Prosenttiluku saadaan kertomalla laskukaavalla saatu suhdeluku sadalla. Kun taustan ja kohteen välillä eli ole luminanssieroaa, on kontrasti 0 %. Kontrastin ollessa yli 0 % on luminanssiero taustan ja katseltavan kohteen välillä aina olemassa. Riippuen näköjärjestelmän herkkyydestä, pystymme havaitsemaan erilaisia kontrastieroja. (Owsley 2003: 172.)

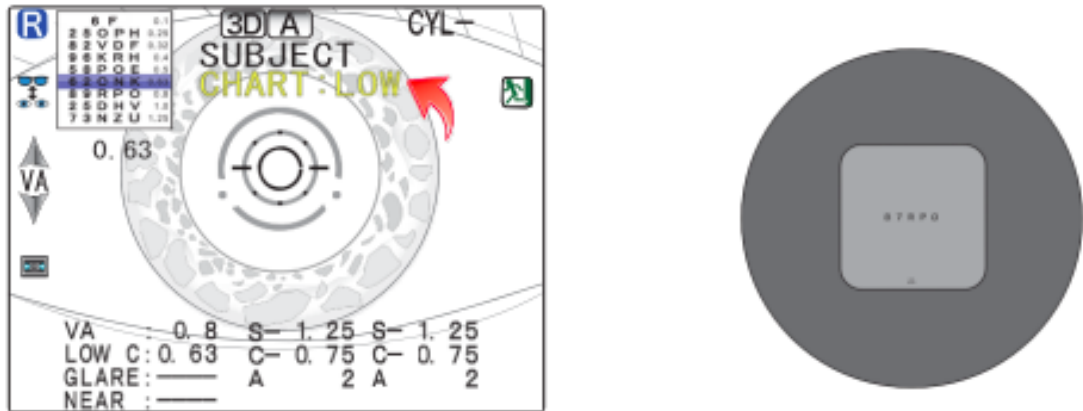
3.3 Kontrastiherkkyys ja sen tutkiminen

Pienimmän havaittavissa olevan kontrastin eli kontrastierotuskynnyksen käänteisarvoa kutsutaan kontrastiherkkyudeksi (Saari 2001: 47). Näin ollen henkilöllä, jolla on matala kontrastierotuskynnys, on korkea kontrastiherkkyys. Sen sijaan henkilöllä, joka nähdäkseen kohteen tarvitsee suuren kontrastieron taustan ja kohteen välille, on matala kontrastiherkkyys. (Owsley 2003: 172.) Mitä hämärämpi valaistus on sitä suurempi kontrasti tarvitaan, jotta yksityiskohta olisi nähtävissä. Vastaavasti valaistusvoimakkuuden kasvaessa kasvaa myös kontrastiherkkyys. (Saari 2001: 47.)

Kontrastitestitaulut, kuten Pelli-Robson (ks. kuvio 3), joissa käytetään kirjaimia optotyyppeinä, ovat nopeita, luotettavia ja toistettavia testejä kontrastiherkkyuden mittaamisessa. Esimerkiksi Pelli-Robson testitaulu muodostuu kahdeksasta rivistä kirjaimia, joissa joka rivissä on kuusi kirjainta. Kirjaimissa on eri kontrasti niin, että kolmessa vasemmanpuoleisessa kirjaimessa on suurempi kontrasti kuin kolmessa oikeanpuoleisessa kirjaimessa. Kontrastin määrä vähenee myös mentäessä rivejä alaspäin. Kaikki testitaulun kirjaimet ovat samankokoisia. Suurin kontrasti, 100 %, on ylävirin vasemmanpuoleisessa kirjaimessa ja vastaavasti pienin kontrasti, 0,6 %, on alarivin oikeanpuoleisessa kirjaimessa. Mittaus tehdään metrin etäisyydeltä. (Mäntyjärvi – Laitinen 2001: 262-262.)



Kuvio 3. Pelli-Robson kontrastitestitaulu (Pelli – Robson 1988)

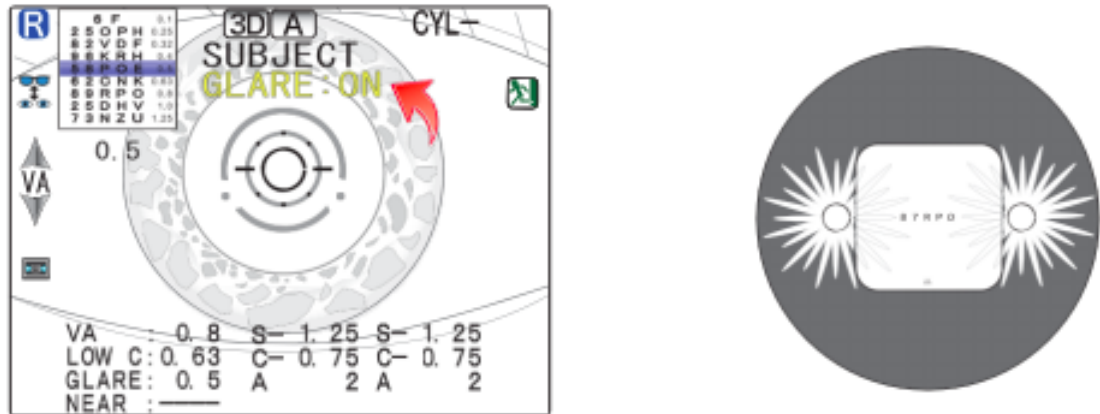


Kuvio 5. Matalakontrastisen näöntarkkuuden määrittäminen Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä (Autoref/keratometer ARK-1s 2013)

3.5 Häikäisy

Häikäisyllä tarkoitetaan luminanssien sopimattoman jakautumisen tai määrän tai hyvin voimakkaiden kontrastien aiheuttamaa näkemisen epämukavuutta tai heikentymistä (Saari 2001: 47). Häikäisyä aiheuttavat kohteet voivat olla suoria tai epäsuoria. Suoralta häikäisykohteella tarkoitetaan esimerkiksi aurinkoa ja lamppuja. Liian kirkkaat häikäisyä aiheuttavat pinnat, kuten vesi, ovat epäsuoria häikäisykohteita. (Elliott 1998: 227.)

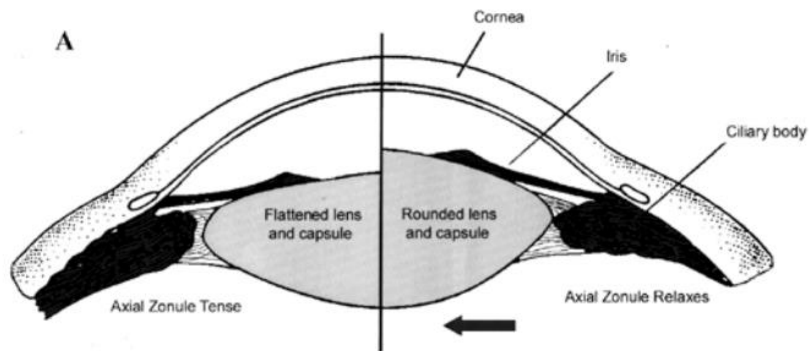
Häikäisyn vaikutusta näöntarkkuuteen voidaan mitata esimerkiksi Brightness Acuity Tester eli BAT-mittarilla. Tutkittavaa katsoo puolipallonmuotoisen laitteen pohjassa olevan reiän läpi tavallista näöntarkastustaulua. Mittaus tehdään parhaalla lasikorjauksella. Laitteesta voidaan valita kolme erisuuruista häikäisevää valaistusta, joiden aikana mitataan näöntarkkuus. Kirkkaalla valolla silmää häikäistäessä, heikkenee sen näöntarkkuus testitaululla tutkittuna. Näöntarkkuuden tulisi kuitenkin palautua normaalisti muutamassa sekunnissa. (Saari ym. 2001: 68 – Elliott 1998: 232-233.) Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä mitataan näöntarkkuutta myös vastavalolla. Tutkimuksessa testitaulua valaistaan kirkkaalla valolla molemmilta puolilta (ks. kuvio 6) ja tutkittavan tulee luetella näkemänsä numerot ja kirjaimet. Visusarvot saadaan määritettyä 0.1 - 1.25 välille. (Autoref/keratometer ARK-1s 2013: 50.)



Kuvio 6. Matalakontrastisen näöntarkkuuden määrittäminen Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä (Autoref/keratometer ARK-1s 2013)

3.6 Akkommodaatio

Akkommodaatiolla eli silmän mukautumisella tarkoitetaan prosessia, jossa mykiön taittovoima muuttuu, jotta näkeminen kaikille etäisyyksille olisi mahdollista. Katseltavasta kohteesta muodostuvan verkkokalvokuvan tarkentaminen tarkannäkemisen alueelle syntyy silmän lihaksiston ja joustavan mykiön kapselin yhteistyöstä. (Ciuffreda 1998: 77.) Parasympaattisen hermoston säätelemä silmän sädekehän sädelihaks aiheuttaa supistuessaan ripustinsäikeiden löystymisen. Tällöin mykiö pääsee hakeutumaan pallomaisempaan muotoon mykiön kapselin elastisen rakenteen ansiosta. Silmän taittovoima kasvaa, kun mykiön muoto muuttuu pyöreämmäksi (kuvio 7). (Grosvenor 2007: 6-7 – Ciuffreda 1998: 77, 81.) Ärsykkeenä akkommodaatiolle toimii epätarkka kuva verkkokalvolla (Ciuffreda 1998: 84). Akkommodaatiota voidaan stimuloida kahdella tavalla: tuomalla testiobjekti äärettömyyttä lähemmäs eli alle kuuden metrin päähän tai asettamalla silmän eteen miinuslinssi (Grosvenor 2007: 81-82).



Kuvio 7. Akkommodaation aiheuttamat muutokset silmässä. Vasemman puoleisessa kuvassa silmä on lepotilassa ja oikean puoleisessa akkommodaatiotilassa. (Werner – Trindade – Pereira – Werner 2000)

Normaalilla akkommodaatiovajakuksella tarkoitetaan sitä, että katsottavan kohteen aiheuttama akkommodaatioärsyke on yleensä hieman pienempi kuin akkommodaatiovaste. Nuorilla akkommodaatiovajaus on keskimäärin noin +0,5 dioptriaa, mutta se voi vaihdella 0 - +1,0 dioptrian välillä. Akkommodaatiovajakuksen määrään vaikuttaa myös syväterävyys. (Grosvenor 2007: 82-83.) Syväterävyyden vaikutus akkommodaatioon normaalissa silmässä on noin 0,5-1,0 dioptrian välillä. Joissakin näkemisen häiriöissä, kuten amblyopiassa, syväterävyyden vaikutus akkommodaation on kuitenkin suurempi. (Ciuffreda 1998: 106.)

3.7 Akkommodaatiolaajuus ja sen tutkiminen

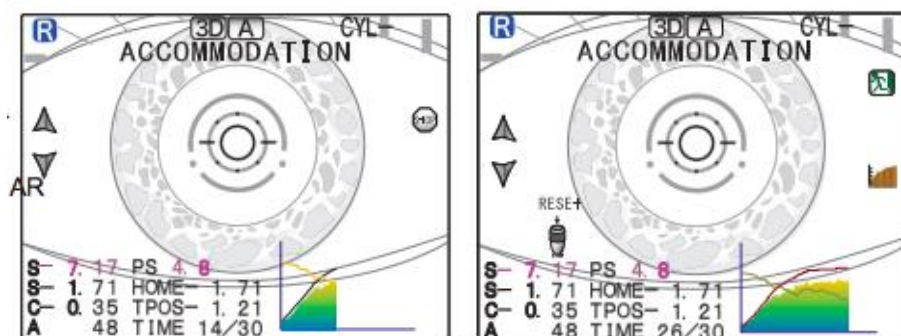
Akkommodaatiolaajuudella tarkoitetaan maksimaalista akkommodaation määrää, mikä voidaan saavuttaa lähietäisyydelle, kun silmän taittovoima on korjattu. Akkommodaatiolaajuus on silmän kaukopisteen ja lähipisteen erotus. Silmän kaukopisteellä tarkoitetaan kaukaisinta pistettä, josta pystytään muodostamaan terävä kuva retinalle mahdollisimman vähäisellä akkommodaatiolla. Vastaavasti silmän lähipisteellä tarkoitetaan lähintä pistettä, josta silmä pystyy muodostamaan terävän kuvan retinalle. (Grosvenor 2007: 8 – Ciuffreda 1998: 107.) Tutkijoiden mukaan akkommodaatiolaajuuden määrä on verrattavissa ikään. Silmän kyky mukautua lähelle vähenee lineaarisesti ikääntyessä ja tätä muutosta pystytään ennustamaan etukäteen. (Werner – Trindade – Pereira – Werner 2000: 503.) Hofstetterin mukaan akkommodaation määrä vähenee joka vuosi 0.30 dioptriaa jo viidennen ikävuoden jälkeen (Ciuffreda 1998: 106).

Keskimääräistä akkommodaatiolaajuutta ikäryhmittäin on määritetty useiden eri tutkijoiden toimesta. Hofstetter on määrittänyt laskukaavan, jonka perusteella tutkittavan minimi akkommodaatiolaajuus voidaan määrittää. (Korja 2008: 133.)

$$15 - (0.25 \times \text{ikä}) = \text{minimi akkommodaatiolaajuus}$$

Akkommodaatiolaajuutta mitataan yleisesti push up –menetelmällä. Testissä tutkittava katselee lähitestitaulusta pientä tekstiä 40 senttimetrin etäisyydeltä. Testitaulua tuodaan lähemmäs tutkittavaa, kunnes teksti sumenee. Etäisyys, jolla teksti viimeisen kerran pysyy terävänä, on silmän lähipiste. (Grosvenor 2007: 232-233.) Akkommodaatiolaajuus tulisi tutkia sekä monokulaarisesti että binokulaarisesti. Monokulaarisesti tulosten tulisi olla 0.25 dioptrian sisällä toisistaan ja vastaavasti binokulaarisen tuloksen tulisi olla 0.5 dioptriaa monokulaarista tulosta suurempi vergenssiakkommodaation vuoksi. (Ciuffreda 1998: 106-107.)

Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä akkommodaatiolaajuutta mitataan monokulaarisesti 0.8 visusrivillä, jota tutkittava katsoo 30 sekunnin ajan (ks. kuvio 8). Tänä aikana katseltavan kohteen etäisyys muuttuu lähemmäs ja autorefraktometri laskee etäisyyden muutoksesta syntyvän akkommodaatiolaajuuden dioptrioina. Laite huomioi myös pupillin koon muutoksesta syntyvän syväterävyysvaikutuksen. (Autoref/keratometer ARK-1s 2013: 53-54.)



Kuvio 8. Akkommodaatiolaajuuden mittaaminen Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä (Autoref/keratometer ARK-1s 2013)

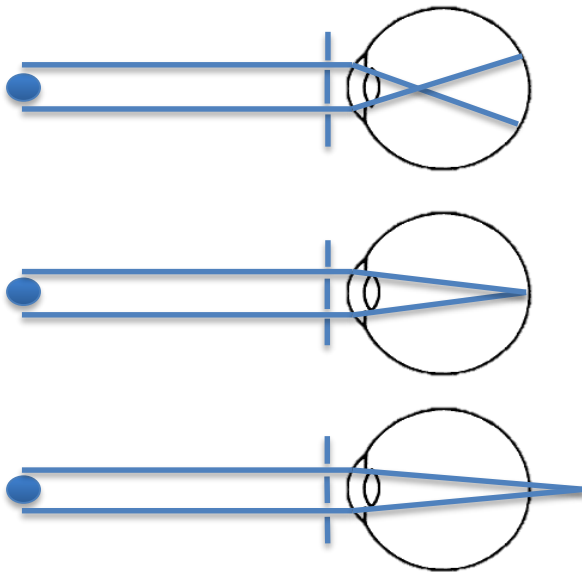
4 Yleistä autorefraktometreistä

Vuonna 1969 kehitettiin ensimmäiset autorefraktometrit. Laitteiden käytön nopeus ja helppous sekä asiakaslähtöisyys ovat syitä, jonka takia autorefraktometrejä käytetään laajalti näöntutkimuksen apuna. (Jorge 2005: 64.) Yli viisikymmentä vuotta sitten optikoilla oli suuri huoli siitä, miten nämä uudet laitteet vaikuttaisivat heidän ammattiinsa. Nykyisin tätä huolta ei enää tunneta, vaan autorefraktometriä suositetaan enenevässä määrin objektiivisessa refraktoinnissa. Laitteiden käytön yleistymisen johtuu niiden nopeudesta, riittävästä tarkkuudesta ja toistettavuudesta. Joidenkin tutkimusten mukaan autorefraktometrimittaukset ovat jopa tarkempia kuin skiaskopia. On kuitenkin muistettava, että kaikki autorefraktometrit eivät huomioi silmän suuria aberraatioita ja sameutta mykiöllä tai väliaineissa samalla tavalla kuin perinteinen skiaskopia. (Trusit 2004: 28.)

4.1 Autorefraktometrin rakenne

Perinteisesti autorefraktometrit koostuvat infrapunavalonlähteestä, fiksoitavasta kohteesta ja Badalin optometristä. Infrapunavaloa, jonka valon aallonpituus on noin 800 – 900 nanometriä, käytetään autorefraktometreissä sen läpäisevyyden ja skleralta eli kovakalvolta heijastumisominaisuuden vuoksi. Fiksoitavaksi kohteeksi valitaan yleensä kuva, jonka taustan reuna-alueilla on sumeutta. Sillä aikaan saadaan akkommodaation rauhoittuminen. Käytännössä kaikissa autorefraktometreissä on Badalin optometri mittauspäänä, koska Badalin linssin etäisyydellä silmästä ja silmänpohjalta takaisin heijastuvalla valolla on suora lineaarinen suhde. Lisäksi Badalin linssikohteen systeemillä suurennusvaikutus pysyy muuttumattomana linssin etäisyydestä riippumatta. (Trusit 2004: 28.)

Autorefraktometrejä on erilaisia riippuen niiden mittaustavasta. Yleisimmin autorefraktometreissä käytetään Scheinerin toimintaperiaatetta. Jo 1500-luvulla kehitetyn periaatteen mukaan tuplaneulanreikämittausta käytetään hyväksi ametropian määrän selvittämisessä (kuvio 9). Pupillin eteen asetetaan kaksi neulanreikää. Jos tutkittavalla on myopiaa, näkee hän risteävät kaksoiskuvat. Sen sijaan hyperoopilla kaksoiskuvat eivät risteä. Kaksoiskuvien mahdollisen risteämisen voi yksinkertaisesti selvittää kysymällä tutkittavalta kumpi kuvista katoaa, kun joko ylempi tai alempi kuva peitetään. (Trusit 2004: 29-30.)



Kuvio 9. Scheinerin toimintaperiaate. Ylhäältäpäin kuvassa myooppinen, emmetrooppinen ja hyperooppinen silmä.

Autorefraktometreissä Scheinerin toimintaperiaatetta käytetään niin, että kaksi LED-valoa projisoidaan näköakselille. Ne toimivat vastaavasti kuin Scheinerin toimintaperiaatteessa. Silmän mahdollinen taittovirhe aiheuttaa kuvien kahdentumisen. Verkkokalvokuva LED-valoista heijastuu takaisin. Tämä valo heijastetaan valoa havaitsevaan laitteeseen, joka on suunniteltu toimimaan niin, että se huomioi vain toisen LED-valon kerrallaan, jolloin mahdollinen kaksoiskuvien risteäminen on helpompi havaita. LED-valoja liikutellaan eteen- ja taaksepäin kunnes valoa havaitsevaan laitteeseen heijastuu vain yksi piste. LED-valojen etäisyys kertoo virhetaitteisuuden määrän. Astigmaattisen silmän mittaamiseen tarvitaan neljä LED-valoa. Lopuksi kahden pisteen etäisyyttä verrataan toisiinsa, jotta hajataitteisuuden määrä saadaan selville. (Trusit 2004: 30-31.)

4.2 Taittovoiman mittaaminen autorefraktometrillä

Yleisimmin autorefraktometreillä voidaan mitata taittovirhettä plus-puolella +15 - 23.00 dioptriaan asti ja miinus-puolella 12 - 20.00 dioptriaan asti. Astigmatian määrää laitteilla voidaan mitata 6 - 12.00 dioptrian verran ja astigmatian suuntaa yhden asteen tarkkuudella. Voimakkuuden muutos on yleisimmin joko 0.125 tai 0.250 dioptrian välein. Weymanin ja Rossown (1987) mukaan autorefraktometrimittausten toistettavuus oli verrattavissa skiaskopiolla tehtyihin mittauksiin. Sen sijaan autorefraktometrimittausten

tarkkuus ei ollut verrattavissa skiaskopiolla tehtyihin mittauksiin. (Campbell – Benjamin – Howland 1998: 616.)

Autorefraktometrien rajoitteet tulee ottaa huomioon mittauksia tehdessä. Tutkittavan taittovoiman määrä voi ylittää laitteen maksimi mittausmäärän. Myös pieni pupilli vaikuttaa rajoittavasti mittauksen onnistumiseen. Silmän poikkeavat terveydelliset tilat, kuten keratokonus eli sarveiskalvon kartiopullistuma, silmän väliaineiden sameus tai mykiöllä esiintyvä kaihi sekä sarveiskalvon epäsäännölliset ja poikkeavat pinnanmuodot esimerkiksi laserleikkauksen jälkeen voivat aiheuttaa virhettä mittauksissa. Myös epänormaalit akkommodatiiviset tilat, kuten pseudomyopia ja latentti hyperopia lisäävät virhetuloksen mahdollisuutta. Nuorilla tutkittavilla on yleistä, että autorefraktometri antaa liian myooppisia arvoja tutkittaville verrattuna skiaskopiaan tai subjektiivisiin tutkimuksiin, sillä heidän akkommodaatio toimintansa on vilkasta. Myös suurilla virhetaitteisuuksilla saattaa syntyä virheitä mittauksissa, sillä laitteen tutkimusetäisyys eli pintaväli silmästä on eri kuin subjektiivisissa tutkimuksissa. (Campbell – Benjamin – Howland 1998: 617-618.)

4.3 Autorefraktio lähtökohtana silmälasimääritykselle

Autorefraktometrimittausten tarkkuutta ja toistettavuutta suhteessa subjektiiviseen refraktioon on tutkittu useissa eri tutkimuksissa. Tutkijat, ammattiharjoittajat ja kouluttavat eivät ole löytäneet yhteisymmärrystä siitä, voiko autorefraktometri joskus korvata skiaskopian täysin. (Grosvenor 2007: 205.) Sitä vastoin asiakkaiden kykyä mukautua ja sietää autorefraktometrillä tehtyjä lasimäärityksiä ei ole tutkittu paljoa. Trusitin mukaan Strang ym. (1998) tekemässä tutkimuksessa 47 nuorelle tutkittavalle määrättiin sekä perinteisellä autorefraktometrillä että subjektiivisesti silmälasit. Tutkimuksen perusteella subjektiivinen määrittäminen oli yli puolelle tutkittavista mieleisempi. Lähes 30% tutkittavista koki molemmat lasimääritykset yhtä hyvinä. Tutkijoiden mukaan pelkällä autorefraktometrillä lasimäärityksen tekeminen käytännön elämässä olisi toteuttamiskelvoton ajatus. Toisaalta heidän mukaansa tutkimus tulisi vielä toistaa nykyaikaisemmillä autorefraktometreillä, joilla voidaan automaattisesti tutkia myös subjektiivinen refraktio. (Trusit 2004: 31.)

Wesemanin ja Rossown (1987) tutkimuksessa vertailtiin seitsemän eri autorefraktometrin mittaustuloksia toisiinsa. Tutkimukseen osallistui 55 tutkittavaa, joiden ikä vaihteli 20

ja 68 vuoden välillä. Tutkijoiden mukaan kaikki seitsemän autorefraktometriä antoivat tarkkuudeltaan lähes samankaltaisia tuloksia normaaleilla ametrooppisilla tutkittavilla. Wesemanin ja Rossown mukaan kaikkia näitä autorefraktometrejä voitiin tutkimuksen perusteella suositella alkupisteeksi refraktiolle. Heidän mukaansa tulee kuitenkin huomioida, että laitteet tekevät joskus virheitä ja mikään kyseisistä laitteista ei ole kykeneväinen binokulaariseen tasapainotukseen refraktoidessaan tutkittavia. Näin ollen ei ole mahdollista tehdä lasimääritystä suoraan autorefraktometrin tuloksista. (Grosvenor 2007: 205.)

Grosvenor ym. (1985) tekemässä tutkimuksessa tutkittiin ensimmäisen vuoden optometrian opiskelijoita. Heille tehtiin Dioptron Novalla autorefraktiomittaukset sekä tutkittiin taittovirhettä skiaskoopilla ja subjektiivisesti. Tulosten perusteella Dioptron Novalla saatiin samankaltaisia tuloksia kuin skiaskoopilla ja tutkijoiden mukaan skiaskopia voitiin korvata autorefraktiomittauksilla. Heidän mukaansa tulee kuitenkin huomioida, että joissakin tapauksissa autorefraktometrillä ei löydetty tutkittavilla esiintynyttä latenttia hyperopiaa, jolloin laite antoi liian myooppisia tuloksia jopa yhden dioptrian verran. (Grosvenor 2007: 205.)

Jorge ym. (2005) tekemässä tutkimuksessa tutkittiin Nidek ARK-700A -autorefraktometrillä ja skiakopiolla 192 oikeaa silmää terveeltä nuorelta aikuiselta. Näitä tuloksia verrattiin lopuksi subjektiiviseen refraktioon. Tutkimuksissa ei käytetty sykloplegisiä lääkkeitä. Tulosten perusteella autorefraktiomittauksissa sfäärinen voimakkuus on yleensä liian negatiivinen myooppisilla ja liian positiivinen hyperooppisilla. Autorefraktometri antoi lähes 45% tutkittavista subjektiivista refraktiota vastaavan sfäärisen voimakkuuden, kun taas skiakopiolla tulos oli lähes 75%. Lisäksi tutkimuksissa havaittiin, että skiaskopiolla saatu lähtövoimakkuus subjektiiviselle tutkimukselle oli jopa 0.5 dioptriaa tarkempi kuin autorefraktometrillä. Astigmatian määrä määrittämisessä sekä autorefraktometri että skiaskopia olivat suurimmalla osalla tutkittavista lähellä eli +/-0.25 dioptrian sisällä subjektiivisesta refraktiosta. Akselisuunnan määrittämisessä skiaskopia oli 10% tarkempi verrattaessa subjektiiviseen refraktioon. Tutkimuksen lopputuloksena oli se, että autorefraktometriä voi käyttää lähtökohtana subjektiiviselle tutkimukselle, mutta sillä ei koskaan tulisi kokonaan korvata subjektiivista tutkimusta. (Jorge – Queiros – Almeida – Parafita 2005: 64-68.)

5 Tutkimus ja sen toteutus

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda mittaustulosten pohjalta normaalit viitearvot Nidek ARK-1s -autorefraktometrille. Tarkoituksena oli selvittää, millaisia tutkimustuloksia autorefraktometri antaa nuorille tutkittaville ja niiden pohjalta määrittää normaalit viitearvot laitteelle. Mittasin Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä tutkittavilta autorefraktioarvot keskeiseltä ja reuna-alueelta sekä keratometriarvot. Lisäksi määritin subjektiivisen refraktion ja korjauksella näöntarkkuudet sekä lähelle että kauas. Määritin tutkittavilta myös visukset matalakontrastilla testitaululla ja vastavalolla. Viimeisenä mittasin tutkittavilta akkommodaatiolaajuuden. Mittaustulosten analysointiin ja normaaliarvojen laskemiseen käytin SPSS-tilastoanalyysiohjelmaa.

Ennakkoon oletin autorefraktometrillä saavutettavan ikään nähden normaaleja näöntarkkuustuloksia sekä lähelle että kauas. Oletin myös, että nuoret tutkittavat eivät tarvitse erillistä lähilisää. Ennakkoon odotin matalakontrastisen ja vastavalolla mitatun visuksen olevan normaalia näöntarkkuustuloksia heikompia. Akkommodaatiolaajuuden oletin olevan tutkittavilla ikään nähden heikempi kuin perinteisillä mittaustavoilla.

Määrittääkseni normaaliarvojakauman Nidek ARK-1s -autorefraktometrille keräsin tarvittavan aineiston maaliskuun 2015 alussa Metropolia Ammattikorkeakoulun Ruskeasuon toimipisteellä. Tutkimusetäisyydet määritin yhdessä laitteen maahantuojaan edustajan Jouni Pekkasen kanssa. Autorefraktiomittauksia tein yhteensä 61, mikä tarkoittaa 122 tutkittua silmää.

5.1 Keskiarvo ja keskihajonta

Tilastollisessa tutkimuksessa käytetään erilaisia sijainti- ja hajontalukuja kuvaamaan tutkittua informaatiota. Keskiarvo on luku, joka saadaan jakamalla havaintoarvojen summa havaintojen lukumäärällä. Mitä suurempi otos tutkimuksessa on, sitä luotettavampi suure keskiarvo on. Mediaanilla tarkoitetaan lukua, joka asettuu suuruusjärjestykseen asetetuista arvoista keskimmäiseksi. Tällöin mediaanin molemmiin puoliin on yhtä monta arvoa. Kun jakauman hajonta on suuri eikä siinä ole mitään selvää keski-kohtaa tai jakauma on vino, on hyvä käyttää mediaania. Keskihajonnalla eli standardi poikkeamalla tarkoitetaan sitä, kuinka hajallaan arvot ovat keskiarvon ympärillä. Keskihajontaa käytetään keskiarvon lisäksi useissa tilastollisissa tutkimuksissa. Keskiarvon

keskivirheellä kuvataan keskiarvon luotettavuutta. Arvon suuruuteen vaikuttaa havaintojen lukumäärä ja muuttujien arvojen keskihajonta. (Heikkilä 2008: 82-86.)

Kun selvitetään muuttujien välisiä riippuvuuksia, yleensä tutkitaan yhteyksiä kahden muuttujan välillä eli pareittain. Yleisin mitta kahden muuttajan välisen riippuvuuden kuvaamisessa on Pearsonin korrelaatiokerroin. Se mittaa lineaarisen riippuvuuden voimakkuutta välimatka- ja suhdeasteikon tasoisille muuttujille. Korrelaatiokerroin voi saada arvoja $-1:n$ ja $+1:n$ välillä. Lineaarista riippuvuutta ei ole, jos kertoimen arvo on 0. Kertoimen ollessa lähellä arvoa $+1$, muuttujien välillä on voimakas positiivinen korrelaatio. Näin ollen toisen muuttujan kasvaessa toinenkin muuttuja kasvaa. Sen sijaan kertoimen ollessa lähellä arvoa -1 , muuttujien välillä on voimakas negatiivinen korrelaatio. Tällöin toisen muuttujan kasvaessa toisen muuttujan arvo pienenee. Täytyy kuitenkin muistaa, että voimakas korrelaatio ei aina takaa syy-seuraussuhdetta. (Heikkilä 2008: 90-91.)

5.2 Normaaliarvojen määrittäminen

Tekemieni mittausten perusteella määritin uuden autorefraktometrin näöntarkkuus- ja akkommodaatiomittauksille normaalina pidettävät viitearvot tutkittaville. Normaaliarvoina voidaan pitää keskiarvoa, kun keskihajonta on otettu huomioon. Alaraja on tällöin $[\text{keskiarvo} - \text{SD}]$ ja yläraja on $[\text{keskiarvo} + \text{SD}]$, jossa SD on keskihajontaa kuvaava luku. Mitä suurempi otoskoko tutkimuksessa on, sitä varmemmin saadut tulokset edustavat koko väestön normaaliarvoja. (Mäntyjärvi – Laitinen 2001: 263.)

Elliottin ja Whitakerin (1992) tutkimuksen mukaan ammatinharjoittajien olisi hyvä tehdä omien tutkimusten pohjalta normaalit viitearvot, sillä eri tutkijoilla on tapana ohjeistaa asiakasta eri tavalla. Näin ollen saadut tutkimustulokset voivat olla hyvin erilaisia eri tutkijoiden välillä. Mittaamalla eri ikäisiä ihmisiä, saadaan ikänormaalit viitearvot tutkittaville. (Elliott 1998: 223-224.)

5.3 Tutkimusjoukon valinta ja kuvaus

Tutkimuksessa koehenkilöinä olivat Metropolia ammattikorkeakoulun optometrian opiskelijat. Heille ilmoitettiin tutkimuksesta etukäteen opettajien välityksellä ja oppituntien

alussa. Tutkittavat ilmoittautuivat vapaaehtoisesti osallistumaan autorefraktiomittauksiin ja heiltä oli opettajan lupa olla poissa oppitunnilta mittauksen ajan.

Päädyin rajaamaan tutkittavat henkilöt vain optometrian opiskelijoihin, sillä tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää laitteelle tietyt normaalit viitearvot, joiden avulla voidaan helpottaa laitteen käytettävyyttä optometrian koulutusohjelmassa. Halusin saada mahdollisimman suuren otannan samanikäisiä henkilöitä, jotta tulokset olisivat luotettavia ja niitä pystyisi vertailemaan. Haasteena oli saada riittävä määrä tutkittavia, koska osa opiskelijoista oli kentällä harjoittelujaksolla ja osalla oli opetuksen viikko mittausten aikaan. Sain kuitenkin tarpeeksi suuren otannan tutkittavia, jotta sain tutkimuksen toteutettua.

5.4 Tutkimuksen toteutus

Mittaukset tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoulun Ruskeasuon toimipisteen neuvottelutilassa 3.3-17.3.2015 välisenä aikana. Neuvottelutila oli varattu pelkästään tutkimusta varten, joten pystyin suorittamaan mittaukset rauhallisessa tilassa ja aina samalla tavalla. Olimme laitteen maahantuojaan edustajan Jouni Pekkasen kanssa etukäteen katsoneet laitteelle sopivan paikan mittauksia varten, jotta valaistus olisi sopiva ja aina samanlainen. Mittausten suunnittelu ja järjestely sujui nopeasti. Ennen mittauksia kävimme yhdessä Pekkasen kanssa läpi laitteen asetuksia ja valitsimme tutkimukseen parhaiten sopivan etenemisjärjestyksen ja laitteen säädöt.

Tutkittavat täyttivät ennen mittauksia suostumus- ja esitietolomakkeen (liite 1). Lomakkeessa kysyttiin tutkittavan sukupuoli, ikä ja mahdolliset silmäleikkaukset tai silmäsairaudet. Lisäksi tutkittavat täyttivät lomakkeeseen heidän viimeisimmän silmälasivoimakkuutensa, jos heillä oli käytössään silmälasit. Lopuksi tutkittavilta kysyttiin lupaa mittaustulosten luovuttamiseen opinnäytetyötä varten. Mittaustulokset julkaistaan nimettöminä, säilytetään luottamuksellisina ja hävitetään tutkimuksen valmistuttua.

Autorefraktometri oli säädetty mittauksia varten niin, että ensimmäisenä se mittasi tutkittavalta autorefraktion ja keratometriarvot. Tämän jälkeen laite siirtyi automaattisesti visuksen mittaukseen ja subjektiivisen refraktion tekemiseen. Sitten laite säädettiin manuaalisesti mittaamaan matalakontrastinen ja vastavalonäöntarkkuus. Kaukonäöntarkkuuden jälkeen mitattiin lähinäöntarkkuudet ja määritettiin mahdollinen lähiläsän

tarve. Lopuksi laitteella mitattiin akkommodaatiolaajuus. Ennen jokaista mittausta tutkitavalle kerrottiin, mitä seuraavassa mittauksessa mitataan. Näöntarkkuusarvoja mitattaessa rivi hyväksyttiin oikeaksi, jos tutkittava pystyi luettelemaan neljä kirjainta viidestä oikein.

Tutkimuksen sujuvuuden ja tutkittavien viihtyvyyden vuoksi tein mittaukset poiketen normaalista mittaustavasta, jossa aina ensin tutkitaan oikea silmä. Sen sijaan siirryttäessä aina uuteen testiin, en erikseen vaihtanut takaisin oikeaan silmään vaan jatkoin uuden testin suoraan vasemmasta silmästä. Näin ollen autorefraktometri- ja keratometrimittaus sekä lähinäöntarkkuuden määrittäminen tehtiin ensin oikealle silmälle, josta siirryttiin vasemman silmän mittauksen. Kaukonäöntarkkuus ja akkommodaatiolaajuus mitattiin ensin vasemmalla silmällä, josta siirryttiin oikean silmän mittaamiseen.

Olimme etukäteen Pekkasen kanssa määrittäneet laitteelle tutkimuksen kannalta sopivat mittausetäisyydet. Pintaväliksi olimme valinneet 12 millimetriä. Lähitesti suoritettiin 40 senttimetrin etäisyydeltä. Lisäksi päätimme jättää autorefraktometrin piilolinssien sovitusta varten olevat mittaukset kokonaan pois tutkimuksesta, sillä ne eivät olleet merkittäviä tutkimussuunnitelman perusteella.

Tutkimus kesti noin 10 minuuttia tutkittavaa kohden ja tutkimus sujui suunnitelmien mukaan. Kävimme mittausten lopuksi tutkimustuloksia läpi tutkittavien kanssa. Suurin osa tutkittavista oli kiinnostunut tuloksista. Lopuksi annoin suullisen palautteen tutkittavan näkemisestä mittausten perusteella.

5.5 Tutkimuksessa käytetty autorefraktometri Nidek ARK-1s

Nidek ARK-1s on autorefraktometri, joka sisältää refraktometrin ja keratometrin (ks. kuvio 10). Refraktometri mittaa objektiivisesti silmän sfäärisen voimakkuuden ja astigmatian määrän sekä sylinterin akselisuunnan. Keratometrillä mitataan sarveiskalvon kaarevuutta ja sarveiskalvon refraktiivista voimakkuutta. Lisäksi Nidek ARK-1s -autorefraktometrissa on sisäänrakennettuja testitauluja ja linsejä subjektiivisiin mittauksiin. (Autoref/keratometer ARK-1s 2013: 11)



Kuvio 10. Kuvassa Nidekin ARK-1s -autorefraktometri (Nidek n.d.).

Nidek ARK-1s -autorefraktometri tuli markkinoille heinäkuussa 2013. Suomessa kyseisiä autorefraktometrejä on käytössä yhteensä noin 50 kappaletta silmäsairaaloiden poliklinikoilla, yksityisillä silmälääkäreillä ja klinikoilla sekä Metropolia ammattikorkeakoulun optometrian koulutusohjelmassa. Sairaaloiden poliklinikoilla autorefraktometriä käytetään pääasiassa seulontatyökaluna, jotta nähdään, millaisia näöntarkkuuksia lähetteellä tulevat potilaat saavat. Lisäksi silmälääkärin työtä helpottaa, kun potilaan näöntarkkuuden lähtötaso on tiedossa. (Pekkanen 2015.)

Objektiivinen taittovoiman mittaus tapahtuu Nidek ARK-1s:llä niin, että laitteella heijastetaan tarkkaan mitatut valonsäteet tutkittavan silmänpohjalle. Taittovirhe arvioidaan silmänpohjalta takaisin sarveiskalvolle heijastuvista valonsäteistä, jotka muodostavat rengaskuvion. Sen sijaan subjektiivinen taittovoiman mittaus tapahtuu niin, että laitteen sisälle on rakennettu testitauluja, joiden etäisyyttä silmästä muuttamalla voidaan mitata näöntarkkuus. Taittovirhe korjataan silmän eteen tulevilla vaihdettavilla linsseillä, jotta todellinen subjektiivinen näöntarkkuus saadaan mitattua. Sarveiskalvon kaarevuussäteen määrittämisessä sarveiskalvolle heijastetaan rengaskuvio, jonka koosta ja muodosta voidaan päätellä sarveiskalvon kaarevuus ja voimakkuus sekä päämeridiaanin suunta. (Autoref/keratometer ARK-1s 2013: 11.)

Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä voidaan mitata objektiivinen ja subjektiivinen taittovirhe, sarveiskalvon kaarevuussäde, subjektiivinen korjattu näöntarkkuus sekä kauas että lähelle, näöntarkkuus matalakontrastisella testitaululla ja vastavalolla. Lisäksi autorefraktometrillä voidaan mitata akkommodaatiolaaajuus ja siihen vaikuttava syväterävyys pupillin koon muutoksella. Autorefraktometri mittaa myös sarveiskalvon ja pupillin halkaisijan sekä silmäterävälän kauas ja lähelle. (Autoref/keratometer ARK-1s 2013: 11 – Pekkanen 2015.)

Verrattuna perinteisiin autorefraktometreihin Nidek ARK-1s mittaa refraktion yli 200 mittauspisteestä. Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä saadaan perinteisiä autorefraktometrejä tarkempia arvoja, sillä laite ilmoittaa silmän taittovirheen 0.01 dioptrian tarkkuudella. Laitteella saadaan mitattua refraktio sekä sarveiskalvon keskeiseltä että reunaluualueelta (ks. kuvio 11). Näiden mittausten perusteella sarveiskalvon muodosta ja kaarevuudesta saadaan perusteellisempi käsitys. (Pekkanen 2015.)



Kuvio 11. Autorefraktio- ja keratometrimitaus Nidek ARK-1s -laitteella.

Perinteisistä autorefraktometreistä poiketen Nidek ARK-1s mittaa sarveiskalvon kaarevuutta perinteisen kolmen millimetrin alueen lisäksi myös laajemmalla noin 6 – 7 millimetrin alueelta. Autorefraktometrillä saadaan näin ollen enemmän mittaustuloksia myös neljältä eri meridiaanilta. (Pekkanen 2015.) Tutkimuksessani rajasin mittaukset

vain niin sanottuun perinteiseen keratometrimittaukseen, sillä se sopi tutkimussuunnitelmaani paremmin. Piilolinssisovituksissa kuitenkin laajemmilla mittauksilla saataisiin lisätietoa sarveiskalvosta ja näin ollen esimerkiksi kovien piilolinssien sovittaminen helpottuisi. Lisäksi laite laskee tarvittaessa valmiiksi tutkittavalle sopivan piilolinssivoimakkuuden huomioiden pintavälin muutoksen (Pekkanen 2015).

Laitteella voidaan mitata myös näöntarkkuus matalakontrastisella testitaululla, jossa kontrastin määrä on noin 50 %. Nidek ARK-1s –autorefraktometrillä saadaan mittaustulokseksi pienin mahdollinen erotuskyky eli näöntarkkuus tietyllä kontrastin määrällä sen sijaan, että sillä mitattaisiin pienintä mahdollista kontrastin erotuskykyä samankokoisella optotyypillä. (Pekkanen 2015.)

Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä voidaan mitata myös akkommodaatiolaajuus (ks. kuvio 12). Mitattaessa akkommodaatiolaajuutta, laite huomioi myös pupillin koon muutoksesta aiheutuvan syväterävyysvaikutuksen. Laitteen antama akkommodaatiolaajuus arvo kertoo pelkän mykiöllä tapahtuvan voimakkuusmuutoksen. Mittaus kestää 30 sekuntia, jonka aikana laite piirtää näytölle diagrammia, josta nähdään sekä mykiöllä tapahtuva akkommodaatio voimakkuusmuutoksena että pupillin koon muutos millimetreinä. Tulee myös huomioida, että laitteella mitataan akkommodaatiolaajuus monokulaarisesti. Joissakin push up –testeissä mitataan myös binokulaarinen akkommodaatio, johon vaikuttaa myös silmien kyky kääntyä sisäänpäin eli konvergoida. (Pekkanen 2015.)



Kuvio 12. Akkommodaatiomittaus Nidek ARK-1s -laitteella.

Ennen akkommodaatiolaajuuden mittausta laitteen testikuva asetetaan teräväksi. Tällöin asiakas saattaa jo akkommodoida nähdäkseen testikuvan terävänä. Näin ollen laitteen mittaama akkommodaatiolaajuus on määrä terävästä kuvasta akkommodaation huippupisteeseen. Tällainen tilanne voi syntyä esimerkiksi nuorilla hyperoopeilla, jotka jaksavat akkommodoida kaukovoimakkuutta tiettyyn määrään asti. Laitetta voisikin käyttää hyödyksi tutkittaessa asiakkaita, joilla on akkommodaation häiriötila, kuten akkommodaatiospasmii. (Pekkanen 2015.)

5.6 Tutkimusaineiston analysointi

Kirjasin saamani tutkimustulokset Excel-taulukoon (liite 2). Analysoin tutkimusaineiston SPSS-tilastoanalyysiohjelman avulla, sillä opinnäytetyöni on luonteeltaan määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus. Määrällisen tutkimuksen tarkoituksena on selvittää lukumääriin liittyviä kysymyksiä ja se edellyttää riittävän suurta ja edustavaa otosta. Tutkimustulokset voidaan havainnollistaa taulukoin tai kuvioin ja tulokset pyritään yleistämään tutkimusotosta suurempaan joukkoon tilastollisen päättelyn keinoin. Tarkoituksena on selvittää yleensä olemassa oleva tilanne. (Heikkilä 2008: 16.)

Tutkimuksessa käytin SPSS –tilastoanalyysiohjelmaa keskiarvojen ja keskihajonnan laskemiseen. Näiden arvojen pohjalta pystyin määrittämään normaaliarvot laitteelle. Lisäksi käytin parittaista t-testiä vertaillen kahden mittauksen välistä suhdetta. Parittaista t-testiä käytetään tulosten analysointiin silloin, kun molempia mittauksia voi pitää omana otoksenaan, mutta kyseessä on toisistaan riippuvat otokset, kuten esimerkiksi silloin, kun erilliset mittaukset suoritetaan samoilla henkilöillä. Mitä suurempi otoskoko tutkimuksessa on, sitä pienempi on otantavirheen osuus. (Taanila 2013.)

Parittaisen t-testin tuloksena saadaan p-arvo, joka kertoo todennäköisyyden sille, että erojen keskiarvon poikkeama nolasta selittyy pelkällä otantavirheellä. Jos p-arvo on pieni, niin erojen keskiarvo poikkeaa merkittävästi nolasta. Tilastollisesti melkein merkitsevä ero on, jos p-arvo on alle 0,05. Sen sijaan tilastollisesti merkitsevä ero on, jos p-arvo on alle 0,01. Tilastollisesti erittäin merkitsevä ero on, jos p-arvo on alle 0,001. Otoskoon tulisi olla vähintään 30, jotta parittaista t-testiä voidaan luotettavasti käyttää. (Taanila 2013.)

Näöntarkkuudet olivat tutkittavilla odotetulla tasolla. Tutkimuksen mukaan Nidek ARK1s - autorefraktometrillä mitattuna näöntarkkuudet olivat kauas lähes samalla tasolla kuin Elliotin (1995) tekemässä tutkimuksessa. Pieni ero johtunee siitä, että Nidek ARK-1s -laitteessa pienin näöntarkkuusrivi on 1.25, kun taas Elliotin (1995) tutkimuksessa se on ollut 2.0. Olisikin ollut mielenkiintoista saada Nidek ARK-1s -autorefraktometriin vielä muutama tutkimustaulu lisää, jotta tutkittavien kauko- ja lähinäöntarkkuuksiin oltaisiin saatu suurempaa hajontaa. Tutkittavilla näöntarkkuus lähelle oli hieman parempi kuin kauas. Ero ei kuitenkaan ollut merkittävä.

Matalakontrastinen ja vastavalolla mitattu näöntarkkuus olivat selkeästi kaukonäöntarkkuutta heikompia. Näöntarkkuuksissa oikean ja vasemman silmän välillä ei ole merkittävää eroa. Lähinäöntarkkuuksissa hajonta ei ollut suurta. Kauas ja vastavalolla mitattuna näöntarkkuuksissa hajontaa esiintyi hieman enemmän. Eniten hajontaa esiintyi matalakontrastisilla näöntarkkuuksilla.

Mittausten pohjalta tein normaaliarvotaulukon näöntarkkuuksista, joita saavutetaan 19-42-vuotiailla tutkittavilla. Taulukossa 2 on eritelty normaaliarvot kauko- ja lähinäöntarkkuuksista lasikorjauksella. Matalakontrastinen ja vastavalolla mitattu näöntarkkuus on eritelty taulukossa 3. Taulukoissa ka kuvaa mittausten keskiarvoa ja SD keskihajontaa. Normaaliarvojen alaraja on keskiarvon ja keskihajonnan erotus, kun taas ylärajana on keskiarvon ja keskihajonnan summa.

Taulukko 2. Normaaliarvot kauko- ja lähinäöntarkkuudet oikea ja vasen silmä.

Visus kauas		Visus lähelle	
OD ka ± SD	OS ka ± SD	OD ka ± SD	OS ka ± SD
1.19 ± 0.17	1.18 ± 0.17	1.20 ± 0.13	1.21 ± 0.10

Taulukko 3. Normaaliarvot matalakontrastiselle näöntarkkuudelle ja näöntarkkuudelle vastavalolla oikea ja vasen silmä.

Matalakontrastinen visus		Visus vastavalolla	
OD ka ± SD	OS ka ± SD	OD ka ± SD	OS ka ± SD
0.90 ± 0.22	0.90 ± 0.21	0.69 ± 0.18	0.70 ± 0.17

6.2 Akkommodaatiolaajuus

Mittausten perusteella tutkittavien keskimääräinen akkommodaatiolaajuus oli 5,91 dioptriaa (ks. taulukko 4). Oikean ja vasemman silmän välinen akkommodaatiolaajuusero oli keskimäärin 0.18 dioptriaa, mikä tulkitaan normaaliksi eroiksi silmien välillä. Keskihajonta mitausten välillä oli molemmissa silmissä noin 1,75 dioptriaa. Ero suurimman ja pienimmän mitaustuloksen välillä oli suuri. Keskihajonnan suuruus ja isot erot tuloksissa selittynevät pitkälti ikäeroissa tutkittavien välillä.

Taulukko 4. Akkommodaatiolaajuus oikea ja vasen silmä.

Akkommodaatiolaajuus

	Akkommodaatiolaajuus OD	Akkommodaatiolaajuus OS
N	61	61
Keskiarvo	6.00	5.82
Keskihajonta	1.76	1.74
Minimiarvo	0.54	0.68
Maksimiarvo	9.58	9.89

Akkommodaatiolaajuuksia mitatessa tuloksia verrataan yleensä ikään. Tästä syystä tutkimusotosta olisi voinut rajata tarkemmin ja tällöin tulokset olisivat helpommin yleistettävissä. Mittausten pohjalta tein uudet keskiarvotaulukot akkommodaatiolaajuuksista vasemman ja oikean silmän välille (ks. taulukko 5 ja 6). Poiketen yllä olevasta taulukosta, rajasin akkommodaatiotulokset kahteen eri ikäryhmään, 19-24-vuotiaat ja 25-30-vuotiaat, ja jätin ikäjakauman ääripäät huomioimatta. Tällöin tulokset ovat luotettavampia ja yleistettävämpiä.

Taulukko 5. Akkommodaatiolaajuus oikea ja vasen silmä 19-24-vuotiaat.

Akkommodaatiolaajuus 19-24-vuotiaat

	Akkommodaatiolaajuus OD	Akkommodaatiolaajuus OS
N	43	43
Keskiarvo	6.41	6.14
Keskihajonta	1.67	1.67
Minimiarvo	2.54	3.11
Maksimiarvo	9.58	9.89

Taulukko 6. Akkommodaatiolaajuus oikea ja vasen silmä 25-30-vuotiaat.

Akkommodaatiolaajuus 25-30-vuotiaat

	Akkommodaatiolaajuus OD	Akkommodaatiolaajuus OS
N	14	14
Keskiarvo	5.34	5.42
Keskihajonta	1.22	1.38
Minimiarvo	1.97	2.64
Maksimiarvo	6.85	7.47

Yllä olevista taulukoista selviää, että iänmukainen keskiarvo ei poikkea suuresti alkuperäisestä keskiarvosta, jossa oli huomioitu kaikki tutkittavat. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että ikäryhmien välillä on huomattavissa iänmukainen akkommodaatiolaajuuden laskeminen. Lisäksi 19-24-vuotiailla maksimiarvot ovat selkeästi suurempia kuin 25-30-vuotiailla. Keskihajonta on edelleen suurta tulosten välillä. Tämä johtunee siitä, että yksilölliset erot tutkittavien välillä olivat suuria. Tämä näkyy myös suurimman ja pienimmän akkommodaatiolaajuusarvon erossa.

Mittausten pohjalta tein normaaliarvotaulukon akkommodaatiolaajuuksista, joita saavutetaan 19-24-vuotiailla ja 25-30-vuotiailla tutkittavilla. Taulukossa 7 on eritelty ikäryhmien 19-24-vuotiaat ja 25-30-vuotiaat akkommodaatiolaajuudet oikean ja vasemman silmän välillä.

Taulukko 7. Normaaliarvot akkommodaatiolaajuus oikea ja vasen silmä.

Ikäryhmä	Akkommodaatiolaajuus ka ± SD	
	OD	OS
19-24-vuotiaat	6.41 ± 1.67	6.14 ± 1.67
25-30-vuotiaat	5.34 ± 1.22	5.42 ± 1.38

Akkommodaatiolaajuudet jäivät keskimäärin selkeästi Hofstetterin iän mukaista minimiarvoa pienemmiksi. Olettamukseni mukaan akkommodaatiolaajuus arvot olivat autorefraktometrillä heikompia kuin periteisillä mittaustavoilla. Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä ja push up -menetelmää ei kuitenkaan voi täysin verrata akkommodaatiolaajuuden mittauksessa, sillä autorefraktometri huomioi mittauksissa syväterävyyden vaikutuksen akkommodaation. Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä saatu ak-

kommodaatiolaajuus kuvaa pelkästään mykiöllä tapahtuvan akkommodaation määrää. Push up –menetelmässä ei pystytä kontrolloimaan pupillin koon muutoksesta aiheutuvaa syväterävyys vaikutusta ja näin ollen tulokset eivät ole suoraan vertailukelpoisia. Tuloksissa on havaittavissa selkeästi pienempiä, mutta myös lähes iän mukaisia akkommodaatiolaajuus arvoja verrattuna Hofstetterin määrittämään iän mukaiseen keskiarvoon.

län mukaista akkommodaatiolaajuutta pienemmät tulokset Nidek ARK -1s - autorefraktometrillä voivat johtua pelkän syväterävyysvaikutuksen puuttumisen vuoksi. Teoriaosuuden perusteella syväterävyysvaikutus on normaalissa terveessä silmässä noin 0,5 - 1,0 dioptriaa. Tulosten perusteella autorefraktometrin mittausten ja iän mukaisen minimiarvon keskiarvojen ero on kuitenkin yli 3 dioptriaa (ks. taulukko 8). Toisaalta tutkittavilta ei mitattu iän mukaista akkommodaatiolaajuutta perinteisillä menetelmillä, joten on vaikea todeta, että ikään nähden pienet tulokset johtuisivat pelkästään autorefraktometrillä.

Taulukossa 8 on vertailtu autorefraktometrin akkommodaatiolaajuusmittauksen ja Hofstetterin iän mukaisen minimiarvon keskiarvojen eroa. Tulosten perusteella autorefraktometrin akkommodaatiolaajuusmittaukset ovat selkeästi iän mukaista minimiarvoa pienempiä.

Taulukko 8. länmukainen minimi akkommodaatiolaajuus ja mitattu akkommodaatiolaajuus Nidek ARK-1s – autorefraktometrillä.

Parittaiset tulokset

	Keskiarvo	N	Keskihajonta	Keskiarvon keskivirhe
Pari 1 länmukainen akkommodaatiolaajuus	9.11	61	1.08	0.14
Akkommodaatiolaajuus OD	6.00	61	1.76	0.22
Pari 2 länmukainen akkommodaatiolaajuus	9.11	61	1.08	0.14
Akkommodaatiolaajuus OS	5.82	61	1.74	0.22

Taulukossa 9 on esitetty länmukaisen akkommodaatiolaajuuden ja autorefraktometrillä mitatun akkommodaatiolaajuuden välistä korrelaatiota. Kun korrelaatiokerroin on +1, on muuttujien välillä positiivinen voimakas korrelaatio. Näin ollen toisen muuttujan kas-

vaessa myös toinen muuttuja kasvaa. Jos arvo on lähellä 0, ei muuttujien välillä ole lineaarista riippuvuutta. Näin ollen voidaan sanoa, että tutkimuksen perusteella iänmukaisen akkommodaatiolaajuuden kasvaessa myös mitattu akkommodaatiolaajuus kasvaa. Selityskertoimella tarkoitetaan sitä prosenttilukua, joka ilmoittaa, kuinka suuren osan ensimmäisen muuttujan vaihtelu selittää toisen muuttujan vaihtelusta. Selitysaste saadaan korottamalla korrelaatiokerroin toiseen potenssiin (Heikkilä 2008: 204). Taulukon mukaan voidaan siis sanoa, että akkommodaatiolaajuuden mittaustuloksista noin 16-21 % selittyy iänmukaisen akkommodaatiolaajuuden perusteella.

Taulukko 9. Iänmukaisen akkommodaatiolaajuuden ja mitatun akkommodaatiolaajuuden korrelaatio.

Parittaiset tulokset korrelaatio

	N	Correlation	Sig.
Pari 1 Iänmukainen akkommodaatiolaajuus & Akkommodaatiolaajuus OD	61	0,46	0,000
Pari 2 Iänmukainen akkommodaatiolaajuus & Akkommodaatiolaajuus OS	61	0,40	0,001

Tulosten välistä riippuvuutta voidaan analysoida myös p-arvon avulla. Taulukossa 10 on esitetty parittaisen t-testin tulos, jossa on verrattu iänmukaisen akkommodaatiolaajuuden ja mitatun akkommodaatiolaajuuden suhdetta toisiinsa. P-arvon ollessa alle 0,001 voidaan sanoa, että tulosten välillä on erittäin merkittävä ero. Tämä tarkoittaa sitä, että todennäköisyys sille, että keskiarvon poikkeama nolasta selittyy pelkällä otantavirheellä.

Taulukko 10. Iänmukaisen akkommodaatiolaajuuden ja mitatun akkommodaatiolaajuuden tulosten vertailu parittaisella t-testillä.

Parittainen t-testi

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pari 1 Iänmukainen akkommodaatiolaajuus - Akkommodaatiolaajuus OD	3,11	1,59	0,20	2,70	3,52	15,33	60	0,000
Pari 2 Iänmukainen akkommodaatiolaajuus - Akkommodaatiolaajuus OS	3,29	1,64	0,21	2,87	3,71	15,70	60	0,000

Parittaisessa t-testissä saadaan myös tuloksena keskiarvojen luottamusväli eli arvo, mille testitulokset 95% varmuudella sijoittuvat. Taulukosta 10 nähdään, että luottamusväli on suuri. Näin ollen voidaan sanoa, että testituloksen perusteella iänmukainen akkommodaatiolaajuus ja Nidek ARK 1s -autorefraktometrillä mitattu akkommodaatiolaajuus antavat hyvin erilaisia arvoja. Myös tämä tulos tukee hypoteesiani.

7 Johtopäätökset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda mittaustulosten pohjalta normaalit viitearvot Nidek ARK-1s -autorefraktometrille ja helpottaa uuden Nidek ARK-1s -autorefraktometrin käytettävyyttä optometrian koulutusohjelmassa. Jatkossa opiskelijoita tutkittaessa voidaan normaaliarvojen perustella kertoa, ovatko tulokset viitearvojen sisällä. Vaikka otoskoko on pieni ja keskittynyt tiettyyn ikäryhmään ajatellen koko väestöä, voidaan ajatella, että tutkimusongelmaan nähden otoskoko on riittävä. On kuitenkin huomioitava, että tutkimuksen ikäjakauma on melko suuri, sillä nuorin tutkittava oli 19-vuotias ja vanhin tutkittava 42-vuotias.

Tutkimuksen perusteella Nidek ARK-1s -autorefraktometri on helppokäyttöinen ja nopea väline näöntutkimuksen apuvälineenä. Laite voidaan valmiiksi säätää mittaamaan halut tutkimukset itselle sopivalla tarkkuudella. Autorefraktometrillä saatuja tuloksia voidaan käyttää subjektiivisen näöntarkastuksen lähtökohtana ja tukena. Tuloksia voidaan käyttää hyväksi myös mahdollisten tutkittavien seulonnassa.

Tutkimuksessani en keskittynyt selvittämään Nidek ARK 1-s -autorefraktometrin luotettavuutta, sillä autorefraktometriä tulosten luotettavuudesta ja toistettavuudesta on tehty useita tutkimuksia aikaisemmin, joita käsittelemäni työni teoriaosassa. Aikaisempien tutkimusten perusteella autorefraktometriä tekemät tutkimukset ovat luotettavia ja toistettavia.

Tutkimukseni vastasi alussa esitettyyn tutkimusongelmaan ja sain määritettyä halutut viitearvot, joita voidaan käyttää hyväksi optometrian koulutusohjelmassa. Esitietolomakkeella sain tarvittavat tiedot tutkittavista. Olin valmiiksi tarkkaan määritellyt tutkimuksen perusjoukon, josta saamani otoskoko oli edustava. Aineiston luotettavuuden kannalta on oleellista, että suoritin tutkimukset jokaisen tutkittavan kohdalla samalla lailla tilaa ja valaistusolosuhteita myöten. Tein jokaisen tutkimuksen itse vähentääkseni tutkijan vaihtumisesta aiheutuvia muutoksia tuloksissa.

8 Pohdinta

Tutkimukseni lähti liikkeelle käymästäni keskustelusta lehtori Satu Aution kanssa. Koululle oli hankittu uusi autorefraktometri ja opettajat toivoivat, että laitteen kaikille mittauksille löytyisi normaalit viitearvot, jotka helpottaisivat tutkimustulosten analysointia. Autorefraktometreja on ennenkin käytetty näöntutkimuksen tukena, mutta Nidek ARK-1s -autorefraktometrillä voidaan tutkia asiakkaan näköä entistä monipuolisemmin. Työni tarkoituksena oli helpottaa laitteen käyttöönottoa optometrian koulutusohjelmassa.

Normaaliarvot määritettiin 61 tutkimuksen pohjalta. Suurin osa tutkittavista, 57 henkilöä, edustaa ikäryhmää 19-30-vuotiaat ja tutkimuksen keski-ikä on 23,54-vuotta. Tuloksia voidaan pitää luotettavina, kun niitä vertaillaan samanikäisiin tutkittaviin, sillä otoksen ikäjakauma on hyvin homogeeninen. Suuremmalla otoskoolla ja ikäjakaumalla olisin voinut määrittää normaaliarvot eri ikäluokille ja tulokset olisivat vastanneet paremmin koko väestöä.

Opinnäytetyön aikataulu oli tiukka, mutta pystyin tutustumaan teoriaan ennen mittauksen aloittamista. Autorefraktometreistä on tehty useita tutkimuksia, mutta Nidek ARK-1s -autorefraktometri on vielä laitteena niin uusi, ettei siitä löytynyt yhtään tutkimusta. Lisäksi suurin osa tutkimuksista keskittyy vertailemaan autorefraktometriä silmän taittovoiman määrittämisen luotettavuutta skiaskopiaan ja subjektiiviseen näöntarkastukseen eikä opinnäytetyötäni vastaavaa tutkimusta ollut tehty.

Jotta tulokset voitaisiin yleistää koskemaan koko väestöä, olisi tutkimukseni otannan pitänyt olla laajempi. Mittauksia saataisiin helposti tehtyä esimerkiksi optikkoliikkeissä. Tällöin otannan ikäjakauma olisi lähempänä väestön ikäjakaumaa. Myös tulosten toistettavuutta erityisesti akkommodaatiolaajuuden osalta olisi voinut tutkia. Valitettavasti tutkimuksen resurssien puitteissa en itse kyennyt tekemään mittauksia laajemmassa mittakaavassa.

Tutkimuksen edetessä keksin useita jatkotutkimusehdotuksia. Mielestäni tutkimuksen toistaminen laajemmassa mittakaavassa sekä suuremmalla ja monipuolisemmalla otoksella olisi hyödyllistä. Mittauksen pohjalta voitaisiin määrittää normaaliarvot eri ikäryhmille. Lisäksi vertaileva tutkimus Nidekin ja perinteisemmän akkommodaatiolaajuusmittauksen välillä toisi lisätietoa muun muassa syväterävyyden ja binokulariteetin vaikutuksesta mittauksiin. Näin saataisiin selville, johtuuko alhaiset mittaustulokset Ni-

dekillä vain syväterävyysvaikutuksen puuttumisen vuoksi vai onko tutkittavilla oikeasti ikään nähden normaalia heikompi akkommodaatiolaajuus.

Lopuksi haluaisin kiittää opinnäytetyöni ohjaajia Kaarina Pirilää ja Niina Vuorenmaata sekä työni toimeksiantajaa Satu Autiota ja autorefraktometrin kanssa auttanutta Jouni Pekkasta.

Lähteet

Autoref/keratometer ARK-1s. Operator's Manual. 2013. Käyttöopas. Nidek.

Auto Ref / Keratometer ARK-1s / 1a / 1. Examination Equipment. Nidek. Verkkodokumentti. <<http://www.nidek-intl.com/products/examination/ark-1s.html>>. Luettu 16.2.2015.

Bailey, Ian L. 1998. Visual Acuity. Teoksessa Benjamin, William J.: Borish's Clinical Refraction. Yhdysvallat: W.B.Saunders Company.

Campbell, Charles E. – Benjamin, William J. – Howland, Howard C. 1998. Objective refraction: retinoscopy, autorefraction and photorefraction. Teoksessa Benjamin, William J.: Borish's Clinical Refraction. Yhdysvallat: W.B.Saunders Company.

Ciuffreda, Kenneth J. 1998. Accommodation, the pupil, and presbyopia. Teoksessa Benjamin, William J.: Borish's Clinical Refraction. Yhdysvallat: W.B.Saunders Company.

Elliott, David B. 1998. Contrast Sensivity and Glare testing. Teoksessa Benjamin, William J. (toim.). Borish's Clinical Refraction. Yhdysvallat: W.B.Saunders Company.

Faye, Eleanor E. 2005. Contrast sensivity tests in predicting visual function. International Congress Series. Volume 1282, September 2005. Verkkodokumentti. <>. Luettu 20.3.2015.

Grosvenor, Theodore 2007. Primary Care Optometry. Fifth Edition. Missouri: Butterworth Heinemann Elsevier.

Health and Care 2014. Eye Test Charts. Verkkodokumentti <<http://www.healthandcare.co.uk/eye-test-charts.html>>. Luettu 25.3.2015.

Heikkilä, Tarja 2008. Tilastollinen tutkimus. 7. uudistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Jorge, Jorge – Queiros, Antonio – Almeida, Jose – Parafita, Manuel 2005. Retinoscopy/Autorefractation: Which Is the Best Starting Point for a Noncycloplegic Refraction?. Optometry and Vision Science. Vol 82, No 1, January 2005. Verkkodokumentti. <http://www.researchgate.net/profile/Antonio_Queiros/publication/8101393_Retinoscopyautorefractation_which_is_the_best_starting_point_for_a_noncycloplegic_refraction/links/00b7d53aa9791ec3fe000000.pdf>. Luettu 3.3.2015.

Kivelä, Tero 2001. Silmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Saari, K. M. (toim.). Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy.

Korja, Taru 2008. Silmälasien määrääminen. 1. painos. Helsinki: Kirjapaino Keili Oy.

Mäntyjärvi, Maija – Laitinen, Tarja 2001. Normal values for the Pelli-Robson contrast sensitivity test. Journal of Cataract & Refractive Surgery. Vol 27, Issue 2, February 2001. Verkkodokumentti. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886335000005629>>. Luettu 20.3.2015.

Owsley, Cynthia 2003. Contrast Sensivity. Ophthalmology Clinics of North America (16). Verkkodokumentti. <http://www.researchgate.net/publication/10706388_Contrast_sensitivity>. Luettu 25.2.2015.

Pekkanen, Jouni 2015. Essmed Finland Oy. Helsinki. Henkilökohtainen tiedonanto 3.3.2015.

Pelli, Denis – Robson, John 1988. Teoksessa Clinical Vision Sciences 2. Verkkodokumentti. <<http://www.psych.nyu.edu/pelli/pellirobson/>>. Luettu 25.3.2015.

Rosenfield, Mark 1998. Refractive Status of the Eye. Teoksessa Benjamin, William J. (toim.). Borish's Clinical Refraction. Yhdysvallat: W.B.Saunders Company.

Saari, K.M. 2001. Peruskäsitteitä valo-opista ja valon merkityksestä näkötautioppiin. Teoksessa Saari K.M. (toim.). Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy.

Saari, K.M. – Mäntyjärvi, Maija – Summanen, Paula – Nummelin Kari. Silmän tutkiminen. Teoksessa Saari K.M. (toim.). Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy.

Taanila, Aki 2013. SPSS: Kahden riippuvan otoksen vertailu. Akin menetelmäblogi. Verkkodokumentti. <<https://tilastoapu.wordpress.com/tag/parittainen-t-testi/>> Luettu 23.3.2015.

Tervo, Timo 2011. Sarveiskalvo ja sen taudit. Teoksessa Saari, K. M. (toim.). Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy.

Teräsvirta, Markku – Saari, K. M. 2001. Mykiö ja sen sairaudet. Teoksessa Saari, K. M. (toim.). Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy.

Trusit, Dave 2004. Automated refraction. Optometry Today 4.7.2004. <http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/ae331f5e9f3c12ab8e23e345f22b45d4_dave20040604.pdf>. Luettu 26.2.2015.

Werner, Leonardo – Trindade, Fernando – Pereira, Frederico – Werner, Liliana 2000. Physiology of Accommodation and Presbyopia. Arquivos Brasileiros de Oftalmologia. 63(6), December/2000. Verkkodokumentti <http://www.scielo.br/pdf/abo/v63n6/en_9615.pdf>. Luettu 23.3.2015.

Suostumuslomake

Suostumus tutkimukseen osallistumisesta



Opinnäytetyö Nidekin ARK-1s laitteen mittaustuloksista

Opinnäytetyön tarkoituksena on helpottaa uuden Nidek ARK-1s autorefraktometrin käyttöä optometrian koulutusohjelmassa selvittämällä, millaisia tutkimustuloksia autorefraktometri antaa nuorille tutkittaville ja niiden pohjalta rakentaa ikänormaalit viitearvot laitteelle. Tutkimukset suoritetaan maaliskuun 2015 aikana. Mittaukset suoritetaan koululla neuvottelutilassa. Tutkimuksen aikana otan mittauksia autorefraktometrillä. Tutkimukseen kannattaa varata aikaa noin 10 minuuttia.

Tutkittavan nimi: _____

Sukupuoli: Nainen Mies

Ikä vuosina: _____

Mahdolliset silmäleikkaukset: _____

Mahdolliset silmäsairaudet: _____

Silmälasiresepti:

OD: sf _____ cyl _____ ax _____

OS: sf _____ cyl _____ ax _____

Minulla ei ole silmälaseja.

Annan suostumuksen tässä lomakkeessa olevien tietojen luovuttamiseen Metropolian Ammatti- korkeakoulun optometrian koulutusohjelman opiskelijan opinnäytetyötä varten. Kaikki tiedot ovat luottamuksellisia ja tullaan julkaisemaan opinnäytetyössä nimettöminä.

Allekirjoitus _____

Paikka ja pvm _____

Kiitos osallistumisesta!

Optometrian opiskelija Niina Sepponen

Tutkimusaineisto

Mittausten tulokset taulukoituna.

Id	Tutkittava (sukupuoli) 1=nainen 2=mies	Silmäleikkaus (laser)		Silmäläsis käytössä		Ikä	län mukainen akkommoda atiolaajuus	Autorefraktio											
		1=ei 2=kyllä	1=ei 2=kyllä	1=ei 2=kyllä	1=ei 2=kyllä			Keskeinen alue						Reuna-alueet					
								OD			OS			OD			OS		
								sf	cyl	ax	sf	cyl	ax	sf	cyl	ax	sf	cyl	ax
1	1	1	2	26	8,50	-2.86	-1.80	166	-4.09	-1.34	172	-2.79	-1.60	167	-4.01	-1.24	173		
2	1	1	2	30	7,50	+0.50	-0.51	178	+0.73	-0.23	180	+0.58	-0.42	4	+0.76	-0.08	5		
3	1	1	2	21	9,75	-3.12	-0.41	102	-2.56	-0.09	167	-3.17	-0.45	94	-2.61	-0.01	84		
4	1	1	2	26	8,50	+0.15	-1.71	91	+0.36	-1.79	82	+0.04	-1.65	94	+0.22	-1.74	81		
5	1	1	1	20	10,00	+0.12	-0.30	104	+0.43	-0.75	67	+0.06	-0.35	106	+0.37	-0.76	69		
6	1	1	2	20	10,00	-0.84	-0.48	101	-0.99	-0.40	80	-0.84	-0.42	101	-0.98	-0.43	81		
7	1	1	2	21	9,75	+0.63	-0.52	4	+0.98	-0.90	179	+0.68	-0.56	180	+1.02	-0.95	179		
8	1	1	1	21	9,75	-0.19	-0.30	162	-0.18	-0.19	162	-0.18	-0.31	164	-0.10	-0.26	175		
9	1	2	1	21	9,75	-0.38	-0.56	97	+0.30	-0.34	71	-0.42	-0.48	96	+0.17	-0.20	87		
10	1	2	2	21	9,75	+0.70	-0.41	132	+0.95	-0.69	11	+0.61	-0.33	144	+0.90	-0.67	14		
11	1	2	2	26	8,50	+0.00	-0.56	1	+0.18	-0.57	175	+0.07	-0.53	5	+0.19	-0.56	173		
12	1	1	1	19	10,25	+0.10	-0.27	85	-0.07	-0.09	107	-0.02	-0.25	91	-0.22	-0.03	154		
13	2	1	2	20	10,00	+0.67	-0.32	142	+0.95	-0.32	173	+0.63	-0.28	160	+0.94	-0.32	170		
14	1	1	2	23	9,25	-0.25	-0.15	73	-0.16	-0.04	101	-0.36	-0.19	62	-0.26	-0.04	147		
15	1	1	1	21	9,75	+0.82	-0.41	168	+1.00	-0.45	18	+0.62	-0.52	169	+0.73	-0.45	18		
16	1	1	2	22	9,50	-1.14	-0.26	97	-1.63	-0.04	111	-1.17	-0.27	103	-1.63	-0.09	65		
17	1	1	2	26	8,50	+0.16	-0.32	82	+0.31	-0.25	117	+0.07	-0.30	77	+0.11	-0.19	114		
18	1	1	1	21	9,75	-0.05	-0.45	178	+0.03	-0.33	179	+0.05	-0.45	177	+0.02	-0.23	2		
19	1	1	2	21	9,75	-5.46	-0.48	23	-4.30	-0.45	154	-5.51	-0.43	38	-4.31	-0.48	152		
20	1	1	2	21	9,75	+0.20	-0.64	180	+0.25	-0.94	176	+0.22	-0.50	3	+0.26	-0.78	178		
21	1	1	2	27	8,25	+1.09	-0.54	172	+0.96	-0.55	179				+1.27	-0.63	177		
22	2	1	1	23	9,25	+0.51	-0.41	75	+0.28	-0.24	28	+0.52	-0.47	79	+0.30	-0.30	41		
23	1	1	2	22	9,50	-4.48	-0.04	124	-3.41	-0.67	142	-4.51	-0.06	86	-3.46	-0.67	141		
24	1	1	2	26	8,50	-11.03	-2.10	88	-9.78	-1.99	80	-11.13	-2.23	86	-9.84	-2.15	78		
25	1	1	2	21	9,75	+0.61	-1.26	83	+0.20	-1.19	86	-0.01	-1.06	79	-0.08	-1.29	84		
26	2	1	1	25	8,75	+0.20	-0.44	170	+0.11	-0.49	6	-0.02	-0.49	172	-0.12	-0.54	7		
27	1	1	2	24	9,00	-3.31	-1.07	180	-2.27	-0.76	178	-3.25	-1.12	3	-2.25	-0.75	1		
28	2	1	2	42	4,50	+0.09	-1.08	88	+0.41	-1.25	79	+0.06	-1.01	88	+0.52	-1.30	78		
29	2	1	1	23	9,25	+0.23	-0.30	171	+0.23	-0.24	29	+0.14	-0.30	171	+0.19	-0.29	31		
30	2	1	2	23	9,25	-2.23	-0.18	146	-2.26	-0.23	152	-2.20	-0.10	118	-2.23	-0.16	136		
31	1	1	2	24	9,00	-3.47	-0.56	115	-3.09	-0.34	70	-3.56	-0.50	113	-3.19	-0.46	68		
32	1	1	1	19	10,25	+0.33	-0.09	138	+0.31	-0.17	39	+0.25	-0.06	120	+0.26	-0.21	37		
33	1	1	1	19	10,25	+0.23	-0.42	157	+0.46	-0.28	22	+0.29	-0.40	155	+0.51	-0.33	21		
34	1	1	2	25	8,75	-1.27	-0.20	166	1.74	-0.21	10	-1.44	-0.12	144	-1.91	-0.09	20		
35	1	1	2	20	10,00	-5.16	-1.33	129	-5.97	-0.69	117	-5.13	-1.32	127	-6.04	-0.57	116		
36	1	1	2	19	10,25	-2.67	-0.51	172	-2.53	-0.51	166	-2.91	-0.41	168	-2.64	-0.47	175		
37	1	1	2	23	9,25	+1.11	-0.60	143	+0.96	-0.79	52	+1.18	-0.71	151	+0.94	-0.84	52		
38	1	1	2	32	7,00	-3.26	-0.55	165	-2.66	-0.63	171	-3.14	-0.59	161	-2.57	-0.58	175		
39	1	1	2	26	8,50	-4.31	-0.26	132	-4.47	-0.33	166	-4.28	-0.24	118	-4.53	-0.20	168		
40	1	1	2	22	9,50	-6.78	-0.82	2	-6.44	-1.53	163	-7.03	-0.70	5	-6.65	-1.46	167		
41	1	1	2	23	9,25	+0.44	-0.61	6	+0.37	-0.65	180	+0.36	-0.55	180	+0.22	-0.51	3		
42	1	1	2	21	9,75	+0.40	-0.43	157	+0.37	-0.34	9	+0.24	-0.36	156	+0.19	-0.29	9		
43	1	1	2	22	9,50	+0.14	-0.09	9	+0.39	-0.22	41	+0.11	-0.10	83	+0.37	-0.16	43		
44	2	1	2	20	10,00	-5.43	-0.98	176	-5.96	-1.44	177	-5.55	-0.99	179	-6.11	-1.45	177		
45	1	1	2	22	9,50	-1.11	-0.41	98	-1.00	-0.40	97	-1.24	-0.31	94	-1.14	-0.30	108		
46	1	1	1	22	9,50	-0.15	-0.25	37	-0.04	-0.18	10	+0.02	-0.47	13	-0.08	-0.45	4		
47	1	1	2	34	6,50	-3.22	-0.21	87	-3.26	-0.33	57	-3.30	-0.32	86	-3.32	-0.40	74		
48	2	1	2	36	6,00	-2.42	-0.96	171	-3.29	-0.74	174	-1.95	-1.69	178	-3.30	-1.00	4		
49	1	1	1	23	9,25	+1.18	-0.16	157	+0.86	-0.12	178	+1.11	-0.20	126	+0.79	-0.05	36		
50	1	1	2	30	7,50	-1.66	-1.59	100	-1.67	-1.22	67	-1.67	-1.60	98	-1.59	-1.35	69		
51	1	1	2	20	10,00	-0.72	-0.49	104	-0.82	-0.21	41	-0.64	-0.31	110	-0.71	-0.31	34		
52	1	1	2	25	8,75	+0.06	-0.47	176	-0.16	-0.72	169	+0.11	-0.61	176	-0.10	-0.79	175		
53	2	1	2	22	9,50	-0.84	-1.07	179	-0.90	-0.76	168	-0.79	-0.97	177	-0.84	-0.76	168		
54	1	1	2	21	9,75	-1.99	-0.08	111	-1.62	-0.50	67	-1.82	-0.18	90	-1.56	-0.54	73		
55	1	1	2	28	8,00	+0.14	-1.28	95	+0.29	-1.62	65	+0.05	-1.26	98	+0.32	-1.61	62		
56	1	1	2	22	9,50	+1.25	-0.31	60	+1.08	-0.62	157	+1.04	-0.21	53					
57	1	1	2	23	9,25	-2.88	-0.74	74	-3.23	-0.72	94	-2.80	-0.82	73					
58	1	1	2	22	9,50	+0.64	-0.41	94	+0.95	-0.11	72				+1.24	0.31	31		
59	1	1	2	26	8,50	-1.67	-0.29	14	-2.05	-0.16	82								
60	1	1	1	22	9,50	-0.24	-0.45	91	-0.26	-0.44	31	-0.23	-0.41	92	-0.26	0.40	35		
61	1	1	2	20	10,00	-5.80	-0.84	163	-8.03	-0.51	17	-5.71	-0.97	169					

Keratometri															
OD							OS								
R1			R2			cyl (D)	deg	R1			R2			cyl (D)	deg
mm	D	deg	mm	D	deg			mm	D	deg	mm	D	deg		
8.16	41.36	173	7.79	43.32	83	-1.96	173	8.11	41.62	177	7.75	43.55	87	-1.93	177
8.34	40.47	172	8.11	41.62	82	-1.15	172	8.33	40.52	5	8.08	41.77	95	-1.25	5
7.63	44.23	2	7.56	44.64	92	-0.41	2	7.75	43.55	170	7.59	44.47	80	-0.92	170
7.80	43.27	105	7.62	44.29	15	-1.02	105	7.85	42.99	77	7.63	44.23	167	-1.24	77
7.67	44.00	154	7.50	45.00	64	-1.00	154	7.62	44.29	38	7.50	45.00	128	-0.71	38
7.66	44.06	157	7.60	44.41	67	-0.35	157	7.59	44.47	20	7.55	44.70	110	-0.23	20
8.16	41.36	179	7.89	42.78	89	-1.42	179	8.14	41.46	175	7.86	42.94	85	-1.48	175
8.39	40.23	170	8.09	41.72	80	-1.49	170	8.27	40.81	179	7.94	42.51	89	-1.70	179
8.24	40.96	146	8.16	41.36	56	-0.40	146	8.08	41.77	18	7.97	42.35	108	-0.58	18
8.44	39.99	179	8.20	41.16	89	-1.17	179	8.44	39.99	4	8.14	41.46	94	-1.47	4
8.11	41.62	176	7.97	42.35	86	-0.73	176	8.24	40.96	6	8.07	41.82	96	-0.86	6
7.52	44.88	169	7.39	45.67	79	-0.79	169	7.54	44.76	13	7.41	45.55	103	-0.79	13
7.96	42.40	176	7.75	43.55	86	-1.15	176	8.01	42.13	176	7.64	44.18	86	-2.05	176
7.96	42.40	162	7.85	42.99	72	-0.59	162	7.95	42.45	179	7.82	43.16	89	-0.71	179
7.70	43.83	169	7.51	44.94	79	-1.11	169	7.58	44.53	16	7.42	45.49	106	-0.96	16
7.94	42.51	156	7.82	43.16	66	-0.65	156	7.97	42.35	13	7.84	43.05	103	-0.70	13
7.51	44.94	3	7.45	45.30	93	-0.36	3	7.49	45.06	176	7.40	45.61	86	-0.55	176
8.28	40.76	176	8.10	41.67	86	-0.91	176	8.19	41.21	6	8.02	42.08	96	-0.87	6
8.38	40.27	8	8.16	41.36	98	-1.09	8	8.30	40.66	169	8.06	41.87	79	-1.21	169
8.07	41.82	2	7.78	43.38	92	-1.56	2	8.06	41.87	177	7.70	43.83	87	-1.96	177
8.18	41.26	174	7.90	42.72	84	-1.46	174	8.16	41.36	4	7.95	42.45	94	-1.09	4
7.95	42.45	42	7.90	42.72	132	-0.27	42	7.97	42.35	10	7.83	43.10	100	-0.75	10
7.84	43.05	163	7.71	43.77	73	-0.72	163	7.82	43.16	170	7.68	43.95	80	-0.79	170
7.65	44.12	98	7.56	44.64	8	-0.52	98	7.70	43.83	73	7.54	44.76	163	-0.93	73
7.63	44.23	52	7.55	44.70	142	-0.47	52	7.65	44.12	77	7.53	44.82	167	-0.70	77
7.66	44.06	177	7.46	45.24	87	-1.18	177	7.63	44.23	6	7.43	45.42	96	-1.19	6
7.54	44.76	1	7.20	46.88	91	-2.12	1	7.74	45.18	4	7.20	46.88	94	-1.70	4
7.67	44.00	102	7.60	44.41	12	-0.41	102	7.65	44.12	71	7.56	44.64	161	-0.52	71
7.61	44.35	165	7.52	44.88	75	-0.53	165	7.57	44.58	9	7.45	45.30	99	-0.72	9
7.80	43.27	160	7.68	43.95	70	-0.68	160	7.78	43.38	6	7.66	44.06	96	-0.68	6
7.66	44.06	164	7.50	45.00	74	-0.94	164	7.72	43.72	23	7.55	44.70	113	-0.98	23
7.97	42.35	166	7.80	43.27	76	-0.92	166	7.98	42.29	10	7.84	43.05	100	-0.76	10
8.17	41.31	175	8.00	42.19	85	-0.88	175	8.14	41.46	15	8.00	42.19	105	-0.73	15
7.42	45.49	171	7.31	46.17	81	-0.68	171	7.34	45.98	178	7.27	46.42	88	-0.44	178
7.76	43.49	158	7.52	44.88	68	-1.39	158	7.66	44.06	172	7.53	44.82	82	-0.76	172
7.93	42.56	166	7.72	43.72	76	-1.16	166	7.96	42.40	3	7.82	43.16	93	-0.76	3
7.72	43.72	161	7.56	44.64	71	-0.92	161	7.63	44.23	29	7.50	45.00	119	-0.77	29
7.80	43.27	178	7.52	44.88	88	-1.61	178	7.75	43.55	174	7.46	45.24	84	-1.69	174
7.63	44.23	164	7.48	45.12	74	-0.89	164	7.73	43.66	178	7.58	44.53	88	-0.87	178
7.59	44.47	7	7.37	45.79	97	-1.32	7	7.59	44.47	172	7.30	46.23	82	-1.76	172
7.85	42.99	179	7.56	44.64	89	-1.65	179	7.78	43.38	5	7.55	44.70	95	-1.32	5
7.81	43.21	176	7.62	44.29	86	-1.08	176	7.84	43.05	2	7.66	44.06	92	-1.01	2
7.58	44.53	8	7.52	44.88	98	-0.35	8	7.60	44.41	29	7.55	44.70	119	-0.29	29
8.21	41.11	176	7.97	42.35	86	-1.24	176	8.22	41.06	5	7.90	42.72	95	-1.66	5
7.83	43.10	180	7.72	43.72	90	-0.62	180	7.85	42.99	171	7.71	43.77	81	-0.78	171
8.14	41.46	3	7.92	42.61	93	-1.15	3	8.27	40.81	180	7.99	42.24	90	-1.43	180
8.08	41.77	174	7.78	43.38	84	-1.61	174	7.99	42.24	5	7.76	43.49	95	-1.25	5
7.61	44.35	175	7.28	46.36	85	-2.01	175	7.70	43.83	2	7.48	45.12	92	-1.29	2
7.65	44.12	3	7.52	44.88	93	-0.76	3	7.66	44.06	174	7.57	44.58	84	-0.52	174
7.75	43.55	114	7.61	44.35	24	-0.80	114	7.77	43.44	57	7.64	44.18	147	-0.74	57
7.68	43.95	150	7.58	44.53	60	-0.58	150	7.67	44.00	27	7.53	44.82	117	-0.82	27
8.16	41.36	179	7.94	42.51	89	-1.15	179	8.11	41.62	176	7.88	42.83	86	-1.21	176
7.83	43.10	178	7.40	45.61	88	-2.51	178	7.76	43.49	175	7.52	44.88	85	-1.39	175
7.74	43.60	175	7.68	43.95	85	-0.35	175	7.75	43.55	64	7.70	43.83	154	-0.28	64
7.64	44.18	135	7.52	44.88	45	-0.70	135	7.66	44.06	51	7.43	45.42	141	-1.36	51
8.12	41.56	2	8.02	42.08	92	-0.52	2	8.19	41.21	174	7.83	43.10	84	-1.89	174
7.64	44.18	55	7.61	44.35	145	-0.17	55	7.58	44.53	46	7.54	44.76	136	-0.23	46
7.81	43.21	169	7.75	43.55	79	-0.34	169	7.88	42.83	10	7.73	43.66	100	-0.83	10
7.45	45.30	179	7.39	45.67	89	-0.37	179	7.46	45.24	17	7.40	45.61	107	-0.37	17
								7.44	45.36	18	7.32	46.11	108	-0.75	18
7.32	46.11	171	7.18	47.01	81	-0.90	171	7.31	46.17	180	7.21	46.81	90	-0.64	180

Subjektiiivinen refraktio						Korjattu visus, subjektiivinen (CVAM)									
Kauas						Lähelle (ADD)		kauas		lähelle		Contrast VA		Glare VA	
OD		OS		OD		OS		OD		OS		OD		OS	
sf	cyl	ax	sf	cyl	ax	OD	OS	OD	OS	OD	OS	OD	OS	OD	OS
-3.50	-1.75	166	-4.50	-1.25	172	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.63	0.63	0.8	0.63
+0.25	-0.50	178	+0.50	-0.25	180	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	0.8	0.63	0.63
-3.25	-0.50	102	-2.75	-0.00	0	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.25	0.8	1.0
+0.00	-1.75	91	+0.00	-1.75	82	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.0	1.0	1.0	0.8	0.63	0.63
-0.25	-0.25	104	-0.50	-0.75	67	+0.00	+0.00	1.25	0.8	1.25	1.25	0.8	0.8	0.63	0.63
-1.25	-0.50	101	-1.25	-0.50	80	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.0	0.8	0.8	0.63	0.63
+0.25	-0.50	4	+0.50	-1.00	179	+0.00	+0.00	0.63	0.63	0.8	1.0	0.63	0.63	0.4	0.63
-0.25	-0.25	162	-0.25	-0.25	162	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.25	1.0	0.8
-0.50	-0.50	97	+0.00	-0.25	71	+0.00	+0.00	1.25	1.0	1.25	1.0	0.8	0.63	0.63	0.5
+0.50	-0.50	132	+0.75	-0.75	11	+0.00	+0.00	0.8	0.8	1.25	1.25	0.63	0.8	0.63	0.63
-0.50	-0.50	1	+0.00	-0.50	175	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.63	0.8	0.63	0.63
-0.25	-0.25	85	-0.50	-0.00	0	+0.00	+0.00	0.63	0.63	1.0	0.8	0.5	0.5	0.5	0.4
+0.50	-0.25	142	+0.50	-0.25	173	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	0.63	0.63	0.63
-0.25	-0.25	73	-0.50	-0.00	0	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.0	1.25	1.0	1.25	0.8	1.0
+0.25	-0.50	168	+0.50	-0.50	18	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.8	0.63
-1.50	-0.25	97	-2.00	-0.00	0	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
+0.00	-0.25	82	+0.00	-0.25	117	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.63	0.8
-0.25	-0.50	178	-0.25	-0.25	179	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.8	1.0	0.63	0.63
-5.50	-0.50	23	-4.25	-0.50	154	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	0.8	0.8	0.63
+0.00	-0.75	180	+0.00	-1.00	176	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.63	0.5
+0.25	-0.50	172	+0.25	-0.50	179	+0.00	+0.00	1.25	1.25	0.8	1.0	0.8	0.63	0.63	0.4
+0.50	-0.50	75	+0.00	-0.25	28	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.63	0.8
-4.75	-0.00	0	-3.75	-0.75	140	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	0.8	0.8
-11.50	-2.00	88	-10.25	-2.00	80	+0.00	+0.00	1.0	1.0	1.0	1.25	0.5	0.63	0.4	0.5
+0.25	-1.25	83	+0.00	-1.25	86	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.8	0.8	0.63	0.63
+0.00	-0.50	170	-0.25	-0.50	6	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.63	1.0	0.63	0.63
-3.75	-1.00	180	-2.75	-0.75	178	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.8	0.63	0.63	0.63
+0.00	-1.00	88	+0.25	-1.25	79	+0.75	+0.75	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.25	0.63	0.63
+0.00	-0.25	171	+0.00	-0.25	29	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	0.8	1.25
-2.50	-0.25	146	-2.50	-0.25	152	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0
-3.75	-0.50	115	-3.50	-0.25	70	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.8	0.8	0.63	0.63
+0.00	-0.00	0	+0.00	-0.25	39	+0.00	+0.00	1.0	1.25	1.25	1.25	0.63	0.63	0.63	0.5
-0.25	-0.50	157	+0.00	-0.25	22	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.8	1.0	0.63	0.63
-1.75	-0.25	166	-2.00	-0.25	10	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	0.8	0.63	0.8
-5.50	-1.25	129	-6.25	-0.75	117	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.8	0.8
-2.75	-0.50	172	-2.50	-0.50	166	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.8	0.8	0.63	0.63
+0.75	-0.50	143	+0.75	-0.75	52	+0.00	+0.00	0.8	1.25	1.25	1.25	0.63	0.8	0.63	0.63
-3.50	-0.50	165	-3.00	-0.75	171	+0.00	+0.00	1.25	0.8	1.25	0.8	1.0	0.63	0.63	0.63
-4.75	-0.25	132	-5.00	-0.25	166	+1.00	+1.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.63	0.63	0.5	0.63
-7.00	-0.75	2	-6.75	-1.50	163	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.63	0.8
+0.50	-0.50	6	-0.50	-0.75	180	+0.00	+0.00	0.8	0.63	1.25	1.25	0.63	0.8	0.63	0.8
+0.25	-0.50	157	+0.00	-0.25	9	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.8	0.8	0.63	0.63
+0.00	-0.00	0	+0.25	-0.25	41	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	0.8	0.8	0.63
-5.75	-1.00	176	-6.25	-1.50	177	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.63	0.63
-1.25	-0.50	98	-1.25	-0.50	97	+0.00	+0.00	1.25	1.0	1.25	1.25	0.63	0.8	0.63	0.63
-0.25	-0.25	37	+0.00	-0.25	10	+0.00	+0.00	1.25	1.0	1.25	1.25	1.0	0.63	0.63	0.63
-3.25	0.25	87	-3.25	-0.25	57	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.0	1.25	1.0	0.8	0.63	0.63
-2.50	-1.00	171	-3.50	-0.75	174	+0.00	+0.00	0.63	1.25	0.63	1.25	0.4	0.8	0.32	0.63
+0.50	-0.25	157	+0.25	-0.00	0	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.8	1.25	0.5	0.8
-1.75	-1.50	100	-1.75	-1.25	67	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.0	1.25	0.63	0.63	0.5	0.63
-0.75	-0.50	104	-1.25	-0.25	41	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.63	0.8
-0.25	-0.50	176	-0.25	-0.75	169	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.8	1.0	0.63	0.63
-1.00	-1.00	179	-1.25	-0.75	168	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.25	0.8	1.0
-2.50	0	0	-2.00	-0.50	67	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	0.8	0.8	0.63	0.63
+0.00	-1.25	95	+0.00	-1.50	65	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.63
+1.25	-0.25	60	+0.75	-0.50	157	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.63	0.8
-3.25	-0.75	74	-3.75	-0.75	94	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.63
+0.75	-0.50	94	+0.75	-0.00	0	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.63
-1.75	-0.25	14	-2.00	-0.25	82	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0
-0.25	-0.50	91	-0.25	-0.50	31	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.5	0.63
-6.00	-0.75	163	-8.25	-0.50	17	+0.00	+0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.0	1.0	0.63	0.8

ACC	Akkommodaatio								Cornea Size		Pupil Size		PD		
	OD				OS				OD	OS	OD	OD	Kauas	Lähelle	
	min	max	PS		ACC	min	max	PS							
		min	max				min	max							
6.23	-2.61	-8.84	3.1	4.7	7.14	-3.77	-10.91	3.0	4.7	12.7	12.7	5.1	5.0	59	55
5.74	+0.63	-5.11	3.6	5.8	4.61	+0.82	-3.79	3.0	5.3	11.6	12.6	5.5	5.7	63	59
5.46	-3.00	-8.46	4.0	6.0	5.37	-1.98	-7.35	4.5	6.8	11.5	11.5	6.1	6.8	60	56
6.71	-0.08	-6.79	5.6	6.3	7.04	+0.33	-6.71	5.4	6.2	12.2	12.0	5.9	6.1	57	54
5.77	-0.07	-5.84	4.1	5.5	4.19	+0.37	-3.82	5.3	8.9	12.0	12.0	6.8	6.8	56	53
5.96	-0.94	-6.90	5.0	6.1	4.59	-0.83	-5.42	5.3	6.4	11.9	11.7	6.2	6.8	55	52
6.15	+0.65	-5.50	6.1	7.1	6.13	+0.55	-5.58	5.8	6.5	12.2	12.2	7.3	7.1	62	58
5.12	+0.32	-4.80	5.7	7.7	5.16	+0.12	-5.04	5.6	7.3	12.7	12.7	7.3	7.2	60	56
5.72	-0.09	-5.81	3.7	5.0	4.23	+0.48	-3.75	4.5	5.3	11.5	11.7	5.8	5.5	57	54
5.05	+0.75	-4.30	4.2	9.7	4.85	+1.04	-3.81	4.7	7.7	12.6	11.6	6.2	6.6	58	54
5.16	+0.01	-5.15	6.0	8.4	5.61	+0.11	-5.50	5.7	7.1	11.6	11.8	6.0	5.7	63	59
6.85	-0.04	-6.89	2.9	4.8	5.29	-0.05	-5.34	3.0	4.4	11.8	11.9	6.9	7.0	62	58
6.51	+0.77	-5.74	2.5	4.8	6.56	+0.74	-5.82	2.5	4.8	11.7	11.8	5.4	5.1	62	58
5.06	-0.03	-5.09	4.7	5.8	6.53	-0.19	-6.72	4.0	5.6	12.3	12.2	5.6	5.6	67	63
6.34	+0.73	-5.61	2.5	5.5	6.24	+0.90	-5.34	2.8	5.3	11.9	11.8	6.2	6.2	60	56
7.81	-1.16	-8.97	3.8	5.4	6.80	-1.55	-8.35	4.3	5.2	11.9	11.8	5.7	5.6	62	58
5.75	+0.05	-5.70	3.2	6.1	5.32	+0.06	-5.26	4.1	6.0	12.0	12.0	5.7	5.7	53	50
7.96	-0.09	-8.05	2.7	4.9	7.28	-0.04	-7.32	2.9	5.9	12.4	12.7	5.8	6.1	61	57
7.63	-4.98	-12.61	4.5	6.0	7.30	-3.75	-11.05	4.6	6.2	12.6	12.7	6.8	7.4	56	53
7.37	+0.56	-6.81	4.9	7.1	5.74	+0.41	-5.33	6.4	7.3	12.3	12.0	6.5	6.5	63	59
4.90	+0.67	-4.23	2.5	3.4	3.26	+0.32	-2.94	3.1	4.1	11.6	12.1	4.7	5.2	60	56
7.55	+0.21	-7.34	3.2	5.6	7.24	+0.17	-7.07	3.2	5.6	11.8	11.9	6.1	6.5	66	62
5.10	-4.41	-9.51	3.7	5.6	5.66	-3.53	-9.19	3.9	5.1	12.2	12.3	6.2	6.2	61	57
6.85	-10.87	-17.72	4.9	5.4	7.47	-9.60	17.07	4.8	5.6	11.8	11.6	6.1	6.4	60	56
4.70	+0.19	-4.51	3.1	5.1	4.93	+0.22	-4.71	2.8	8.2	12.0	11.7	7.5	6.1	62	58
4.72	-0.13	-4.85	5.6	7.3	4.49	-0.19	-4.68	5.9	7.2	12.3	12.8	6.2	6.5	66	62
2.54	-3.42	-5.96	3.0	4.6	3.39	-2.49	-5.88	3.0	4.4	11.7	11.6	5.1	5.5	61	57
0.54	+0.29	-0.25	4.3	5.0	0.68	+0.56	-0.12	3.9	4.5	11.7	11.7	5.6	5.0	60	56
6.44	+0.16	-6.28	2.6	3.1	3.57	+0.11	-3.46	2.5	3.4	12.0	12.0	5.2	5.1	65	61
8.97	-2.16	-11.13	3.1	5.3	8.16	-1.97	-10.13	3.3	5.4	12.0	12.1	5.6	6.0	62	58
7.97	-3.32	-11.29	4.7	6.3	7.55	-2.84	-10.39	5.8	6.8		11.4	6.0	6.6	60	56
7.57	+0.35	-7.22	3.2	5.7	8.49	+0.46	-8.03	3.2	5.8	12.5	13.0	6.8	6.8	68	64
4.66	-0.06	-4.72	5.9	6.9	6.00	+0.43	-5.57	5.9	7.0	12.3	12.1	7.1	7.4	67	63
4.90	-1.75	-6.65	3.2	5.3	5.99	-1.19	-7.18	2.9	5.2	11.6	11.5	6.1	5.7	58	54
9.52	-4.88	-14.40	2.9	6.1	9.39	-5.90	-15.29	3.2	5.8	12.1	12.1	6.2	6.2	61	57
7.34	-2.49	-9.83	2.9	5.5	6.51	-2.38	-8.89	2.9	4.9	12.4	12.3	5.1	4.7	65	61
5.70	+1.24	-4.46	3.4	4.9	6.60	+1.16	-5.44	2.9	4.7		11.6	5.1	5.3	60	56
6.66	-3.16	9.82	3.1	6.1	6.31	-2.63	-8.94	3.0	5.3	12.1	12.1	6.4	5.7	62	58
1.97	-4.33	-6.30	6.1	6.7	2.64	-4.33	-6.97	5.7	6.6	11.4	11.1	5.9	5.9	58	54
8.22	-6.67	-14.89	3.9	6.0	7.04	-6.33	-13.37	3.5	6.1	11.4	11.4	6.0	6.4	58	54
6.14	-0.24	-6.38	2.4	3.7	6.98	-0.54	-7.52	2.4	3.6	12.3	12.2	5.4	5.4	59	55
6.08	+0.21	-5.87	3.8	5.8	5.82	+0.28	-5.54	3.9	5.7	11.4	12.1	6.4	6.7	55	52
4.25	+0.15	-4.10	4.4	5.3	4.21	-0.19	-4.40	3.8	5.3	11.6	11.7	5.9	5.8	57	54
9.58	-5.41	-14.99	2.4	4.1	8.02	-5.99	-14.01	2.5	3.9	12.3	12.2	5.7	5.8	63	59
4.93	-0.79	-5.72	3.6	5.5	6.05	-0.74	-6.79	3.2	5.5	12.5	12.1	6.6	6.8	64	60
5.21	-0.25	-5.46	3.8	4.9	4.65	-0.18	-4.83	4.9	5.5	11.9	12.1	5.1	5.5	72	68
3.91	-2.81	-6.72	3.7	5.6	2.88	-2.86	-5.74	4.9	5.8	12.0	12.1	6.3	6.2	64	60
5.00	-2.49	-7.49	2.5	5.9	5.30	-3.17	-8.47	2.4	5.4	12.2	11.8	5.5	4.8	63	59
3.90	+0.67	-3.23	5.6	6.3	3.49	+0.61	-2.88	5.0	7.0	12.2	12.2	7.5	7.7	59	55
4.47	-1.17	-5.64	3.0	4.3	5.70	-1.40	-7.10	2.9	3.6	11.7	11.6	5.2	5.8	60	56
4.00	-0.54	-4.54	4.3	5.8	3.11	-0.75	-3.86	5.2	5.6	12.1	12.1	4.8	4.9	60	56
5.35	+0.49	-4.86	4.1	5.4	5.26	+0.52	-4.74	3.5	5.0	12.6	12.7	5.2	5.1	60	56
7.42	-0.85	-8.27	2.9	4.9	6.31	-0.98	-7.29	2.6	4.6	11.9	12.0	5.4	5.4	61	57
3.70	-2.60	-5.76	5.2	5.9	3.82	-1.68	-5.50	5.2	6.1	12.2	12.3	6.0	6.2	63	59
5.64	+0.24	-5.40	3.7	5.4	5.34	+0.32	-5.02	4.5	5.6		12.3	5.2	5.1	61	57
6.89	+1.73	-5.16	2.6	5.5	7.42	+1.16	-6.26	2.3	4.8	12.8	12.3	5.4	5.0	65	61
8.55	-2.64	-11.19	2.8	4.8	8.98	-3.26	-12.24	2.2	3.6	12.6	12.3	5.2	4.5	60	56
7.56	+1.27	-6.29	3.2	4.7	7.45	+1.53	-5.92	4.1	5.3	11.4	11.4	4.4	4.7	60	56
6.30	-1.37	-7.67	1.9	3.0	6.05	-1.78	-7.83	1.9	2.9	12.4	12.3	3.6	3.4	57	54
6.90	-0.23	-7.13	4.6	6.9	6.96	+0.13	-6.83	4.4	6.5		11.3	6.7	6.8	63	59
9.32	-5.64	-14.96	1.9	4.3	9.89	-7.87	17.76	2.0	3.6	11.5	11.4	4.7	4.7	60	56