



Kuin kala vedessä?

Sukellusmaskivaihtoehtoja likinäköiselle

Optometrian koulutusohjelma,
optometrismi
Opinnäytetyö
18.11.2010

Tanja Taipale
Heli Varonen

Koulutusohjelma		Suuntautumisvaihtoehto	
Optometrian koulutusohjelma		Optometrismi	
Tekijä/Tekijät			
Tanja Taipale, Heli Varonen			
Työn nimi			
Kuin kala vedessä? Sukellusmaskivaihtoehtoja likinäköiselle			
Työn laji	Aika	Sivumäärä	
Opinnäytetyö	Syksy 2010	46	
TIIVISTELMÄ			
<p>Opinnäytetyössämme tutkimme näkemistä veden alla. Lisäksi selvitimme millaisia näönkorjausratkaisuja likinäköiselle sukeltajalle on tarjolla. Tutkimuksessa oli kolme erilaista maskivaihtoehtoa: piilolinssit ja maski ilman voimakkuuksia, voimakkuuksiin hiottu maski ja kupolimainen HydroOptix. Mittasimme kauko- ja lähinäöntarkkuuden ja näkökentän kolmelta eri-ikäiseltä koehenkilöltä pinta- ja vesiolosuhteissa selvittääksemme onko maskeissa eroja.</p> <p>Tutkimus oli laadullinen tapaustutkimus, jossa oli määrällisen tutkimuksen piirteitä. Tutkimukset suoritettiin keväällä 2010 Tapiolan uimahallissa. Yhteistyökumppanina toimivat sukellusseura Nousu ry ja sen puheenjohtaja Patrick Lybeck.</p> <p>Kokeiden perusteella voidaan todeta, että maskien välillä ei ole suuria eroja. Ainoastaan horisontaalinen näkökenttä HydroOptixilla vedessä oli selkeästi muita maskeja laajempi. Myös vertikaalinen näkökenttä vedessä oli HydroOptixilla laajempi, mutta erot maskien välillä eivät olleet suuria. Korkeimmat kaukonäöntarkkuusarvot vedessä saavutettiin voimakkuuksiin hiotulla maskilla, myös muiden maskien arvot olivat hyviä. Kaikkien koehenkilöiden, myös ikänäköisten, lähinäöntarkkuus oli jokaisella maskilla hyvä.</p> <p>Sukeltaminen on laji, jossa visuaalinen havainnointi on yksi merkittävä tekijä harrastusta. Nähdäkseen veden alla sukeltaja tarvitsee optisen apuvälineen eli maskin. Tutkimuksemme perusteella voidaan todeta, että näöntarkkuus ei ole maskista riippuvainen, mutta näkökentän laajuus on. Tämä on sukeltaessa merkittävä turvallisuustekijä.</p>			
Avainsanat			
sukellusmaski, HydroOptix, valon taittuminen, näkeminen veden alla			

Degree Programme in		Degree
Optometry		Bachelor of Health Care
Author/Authors		
Tanja Taipale, Heli Varonen		
Title		
Like a Fish in the Sea? Diving Mask Alternatives for the Myopic		
Type of Work	Date	Pages
Final Project	Autumn 2010	46
<p>ABSTRACT</p> <p>The aim of our study was to examine the underwater vision and the types of optical corrections available for the myopic diver. We selected three different types of diving masks for the study: a mask to be used with contact lenses, a prescription mask and a dome port mask (HydroOptix). We examined the distance vision, near vision and the visual field from three testee divers of different age groups both under water and in the air to find out the possible differences between these diving masks.</p> <p>Our study was a qualitative case study with aspects of a quantitative study and it was performed at the Tapiola Swimming Hall in spring 2010. Our partner in co-operation was Patrick Lybeck, the chairman of the Diving Club Nousu Ry.</p> <p>The results showed that there were no significant differences between the masks. Only the underwater horizontal visual field was considerably wider with HydroOptix mask than with the other masks. The underwater vertical visual field was also larger with HydroOptix but the differences were not notable. The best distance vision acuity in water was achieved by the prescription mask but visual acuity achieved by the other masks was also good. Each testee, including the presbyopics, had a good near vision acuity with every mask.</p> <p>Visual observation is an essential part of diving. To be able to see under water, the diver needs an optical mask. On the basis of our study we can draw the conclusion that visual acuity is not dependent on the mask type but the width of the visual field is. This is a major safety factor in diving.</p>		
Keywords		
diving mask, HydroOptix, refraction, underwater vision		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	SUKELLUS	2
3	SUKELLUKSEN HISTORIAA	2
4	VÄLINEET	3
	4.1 Sukellusmaski	4
5	LAITESUKELLUKSEN FYSIIKKAA JA FYSIOLOGIAA	5
	5.1 Noste	5
	5.2 Paine	6
	5.2.1 Paineentasaus	6
	5.2.2 Paineen vaikutus sukellusmaskissa	7
	5.2.3 Sukeltajantauti	7
	5.2.4 Tyypinarkoosi	8
6	VALO PINNALLA JA VEDESSÄ	9
	6.1 Valon väheneminen	9
	6.2 Värien aistiminen	10
	6.3 Valon taittuminen	11
7	SILMÄN OPTIIKKA	12
	7.1 Taittovirheet	13
	7.2 Akkommodaatio	13
	7.3 Valon taittuminen vedessä	14
	7.4 Ihmisen silmä verrattuna kalan silmään	15
8	SUKELTAJAN TAITTOVIRHEEN KORJAAMINEN	15
	8.1 Piilolinssit	15
	8.2 Voimakkuuksiin hiottu sukellusmaski	16
	8.2.1 Valmislasit	17
	8.2.2 Hiomo- eli rx-linssit	17
	8.2.3 Ikänäköisen sukeltajan maski	18
	8.3 Adapteri	18
	8.4 Kupolimainen HydroOptix-maski	18
9	NÄKÖKENTÄT	20
10	NÄÖNTARKKUUDET	22
	10.1 Kaukonäöntarkkuus	22
	10.2 Lähinäöntarkkuus	23
11	TUTKIMUSMENETELMÄT JA TOTEUTUS	23
	11.1 Tutkimusongelma	24
	11.2 Tutkimusjoukko	24
	11.3 Tutkittavat sukellusmaskit	24
	11.4 Tutkimuspaikka ja -aika	25
	11.5 Aineistokeruumenetelmät	25

11.5.1	Vertikaalisen näkökentän mittaus	26
11.5.2	Horisontaalisen näkökentän mittaus	27
11.5.3	Kaukonäöntarkkuuden mittaus	27
11.5.4	Lähinäöntarkkuuden mittaus	28
11.5.5	Pariinti	29
11.6	Luotettavuus ja pätevyys	29
12	TUTKIMUSTULOKSET	30
12.1	Koehenkilö 22 vuotta	30
12.2	Koehenkilö 46 vuotta	32
12.3	Koehenkilö 52 vuotta	34
13	TULOSTEN TULKINTA	36
13.1	22-vuotiaan koehenkilön tulosten tulkinta	37
13.2	46-vuotiaan koehenkilön tulosten tulkinta	37
13.3	52-vuotiaan koehenkilön tulosten tulkinta	38
13.4	Yhteenveto	39
14	POHDINTA	40
14.1	Jatkotutkimusehdotus	42
	LÄHTEET	43

1 JOHDANTO

Optometristin työ on toimimista näkemisen osa-alueiden asiantuntijana. Erilaiset harrastukset vaativat vaihtelevia näköratkaisuja. Vapaa-aikaan panostetaan ja ihmisillä on useita harrastuksia, joissa käytetään erilaisia välineitä. Sukeltaminen on laji, jossa visuaalinen havainnointi on yksi merkittävä tekijä harrastuksen viehätystä. Veden alle mennään katsomaan ja kokemaan vedenalaista maailmaa. Sukeltaja on aina kiinnostunut tietämään, millainen on sukelluskohteen näkyvyys ja mitä siellä on nähtävää. Nähdäkseen veden alla sukeltaja tarvitsee optisen apuvälineen eli maskin.

Opinnäytetyössämme tutkimme näkemistä veden alla ja mitä näönkorjausratkaisuja liikinäköiselle sukeltajalle on. Valitsimme tutkimukseen kolme erilaista maskivaihtoehtoa: piilolinssit ja maski ilman voimakkuuksia, voimakkuuksiin hiottu maski ja kupolimainen HydroOptix. Tutkimme kauko- ja lähinäöntarkkuuden ja näkökentän kolmelta erikäiseltä koehenkilöltä pinta- ja vesiolosuhteissa selvittääksemme onko maskeissa eroja. Tutkimukset suoritettiin keväällä 2010 Tapiolan uimahallissa. Yhteistyökumppanina toimi sukellusseura Nousu ry ja sen puheenjohtaja Patrick Lybeck.

Teoriaosuudessa käsittelemme sukelluksen fysiikkaa ja sen vaikutusta sukeltajaan. Lisäksi käsittelemme valon taittumista ja silmän optiikkaa. Tutkimme sukeltajan taittovirheen korjaamisen eri vaihtoehtoja sekä sukelluksen kannalta olennaisia näkemisen osa-alueita.

Opinnäytetyömme on laadullinen tapaustutkimus, jossa on määrällisen tutkimuksen piirteitä. Tutkimusosuudessa käsittelemme tutkimusmenetelmät ja kuinka olemme toteuttaneet tutkimuksen. Työmme lopussa esittelemme saadut tutkimustulokset ja tarkastelemme niiden pohjalta maskien eroavaisuuksia sukeltajan kannalta.

Opinnäytetyötämme vastaavaa tutkimusta ei ole aiemmin Suomessa tehty, mutta optikoiden Jarmo Valtosen ja Raimo Laitisen Optometria -lehteen vuonna 2006 kirjoittama artikkeli ”Veden alle” sivuaa samaa aihetta.

2 SUKELLUS

Suomessa sukelluksen harrastajia on Sukeltajaliittoon kuuluvissa jäsenseuroissa vuoden 2009 tilaston mukaan 11 418; heistä oli miehiä 9035 ja naisia 2383 (Rautiainen 2010). Seuroihin kuulumattomien harrastajien määrää on vaikea arvioida, mutta vuosien 2005–2006 Kansallisen liikuntatutkimuksen (2006) aineiston mukaan alan harrastajia oli Suomessa 16 500. Suurimman kaupallisen sukellusjärjestön, Professional Association of Diving Instructors (PADI) (2009), tilastojen mukaan sukelluskortteja on suoritettu maailmalla vuodesta 1967 lähtien vuoteen 2009 mennessä noin 18,5 miljoonaa kappaletta.

Sukellusta voi harrastaa eri ympäristöissä: altaissa, sisävesissä, merissä, louhoksissa ja luolissa. Sukelluksen eri muotoja ovat muun muassa vapaasukellus, snorkkelisukellus, uppopallo ja sukelluskalastus, joissa kaikissa veden alla olemisen pituus riippuu sukeltajan hengityksenpidätyskyvystä ja erillistä koulutusta ei tarvita. Laitesukellus ja teknikkasukellus sen sijaan vaativat koulutuksen sukelluslaitteiden ja hengityskaasujen käytön hallitsemiseksi. (Sukeltaja 2010.)

Sukeltaminen on harrastus, joka opitaan käytännön harjoittelulla. Laitesukellusharrastus suositellaan aloitettavaksi sukelluskurssilla, jossa opetellaan perustiedot ja -taidot, jotta sukeltaminen tapahtuu turvallisesti. Kurssille vaaditaan 12 vuoden ikä ja terveystodistus. Sukelluskurssit perustuvat kansainvälisten eri sukellusjärjestöjen sertifioituihin koulutuksiin, jotka poikkeavat toimintaperiaatteiltaan toisistaan mutta joiden kautta opitaan sukelluksen perustaidot. Harrastaja saa kurssin käytyään sukelluskortin, joka oikeuttaa osallistumaan järjestetyille sukellusretkille. Myös taitojen syventäminen jatkokoulutuksessa tapahtuu sukellusjärjestöjen edustamien sertifikaattien mukaan. Suomessa eniten sukeltajia kouluttavia organisaatioita ovat PADI, CMAS (Confederation Mondiale des Activites Subaquatiques) ja NAUI (National Association of Underwater Instructors). (Sukeltaja 2010.)

3 SUKELLUKSEN HISTORIAA

Varhaiset sukellukset perustuivat sukeltajan kykyyn pidätellä henkeään veden alla, jolloin sukellukset olivat muutamien minuuttien pituisia. Erilaisia apuvälineitä keksittiin,

jotta veden alla pystyttäisiin olemaan pidempiä aikoja. 1500–1600-luvuilla kehitettiin sukelluskelloja, jotka painojen avulla laskettiin avoin pohja edellä veteen. Kellon sisään jäi ilmatila, jossa sukeltaja pystyi työskentelemään tai tekemään sieltä lyhyitä sukelluksia kellon lähistölle henkeään pidättäen. Varsinaiset sukelluspuvut kehitettiin 1800-luvulla. Niissä oli hartioille ulottuva kypärä, johon oli yhdistetty pinnalta tuleva letku, jonka kautta sukeltaja sai ilmaa. Nykyiset raskassukellusvarusteet (eli varusteet, joissa sukeltaja saa hengitysilman pinnalta) perustuvat edelleen tähän keksintöön. (Shreeves 2001: 9–11.)

Historiankirjoista ei löydy mainintaa siitä, milloin ihminen tajusi tarvitsevänsä ilmatilan silmiensä eteen nähdäkseen vedessä. Sukelluskypärät olivat ensimmäisiä, joihin johdettiin pinnalta ilmaa, ja samalla sukeltaja näki ulos kypärässä olevan lasilevyn läpi. 1930-luvulla entinen Yhdysvaltain ilmavoimien lentäjä Guy Gilpatric käytti sukeltaessaan kumisia silmäsuojuksia, joissa oli lasilinsit. Tämän jälkeen sukelluslasit kehittyivät lähelle nykyäänkin käytettävää suoraetupintaista silmät ja nenän peittävää sukellusmaskia. (Lawrence 1997.) 2000-luvun alkupuolella amerikkalainen HydroOptix LLC -yhtiö halusi parantaa sukeltajan näkemistä veden alla ja uudisti perinteistä suoraetulinsista maskia kehittämällä etupinnaltaan kupolimaisen sukellusmaskin. (HydroOptix 2008.)

4 VÄLINEET

Pystyäkseen toimimaan vedessä ja kokemaan vedenalaisen maailman ihminen tarvitsee siihen apuvälineitä. Perusvälineisiin kuuluvat sukellusmaski, snorkkeli ja räpylät, joiden avulla voi pintasukeltaa sekä tehdä lyhyitä usean metrin syvyisiä sukelluksia. Voidakseen sukeltaa syvemmälle ja viettää veden alla pidempiä aikoja tarvitaan lisää välineitä.



KUVIO 1. Sukeltaja varusteineen (Kuva: Seppo Sirviö 2010).

Laitesukeltajan varusteisiin kuuluvat (Ks. kuvio 1.) perusvälineiden lisäksi sukelluspuku, painojärjestelmä, tasapainotusliivi, kaasupullo, regulaattori eli hengityssäädin ja säiliöpainemittari. (Shreeves 2001: 27; Vikman 2007: 7.)

4.1 Sukellusmaski

Maskin tarkoitus on muodostaa ilmatila silmien ja veden väliin, jotta silmä pystyisi näkemään tarkasti veden alla. Ilman maskia silmän taittovoima pienenee niin paljon, ettei terävä näkeminen ole mahdollista. (Shreeves 2001: 28.)

Sukellusmaskit ovat kehittyneet 1940–60-lukujen ovaalin muotoisista suuren tilavuuden omaavista maskeista nykyaikaisiin yksi- tai useampilinssisiin kasvojen lähellä istuviin maskeihin. (Ks. kuvio 2.) Nykyaikaiset maskit ovat sisätilavuudeltaan pienempiä ja mahdollistavat entisaikojen maskeja suuremman näkökentän. Yleisimmin käytettyjä malleja ovat yhdellä tai kahdella etulinssillä varustetut maskit, mutta käytetään myös maskeja, joissa on erilliset sivuikkunat. Sivuikkunoilla saadaan laajempi näkökenttä, mutta samalla veden alla sivuikkunoiden ja etulinssien saumat aiheuttavat kuvahyppyjä ja vääristymiä. Sukellusmaski voi olla mal-



KUVIO 2. Ovaali maski
(123 Scuba 2010).

liltaan kasvot kokonaan peittävä kokokasvomaski. Kokokasvomaskia käytetään usein kylmissä olosuhteissa tai käytettäessä vedenalaisia elektronisia kommunikointivälineitä, jolloin sukeltajan suun on oltava vapaana. Kokokasvomaskeja käyttävät eniten vaativissa olosuhteissa sukeltavat ammattisukeltajat sekä tekniikkasukeltajat. (Alexander ym. 2008: 38–39; Scubadiving 2009.) Olemme rajanneet työmme käsittelemään maskeja tavallisen virkistysukeltajan näkökulmasta.

Sukellusmaskin on oltava tiivis ja sen on istuttava hyvin kasvoilla. Nykyään lähes kaikissa malleissa on pehmeä silikoninen reunus, joka tiivistyy hyvin kasvoille. Laadukkaissa maskeissa on usein kaksoisreunus, jonka sisempänä ja ylempänä oleva reunus lisää maskin istuvuutta ja tiiviyyttä. Lisäksi maskien ulkoreunat ovat ohennetut, jotta maskin reuna olisi joustava ja mukailisi kasvojen muotoa paremmin ja olisi näin tiiviimpi. Sukellusmaskissa on säädettävä remmi, jolla hienosäädetään maskin istuvuutta kasvoilla. Sukeltaessa maskiin muodostuu alipaine, joka tasataan nenän kautta tapahtuvalla uloshengityksellä; tämän vuoksi maskin on peitettävä nenä. Joissakin maskimalleissa on nenätaskussa venttiili, jonka kautta voi uloshengityksellä puhaltaa pois maskiin päässeeseen veteen. Maskin tyhjennys veden alla ilman venttiiliä kuuluu sukeltajan

perustaitoihin, joten venttiili ei ole välttämätön osa sukellusmaskia. (Alexander ym. 2008: 39.)

Hyvän maskin ominaisuuksia on myös laaja näkökenttä. Perinteisissä, suoralla linsiosalla varustetuissa maskimalleissa laaja näkökenttä on toteutettu siten, että linssit istuisivat lähellä silmää. Samalla maskin tilavuus pienenee ja paineentasaus on helpompaa; lisäksi maskiin päässeen veden poistaminen helpottuu. 2000-luvulla kehitetyssä HydroOptix-sukellusmaskissa laaja näkökenttä on saavutettu kupolimaisella maskin etuosalla. (Ks. kuvio 3.) Perinteisissä maskimalleissa linssit ovat karkeastua tai laminoitua lasia, kun taas HydroOptixin kupolimainen linssiratkaisu on polykarbonaattia. Taittovirheinen sukeltaja voi käyttää optisesti korjattua sukellusmaskia tai piilolinssijä, tai jos hän on myooppi eli likinäköinen henkilö ja hänellä on $-2,50$ – $-6,00$ dioptrian (dpt) taittovirhe, voi hän käyttää ilman mitään korjausta HydroOptix-maskia. (HydroOptix 2008; Vikman 2007: 7–8.)



KUVIO 3. HydroOptix (HydroOptix 2008).

5 LAITESUKELLUKSEN FYSIIKKAA JA FYSIOLOGIAA

Sukeltaessa vallitsevat erilaiset luonnon lainalaisuudet, kuin mihin ihminen on tottunut maanpinnalla. Sukelluksen harrastajan on tärkeää ymmärtää perusteet vedenalaisessa maailmassa esiintyvistä fysiikan laeista, joiden takia vesi ympäristönä poikkeaa maanpäällisistä olosuhteista ja joiden takia myös sukeltajassa tapahtuu fysiologisia muutoksia oltaessa pinnan alla. Perusteorioiden ymmärtäminen tekee harrastuksen turvallisemmaksi sekä sukeltajalle itselleen että hänen parilleen tai ryhmälleen. (Mountain 1996: 16; Vikman 2004: 29.)

5.1 Noste

Kappaleen syrjäyttäessä vettä enemmän kuin oman painonsa verran, se kelluu, eli kappaleen noste on suurempi kuin sen massa. Jos noste on pienempi kuin kappaleen massa, kappale uppoaa. Kun kappale syrjäyttää vesimäärän, joka painaa yhtä paljon kuin kap-

pale itse, kappale leijuu vedessä painottomana. Sukeltajan on osattava hallita nostetta pystyäkseen säätelemään sijaintiaan vedessä. Pinnan alle mentäessä kumotaan ensin positiivinen noste. Tämän jälkeen sukeltajan tulee saavuttaa neutraali noste, jottei hallitsemattomia nousuja ja laskuja pääse tapahtumaan. (Mountain 1996: 21; Shreeves 2001: 14–15; Vikman 2004: 53.)

5.2 Paine

Veden paineen aiheuttaa veden massa ja ilman paineen aiheuttaa ilman massa. Baari on sukeltamisen yhteydessä käytetty paineen yksikkö. Ilmakehän aiheuttama paine on merenpinnan tasolla 1 baari. 10 metrin syvyydessä veden ja ilmakehän yhteenlaskettu kokonaispaine on 2 baaria. Ilmaa tiheämmässä vedessä paine kasvaa yhdellä baarilla jokaista kymmentä metriä kohti. Kun paine kasvaa, kaasut puristuvat kasaan ja niiden tilavuus pienenee. Kun paine alenee, niin tilavuus kasvaa. Sukeltajan on tiedettävä säiliönsä paine lähtiessään sukeltamaan ja seurattava paineen muutosta sukelluksen aikana säiliöpainemittaristaan. (Moisala 1994: 81; Tapiovaara 2007; Vikman 2004: 29.)

Sukellettaessa veden painetta ei juuri tunne, koska ihmisen keho koostuu suurimmaksi osaksi nesteestä ja nesteen tiheys pysyy samana huolimatta syvyyden muutoksista. Sukeltajan kudokset eivät puristu kasaan paineen kasvaessa. Sen sijaan ongelmia voi esiintyä kehon ilmatäytteisissä onteloissa. Niissä olevan ilman paine muuttuu ympäröivän paineen muuttuessa, jolloin ilman tilavuuden pienentyessä kudokset pyrkivät puristumaan näihin onteloihin. (Moisala 1994: 82; Shreeves 2001: 19–20.)

5.2.1 Paineentasaus

Ihmisen ilmatäytteisiä tiloja ovat keuhkot, korvat, pään ontelot ja suolet. Paine on saatava laskeutumisvaiheessa tasaantumaan onteloissa ympäröivän paineen suuruiseksi, jotta ongelmilta vältyttäisiin. Pään ontelot ja korvat ovat yhteydessä nieluun, joten niiden paine tasataan keuhkoissa olevalla ilmalla. Tarpeeksi hitaat nousu- ja laskunopeudet auttavat kehon ilmatilojen paineentasauksessa. (Shreeves 2001: 20–21, 25.)

5.2.2 Paineen vaikutus sukellusmaskissa

Sukellusmaskin aiheuttama painevaurio syntyy, kun maskin ja kasvojen väliin muodostuvan ilmatilan painetta ei tasata sukelluksen laskeutumisvaiheessa. Jollei sukeltaja tasaa painetta puhaltamalla nenän kautta ilmaa maskiin, syntyy maskin ilmatilaan alipaine, jolloin kudokset imeytyvät kohti alipaineista ilmatilaa. Sukellessa imu kohdistuu maskin alle jäävään ihoon ja silmiin. Korjaamaton alipaine voi aiheuttaa kipua, ja painevaurion seurauksena voi syntyä verenpurkauksia silmien sidekalvoille, nenän limakalvoille sekä maskin peittämälle kasvojen alueelle. Pahimmillaan voi silmän sisälle syntyä verenvuotoa. Uimalaseilla ei voikaan sukeltaa kovin syvälle, koska lasien alle syntyvää alipainetta ei voi poistaa nenän kautta puhaltamalla. (Bove 2009; Butler 1995: 351; Moisala 1994: 26, 103; Mountain 1996: 20.)

5.2.3 Sukeltajantauti

Typpeä liukenee vereen ja kudoksiin sukellessa syvemmälle, koska paine kasvaa. Noustaessa pintaa kohden typpeä vapautuu paineen alentuessa. Mitä pidempään sukellus kestää ja mitä syvemmällä sukellaan, sitä enemmän typpeä kertyy elimistöön. Jos pintaan nousu tapahtuu liian nopeasti, tyyppi ei ehdi kaasuuntua kehosta, vaan purkaantuu kuplina verenkiertoon ja kudoksiin. Kuplat aiheuttavat verisuonten tukoksia, mutta ne myös muuttavat veren koostumusta hyytyneemmäksi, jolloin verenkierto häiriintyy ja paikoitellen estyy. Seurauksena on dekompressiotauti eli niin kutsuttu sukeltajantauti. Taudin oireita ovat muun muassa erilaiset iho-oireet (kutina, kihelmöinti, läikät), uupumus, nivelkiput, näköhäiriöt ja näkökenttäpuutokset, huimaus, eriaistiset halvaukset, rintakivut, kouristelu ja tajuttomuus. Pahimmillaan ja hoitamattomana tauti voi johtaa pysyviin vaurioihin tai kuolemaan. Sukeltajantaudin hoitona käytetään painekammiota, jossa sukeltaja altistetaan uudelleen paineen alaiseksi ja annetaan hengitettäväksi happea. Tautia voidaan ehkäistä hidastamalla nousunopeuksia ja pysähtymällä tekemään niin sanottu turvapysähdys matalammassa syvyydessä, jolloin tyyppi pääsee poistumaan kehosta. Parhaiten sukeltajantautia voi ehkäistä suunnittelemalla sukellukset etukäteen ja noudattamalla etukäteen laskettuja nousuaikatauluja. (Butler 1995: 352–353; Mountain 1996: 79; Moisala 1994: 104–107; Vikman 2007: 65, 128, 138, 140–141.) Toistuvat ääriajoilla tehdyt sukellukset ja niiden aikana vapautuneen typen mikrokuplat saattavat muun muassa aiheuttaa myöhemmässä vaiheessa vaurioita aivojen hiussuonistoon sekä silmien verkkokalvoihin (Vikman 2007: 145).

Vaikka sukelluksen kesto ja sukellussyvyys ovat merkittävimpiä tekijöitä sukeltajantaudin syntymisessä, voivat myös muut seikat vaikuttaa typpikuplien imeytymiseen ja poistumiseen. Tällaisia seikkoja ovat muun muassa fyysinen rasitus (ennen sukellusta, sen aikana tai sen jälkeen), huono yleiskunto, kylmyys, väsymys, nestehukka, korkea ikä, sairaudet ja ylipaino. (Shreeves 2001: 187, 194; Vikman 2001: 136–137.)

5.2.4 Typpinarkoosi

Typpi on fysiologisesti reagoimaton eli inertti kaasu, eli sillä ei ole havaittavaa vaikutusta ihmisen kehoon tavallisessa ilmanalassa. Paine kasvaa sukeltaessa syvälle, jolloin hengitettävän paineilman sisältämää typpeä imeytyy kudoksiin. Tämä aiheuttaa humalaa muistuttavan typpinarkoositilan, jota kutsutaan myös typpi- tai syvyyshumalaksi. Typen huumaava vaikutus alkaa yksilöstä riippuen lähestyttäessä 30 metrin syvyyttä. Sukeltaja ei välttämättä huomaa oireita, koska osana oireita voivat olla hyvänolontunne ja kohonnut iteluottamus. Typpihumalassa sukeltajan keskittymis- ja päättelykyky sekä koordinaatio voivat heiketä. Joillekin sukeltajille saattaa euforian sijasta tulla pelkotiloja ja hermostuneisuutta. Toiset kokevat näkökenttensä kaventuvan, jolloin he eivät kykene havaitsemaan vaaratekijöitä näkökentän laita-alueilla. Vaikka typpinarkoosin oireet ovat vaarattomia, aiheuttavat ne onnettomuusriskin vähentämällä sukeltajan kykyä toimia hätätilanteessa. Myös mahdollinen valheellinen hyvänolon- ja turvallisuudentunne saattavat aiheuttaa turvallisuussääntöjen laiminlyöntejä ja virhearvioita, joiden seurauksena voi olla esimerkiksi keuhkojen painevaurio tai dekompressiotauti. (Apunen – Suhonen 2009: 16; Moisala 1994: 96; Mountain 1996: 78; Vikman 2001: 94.)

Typpinarkoosin oireet ilmestyvät nopeasti ja lisääntyvät koko ajan syvyyden ja ympäröivän paineen kasvaessa, mutta huumaava vaikutus katoaa nopeasti noustessa matalampaan syvyyteen. Syvyyshumalan vaikutukset ovat eri sukeltajilla erilaisia ja oireisiin reagoiminen voi myös vaihdella erilailla eri päivinä. Paras keino välttää typpinarkoosia sukeltaessa paineilmalla on välttää syviä sukelluksia. Harrastussukeltajan suositeltu maksimisyvyys onkin 30 metriä. (Mountain 1996: 78; Shreeves 2001: 192–193, 206.)

Erilaisilla kaasuseoksilla pystytään välttämään typen ja hapen haitallisia vaikutuksia ja saavuttamaan vaativissa olosuhteissa pitkiä sukellusaikoja. Aikaisemmin kaasuseosten käyttäjät ovat pääasiassa olleet ammattisukeltajia tai armeijan palveluksessa. Nykyään

kaasuseoksilla sukeltaminen on yleistynyt myös harrastussukelluksessa. Kaasuseossukellukset vaativat kouluttautumista sukellusseurojen ja -järjestöjen erityiskursseilla. (Moisala 1994: 86; Vikman 2007: 362.)

6 VALO PINNALLA JA VEDESSÄ

Vesi on ilmaa tiheämpi aine, jossa valo käyttäytyy eri tavalla kuin ilmassa. Vedessä valon määrä vähenee sen edetessä syvemmälle, koska eri aallonpituudet siroavat ja absorboituvat eli imeytyvät ympäristöön. Tämän seurauksena sukeltaja aistii värit eri tavoin vedessä kuin pinnalla. Veden ilmaa suuremman taitekertoimen vuoksi sukeltajan näkemien kohteiden koko ja etäisyys eivät täysin vastaa todellisuutta, vaan kohteet näyttävät hieman todellista isommilta ja lähempänä olevilta. (Mountain 1996: 16.) Vesi on kokoonpuristumatonta nestettä, jonka tiheys pysyy samana syvyyden lisääntyessä (Moisala 1994: 82).

6.1 Valon väheneminen

Auringosta tulevassa säteilyssä on useita eri aallonpituuksia, joista vain pieni osa on näkyvää valoa. Useat eri tekijät vaikuttavat siihen, minkälainen määrä valoa saavuttaa veden pinnan. Vuoden- ja vuorokaudenaika, samoin leveyspiiri vaikuttavat siihen, missä kulmassa auringon säteet saavuttavat veden pinnan. Mitä vinommassa kulmassa valo osuu veteen, sitä enemmän siitä heijastuu takaisin ilmaan, ja vastaavasti mitä pystymässä säteet tulevat, sitä syvemmälle valoa riittää. Tästä syystä keskipäivän valo antaa valoa syvemmälle kuin auringonlasku. Myös sääolot vaikuttavat valon määrään vedessä. Pilvisellä säällä valon kokonaismäärä on pienempi kuin aurinkoisella säällä, ja lisäksi pilvien läpi tuleva valo on suureksi osaksi heijastunutta eli epäsuoraa valoa. Samoin ilman kosteus, saaste- ja pölyhiukkasten määrä vaikuttavat valon määrään ja laatuun. (Rihlana 1997: 8; Vikman 2007: 55–56.)

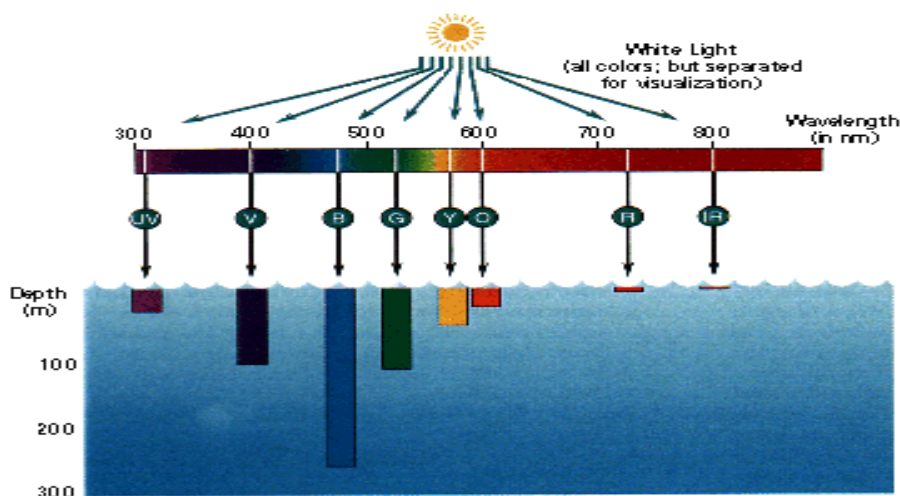
Valonsäteiden kulkiessa syvemmälle vedessä valon määrä vähenee sen sirotessa ja absorboituessa ympäristöön. Kirkkaimmissakin merivesissä vain 20 prosenttia valon määrästä ylettyä 10 metrin syvyyteen ja vain 1 prosentti valosta saavuttaa 80 metriä. Vedessä olevat erilaiset orgaaniset ja epäorgaaniset aineet vaikuttavat valon läpäisyyteen ja ve-

den kirkkauteen. Esimerkiksi humuspitoisissa sisävesissä näkyvyys on paljon huonompi kuin kirkkaissa trooppisissa merissä. (Butler 1995: 349–350; Vikman 2007: 56–57.)

Ilmassa valon määrä vähenee hitaammin kuin vedessä, jolloin valo pystyy etenemään paljon pidemmälle, ennen kuin värit alkavat absorboitua ja hajaantua. Ihmisen näköjärjestelmä on tottunut siihen, että kaukana olevat kohteet havaitaan epätarkkoina ja hieman sinertävinä. Vedessä valo absorboituu ja siroaa nopeammin kuin ilmassa, jolloin hieman epätarkat ja sinertävät kohteet saatetaan vedessä tulkita olevan kauempana, kuin ne todellisuudessa ovatkaan. (Alexander ym. 2008: 416; Sekuler – Blake 1994: 240.)

6.2 Värien aistiminen

Jokaisella värillä on oma aallonpituutensa. Yleisesti pidetään näkyvänä valona noin 380–780 nanometrin aallonpituuksia. (Rihlama 1997: 11.) Jokainen väri on osa valkoisena havaitsemaamme kokonaisvaloa, joten valon määrä vedessä vähenee, kun värit absorboituvat vähitellen syvemmälle mentäessä (Shreeves 2001: 76). Valon eri aallonpituudet läpäisevät vettä eri tavalla ja matalahkoissa vesissä suodattuvat ensin pitkät aallonpituudet. Ensin katoavat punaisen sävyt noin 3 metrissä, sitten oranssi, keltainen ja violetti. Syvimmälle pääsevät vihreä ja sininen, ennen kuin valo loppuu kokonaan. (Ks. kuvio 4.) Näin tapahtuu ainoastaan hyvin kirkkaissa puhtaissa vesissä, joihin ei ole liuennut orgaanisia ja epäorgaanisia aineita, jotka muuttavat värien etenemistä vedessä. Esimerkiksi Itämeren vesi näyttää vihreältä, koska vihreä väri suodattuu siellä viimeisenä. (Loran – MacEven 1995: 101; Vikman 2007: 56.)



KUVIO 4. Värien suodattuminen (NASA 2009).

6.3 Valon taittuminen

Valon taittuminen erilaisissa optisissa järjestelmissä perustuu valon etenemiseen tiheydeltään erilaisissa väliaineissa eri nopeuksilla (Hecht 1998: 100–101). Valon nopeus riippuu väliaineen optisesta tiheydestä, joka ilmoitetaan taitekertoimella. Optisesti tiheämmällä aineella taitekerroin on suurempi kuin optisesti harvemmallalla. Tyhjiön taitekerroin on 1,0, jota käytetään selvyuden vuoksi myös ilman taitekertoimena. Veden taitekerroin on 1,33, joten vesi on optisesti tiheämpää kuin ilma. Valo etenee hitaammin optisesti tiheämmässä aineessa ja valon nopeuden muuttuminen havaitaan valon taittumisenä. Valon taittuminen eri väliaineissa noudattaa niin sanottua Snellin lakia: $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$, jossa n_1 ja n_2 ovat väliaineiden taitekertoimet, ja $\sin \alpha_1$ on valon tulokulma ja $\sin \alpha_2$ valon taitekulma. Snellin lain mukaan valon tullessa optisesti harvemmasta aineesta (jolloin taitekerroin on pienempi) optisesti tiheämpään valo taittuu kohti pinnan normaalia. Samalla valon nopeus pienenee. Päinvastaisessa tilanteessa, kun valo tulee optisesti tiheämmästä aineesta harvempaan aineeseen, suurenevät taitekulma sekä valon nopeus. (Hatakka ym. 2005: 59, Hecht 1998: 100–101; 61; Lens 2006: 2–5.) Valon taittumista ei tapahdu, jos valonsäde osuu kohtisuoraan eri taitekertoimisen aineen rajapintaan. Tällöin valo etenee optisesti tiheämmässä tai optisesti harvemmassa aineessa ilman suunnan muuttumista. (Alexander ym. 2008: 416.)

Valosta osa heijastuu takaisin tasopinnoista ja heijastuminen on sitä voimakkaampaa, mitä suurempi taitekerroinmuutos rajapinnassa on. Valonsäteen tullessa tiettyssä kulmassa optisesti tiheämmästä aineesta harvempaan tapahtuu kokonaisheijastus, jolloin kaikki valo heijastuu. Tämä tapahtuu sitä pienemmillä tulokulmilla, mitä suurempi on sen aineen taitekerroin, josta valo tulee tason rajapinnalle. Valolle, joka kokonaisheijastuu, pätee heijastumislaki eli pinnan normaalin ja valonsäteen välinen tulokulma on yhtä suuri kuin pinnan normaalin ja heijastuneen säteen välinen kulma, kun säteet ovat samassa tasossa. (Hatakka ym. 2005: 53; Lens 2006: 12–13.) Heijastumislaki pätee myös veden alla. Valo, joka saapuu etupinnaltaan suoran sukellusmaskin lasilinssin kautta ilmatilaan, kokonaisheijastuu saapuessaan tietystä kulmasta estäen valon pääsyn silmään. Sukeltaja ei näe valon tulokulmaa sivummalle. (Ks. kuvio 5.) Saman ilmiön vuoksi sukeltajan katsoessa loivasta kulmasta ylöspäin kohti vedenpintaa, hän ei pysty näkemään pinnan läpi, koska pinta kokonaisheijastuu peilin tavoin. Jos maskin etupinta on kupolimainen, osuvat eri suunnilta tulevat valonsäteet kupolimaiseen linssiin suorassa kulmassa, jolloin kokonaisheijastusta ei tapahdu, koska valo pystyy etenemään py-

sähtymättä linssin läpi osuessaan siihen kohtisuorasti. Tämä mahdollistaa suuremman näkökentän kuin tavallisella suoraetupintaisella maskilla. (Alexander ym. 2008: 416, HydroOptix 2008.)



KUVIO 5. Sukeltaja ei näe kuvan ottajaa kokonaisuheijastuksen vuoksi (HydroOptix 2008).

7 SILMÄN OPTIIKKA

Paljas ihmissilmä ei pysty näkemään veden alla yhtä tarkasti kuin pinnalla, koska vesi muuttaa valon kulkua silmään. Jotta ihminen näkisi pinnalla tai pinnan alla, on valon kuljettava silmän valoa taittavien rakenteiden läpi silmänpohjaan asti, jossa sijaitsee valoärsykkeille herkkä verkkokalvo. Verkkokalvo on ohut hermokudoskerros, joka muuttaa valoenergian hermoimpulsseiksi ja välittää saadun tiedon näköhermon kautta aivoihin, joissa näkeminen aistitaan. (Deep Ocean 2010; Kivelä 2001: 25.)

Silmän eniten valoa taittavat osat ovat sarveiskalvo, jonka etu- ja takapintojen yhteenlaskettu kokonaistaittovoima on keskimäärin 43 dioptriaa ja mykiö, jonka taittovoima on noin 18 dioptriaa (Kivelä 2001: 16, 22; Rosenfield 1998: 13). Valo etenee sarveiskalvossa hitaammin kuin ilmassa, ja sarveiskalvon kokonaistaittovoima on noin kaksi kolmasosaa silmän kokonaistaittovoimasta. Sukellessa ilman maskia (tai uimalaseja) sarveiskalvon etupinta kohtaa veden, jolloin sarveiskalvon taittovoima häviää lähes kokonaan, koska sarveiskalvon ja veden taitekertoimet ovat lähellä toisiaan. (Nienstedt ym. 1992: 500; Sekuler 1994: 54.)

7.1 Taittovirheet

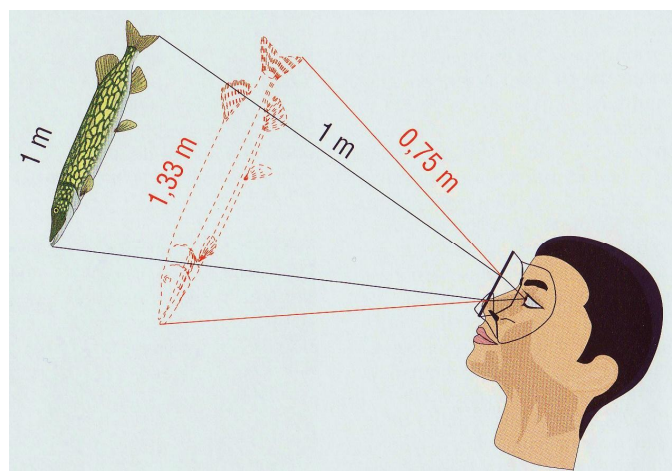
Jotta kuva näkyisi tarkkana, on silmän taittovoiman ja pituuden vastattava toisiaan niin, että valonsäteet yhtyvät verkkokalvolla. Jos valonsäteet yhtyvät jo ennen verkkokalvoa silmän liiallisen taittovoiman tai liian pituuden takia kuva nähdään epätarkkana, silmää kutsutaan likitaitteiseksi eli myooppiseksi silmäksi. Likitaitteisuutta korjataan valonsäteitä ulospäin taittavalla koveralla miinuslinssillä, jolloin silmään saapuvat säteet saadaan taittumaan oikeaan kohtaan verkkokalvolle. Jos valonsäteet yhtyvät verkkokalvon takana joko silmän liian heikon taittovoiman tai lyhyiden takia, on kyseessä kaukotaitteinen eli hyperooppinen silmä. Myös tällöin on kuva epätarkka. Nuori hyperooppinen silmä pystyy tarkentamaan kuvan tarkaksi eli valonsäteet kohtaavat verkkokalvolla. Tämä tapahtuu mykiön kaarevuutta muuttamalla eli akkommodoimalla, jolloin silmän taittovoima tilapäisesti lisääntyy. Myooppinen silmä ei tähän kaukokatselussa pysty, koska silmän taittovoiman kasvaessa verkkokalvon eteen taittuneet valonsäteet taittuvat vielä jyrkemmin. Hyperopiaa korjaa kupera pluslinssi, joka kokoaa valonsäteet taittumaan verkkokalvolle. (Grosvenor 2007: 13–17; Saari 2001: 289–290, 293.)

7.2 Akkommodaatio

Ihminen tarvitsee akkommodointikykyä näkemisen hienosäätöön ja lähelle tarkentamiseen. Akkommodaatiokyvyn ollessa riittävä lähietäisyyksillä sijaitsevat kohteet kuvautuvat verkkokalvolle terävinä. Akkommodoiminen tapahtuu mykiön etu- ja takapinnan kaarevuutta muuttamalla. Iän myötä silmän akkommodointikyky vähenee, kun mykiön elastisuus heikkenee ja lähelle tarkentaminen vaikeutuu. Tällöin puhutaan ikänäöstä eli presbyopiasta, jonka keskimääräinen alkamisikä on 40–45-vuotiaana. (Ciuffreda 1998: 109.) Pienet lapset pystyvät akkommodoimaan melkein 20 dioptriaa, kun taas 60 ikävuoteen mennessä akkommodointikyky on lähes hävinnyt. (Rosenfield 1998: 13; Swanson 1998: 1195, 1201.) Koko akkommodaatiolajuuksaan ihminen käyttää harvoin pitkäkestoisesti; useimmiten pinnistelemättä käytetään vain puolet tai kaksi kolmasosaa (Grosvenor 2007: 19; Korja 2008: 126). Ikänäköisen ihmisen lähityöongelmia korjataan pluslaseilla, jotka korvaavat mykiön puutteellista taittovoiman lisäystä. (Grosvenor 2007:19; Saari 2001: 293–294.)

7.3 Valon taittuminen vedessä

Valon taittumista silmään voidaan kuvata kaavalla $(n_2 - n_1)/r$, jossa n_2 on sarveiskalvon taitekerroin (1,376) ja n_1 on ilman (1,0) tai veden (1,33) taitekerroin ja r on sarveiskalvon kaarevuussäde (0,0078). Kohdatessaan ilman, sarveiskalvon etupinnan taittovoimaksi saadaan yhtälöllä $(1,376 - 1,0)/0,0078 = 48,2$ dioptriaa, kun taas vedessä yhtälö muuttuu $(1,376 - 1,33)/0,0078 = 5,9$ dioptriaksi, mikä kertoo sarveiskalvon taittovoiman pienentyneen huomattavasti. (Horner ym. 1998.) Taittovoiman pienentyminen vedessä aiheuttaa silmän muuttumisen voimakkaan hyperooppiseksi ja näkemisen sumeaksi, koska taittovoima ei riitä valonsäteiden taittamiseksi verkkokalvolle. Näöntarkkuudet laskevat jopa sormenlukutasolle. Ongelma poistuu, kun silmän eteen laitetaan ilmatila eli sukellusmaski tai uimalasit, jolloin valo taittuu ensin ilmassa ja sitten vasta sarveiskalvolla mahdollistaen valonsäteiden taittumisen verkkokalvolle. Kuitenkin valon kulkiessa silmää kohti, eli tiheämmästä (vesi + lasilinssi) harvempaan (ilma) aineeseen, taittuu se taittumislain mukaan normaalista pois päin, kun se vedestä tullessaan kulkee suoralinssisen maskin tai uimalasien kautta silmien edessä olevaan ilmatilaan. Tämä saa katsottavat kohteet näyttämään noin 30 prosenttia suuremmilta sekä lähempänä olevilta. (Ks. kuvio 6.) Suurentuvia kohteita ovat myös vedessä olevat partikkelit ja humus, joiden koon suurentumisen takia näkyvyys huononee. (Butler 1995: 350; Laitinen – Valtonen 2006: 26.) Sukellettaessa kupolimaisella maskilla veden suurentava ja etäisyyttä vääristävä vaikutus vähenee, koska valonsäteet pystyvät läpäisemään maskin kaarevan linssin kohtisuorasti useasta eri kohdasta, jolloin enemmän ei-taittunutta valoa pääsee silmään. (Alexander ym. 2008: 416, HydroOptix 2008.)



KUVIO 6. Koon ja etäisyyden muutos (Vikman 2007).

7.4 Ihmisen silmä verrattuna kalan silmään

Sarveiskalvo on ihmisen silmän eniten valoa taittava osa. Ihminen ei näe veden alla ilman sukellusmaskia kuten kala, koska sarveiskalvon taittovoima häviää lähes kokonaan joutuessaan kosketuksiin veden kanssa. Kalan silmässä sarveiskalvo on lähes tasainen, eikä siinä ole taittovoimaa. Kalan mykiö sen sijaan on lähes pallomainen, taitekertoimeltaan 1,65, jolloin mykiön suurehko taitekerroin hoitaa tarkentamisen. Sarveiskalvo ja mykiö sijaitsevat hyvin lähellä toisiaan, jolloin valoa pääsee enemmän silmään ja saavutetaan laajempi näkökenttä. Kalan pallomainen mykiö ei aiheuta vääristymää ja epätarkkaa kuvaa eli niin sanottua palloaberraatiota, koska mykiön taitekerroin heikkenee keskeltä reunoille, jolloin kaikki valonsäteet taittuvat samaan pisteeseen muodostaen tarkan kuvan verkkokalvolle. Tätä ei tapahtuisi, jos mykiö olisi kauttaaltaan samaa taitekerrointa. (Deep Ocean 2010.)

8 SUKELTAJAN TAITTOVIRHEEN KORJAAMINEN

Hyvä näöntarkkuus veden alla on tärkeä turvallisuustekijä. Yli puolet maailman väestöstä tarvitsee optista korjausta nähdäkseen tarkasti. Sukeltajat monesti yliarvioivat näöntarkkuutensa veden alla tai he eivät tiedä näkevänsä huonosti. Myös tiedonpuute nykyaikaisista tavoista korjata sukeltajan taittovirhe voi olla syynä huonosti näkemiseen veden alla. (Palumbo 2004.)

Sukeltajan taittovirheitä korjataan joko optisesti korjatun maskin avulla tai käyttämällä maskin kanssa piilolinssijä. Lasikorjaus voidaan tehdä myös tavallisilla silmälasilinsseillä, jotka laitetaan adapteriin maskin alle. Yhtenä vaihtoehtona on myös kupolimainen maski, joka käytännössä toimii tavallisen maskin tapaan, mutta sen toimintaperiaate on erilainen.

8.1 Piilolinssit

Piilolinssien käytön etu voimakkuuksiin hiottuun maskiin verrattuna on hyvä näkökyky silloinkin, kun maski ei ole kasvoilla esimerkiksi sukellukseen valmistautuessa ja varusteita pukiessa (Loran – MacEven 1995: 136). Piilolinssien käytössä on se vaara, että jos maski täyttyy vedellä tai irtoaa kasvoilta kokonaan, voivat piilolinssit irrota. (Moisala

1993: 27; Vikman 2007: 8.) Pehmeille piilolaseille on kuitenkin ominaista se, että ne liimaantuvat tiukemmin kiinni silmän pintaan, kun ne joutuvat tekemisiin nesteen kanssa, jonka osmoottinen paine on korkeampi (merivesi) tai matalampi (makea vesi) kuin kyynelnesteen osmoottinen paine. Jos maski irtoaa tai täyttyy vedellä, voi silmiä pitää raollaan hetken aikaa, jolloin linssi liimaantuu sarveiskalvoon ja poishuuhtoutumisen riski on pienempi. Pinnalla sukeltajan pitää ennen linssin poisottoa huuhdella silmää piilolinssinesteellä tai kostutustipoilla, jotta linssin normaali nestepitoisuus palautuisi. Tällöin linssin poisotto on mahdollista ilman vaaraa, että sarveiskalvo jää kiinni linssiin ja aiheuttaa sarveiskalvon repeämän. (Loran – MacEven 1995: 136; Sawatzky 2008.) Kovien linssien käyttöä ei sukellukseen suositella, koska niiden vaarana on sarveiskalvon turvotus. Turvotus on seurausta pintaan nousun ja samalla paineen alenemisen aikana muodostuvien typpikuplien jäämisestä loukkuun kyynelneesteeseen kovan piilolinssin ja sarveiskalvon väliin. Ongelma on vähäisempi pehmeillä happea läpäisevillä piilolinssillä. (Burke 1995: 350; Contact Lens Spectrum 2007; Loran – MacEven 1995: 136–137.) Sukellessa räpyttelyn määrä usein laskee, sillä maskin sisällä oleva kostea ilma estää silmän pintaa kuivumasta. Myös intensiivinen keskittyminen voi vähentää räpyttelyä. Räpyttelyn harventuminen voi olla ongelmallista piilolasien käyttäjälle, koska juuri räpyttelyn ansiosta kyynelneeste huuhtoo silmän pintaa pitäen piilolinssin ja silmän kosteana sekä estäen typpikuplien jäämisen loukkuun piilolinssin alle nousun aikana. Piilolinssijä käyttävän sukeltajan onkin tietoisesti muistettava räpytellä. (Loran – MacEven 1995: 137.)

Piilolasien käyttäjiä suositellaan sukeltaessa ja muissa vesiurheilulajeissa käyttämään kertakäyttöisiä linssejä tai muuten huolehtimaan linssien huolellisesta puhdistuksesta sekä desinfioimisesta, jotta saadaan minimoitua mikro-organismien aiheuttamien silmätulehdusten riski. Tulehdukset voivat pahimmillaan aiheuttaa näönmenetyksen. (Loran – MacEven 1995: 135–136.)

8.2 Voimakkuuksiin hiottu sukellusmaski

Kaikki eivät halua tai voi käyttää piilolinssijä, jolloin yksi vaihtoehto on hankkia sukellusmaski, jonka linsseissä on silmälaseja vastaavat voimakkuudet. Kuten silmälaseissaakin, näkökykyä korjaavat sukellusmaskin linssit aiheuttavat kuitenkin enemmän vääristymiä linssien reuna-alueilla kuin pelkät plano-linssit eli linssit ilman voimakkuuksia (Loran – MacEven 1995: 137).

8.2.1 Valmislasit

Sukellusmaskeja on saatavilla valmislaseina, joiden voimakkuus on +4,50 – -10,00 dioptriaan saakka 0,5 dioptrian välein. Linssit ovat yleisimmin materiaaliltaan karkaisu lasia. Voimakkuus on suoraan maskin lasissa, ja linssit on helppo vaihtaa, mikäli voimakkuus muuttuu. Valmiiksi hiotut linssit tosin käyvät vain omaan maskiinsa, joten niitä ei voi vaihtaa erimallisella linssiaukolla varustettuun maskiin. Valmislinssien huono puoli on se, että jos henkilön voimakkuus on esimerkiksi -2,75 dioptriaa, hän ei saa täsmälleen oikeaa voimakkuutta linseihinsä, koska niitä valmistetaan vain puolen dioptrian välein. Valmislinssien heikkoutena on myös kiinteä silmäteräväli. Silmät sijaitsevat tietyn matkan päästä toisistaan ja silmien välinen etäisyys on yksilöllinen. Valmislasien optinen keskipiste on hiottu keskimääräiselle silmäterävälille, jolloin sukeltaja, jolla on tätä etäisyyttä pienempi tai suurempi silmäteräväli, saattaa kokea maskin käytön epämiellyttävänä ja pahimmillaan nähdä kaksoiskuvia väärän silmäterävälän aiheuttaman prismaattisuuden takia. Hyvänä puolena on linssien edullinen hinta. (Laitinen – Valtonen 2006: 25; Palumbo 2005.)

8.2.2 Hiomo- eli rx-linssit

Valmislasien vaihtoehtona on maski omien vahvuuksien mukaan. Tämä on hyvä vaihtoehto, jos henkilöllä on paljon hajataitteisuutta tai ikänäköä. Rx-linssien etupinta on suora ja linssit liimataan maskissa valmiina olevien plano-linssien sisäpintaan kiinni kirkkaalla ja läpinäkyvällä epoksiliimalla. (Ks. kuvio 7.)

Rx-linssit voidaan hioa useampaan suoralinssiseen maskiin, mutta monilla rx-linssien valmistajilla on oma maskimallinsa, johon linssit liimataan. Koska linssit hiotaan mittatilaustyönä, huomioidaan samalla myös käyttäjän silmäteräväli. Rx-linssien huonona puolena on niiden kalleus ja se, että kerran liimattuja linsejä ei voi irrottaa ja vaihtaa toiseen maskiin, vaan on teetettävä uudet linssit uutta maskia varten. (Palumbo 2004; Prescription Dive Masks 2010.)



KUVIO 7. Voimakkuuksiin hiottu rx-maski.

8.2.3 Ikänäköisen sukeltajan maski

Myös ikänäköisille sukeltajille on tarjolla erilaisia vaihtoehtoja, sillä veden alla on nähtävä lähelle, kuten ranteessa olevaan sukellustietokoneeseen, konsolin mittareihin tai kameraan ja sen säätöihin. Ikänäköisen sukeltajan lukulisä voidaan tehdä kiinnipainettavalla ja siirrettävällä add-kalvolla suoralinssiseen maskiin. Kalvo voi kuitenkin helposti irrota linssistä veden päästessä maskiin. Toinen vaihtoehto ovat kaksiteholinssit. Ne tilataan rx-linsseinä ja liimataan maskin linssien sisäpintaan. Lukuosa voidaan sijoittaa siihen maskin linssien kohtaan, jossa sukeltaja kokee sen miellyttävimpänä ja hänelle parhaiten toimivana. Useimmiten mittarit ja sukellustietokone sijaitsevat vasemmalla puolella, jolloin on mahdollista, että lukukorjaus sijoitetaan vain vasemmalle puolelle. (Laitinen – Valtonen 2006: 25; Palumbo 2004; Prescription Dive Masks 2010.)

8.3 Adapteri

Lasikorjaus voidaan tehdä myös tavallisilla silmälasilinsseillä, jotka laitetaan adapteriin maskin sisälle. Adapterin käyttö ei ole kovin yleistä sen lukuisten huonojen puolien takia. Adapteri voi olla huera maskin sisällä; samoin ylimääräiset linssipinnat lisäävät heijastumia ja näin huonontavat näkemistä. Maskia on myös vaikeampi tyhjentää ja huurtuvia pintoja on enemmän. Jotta adapteri saadaan mahtumaan maskin sisälle, ovat adapteriin hiotut linssit kooltaan pienemmät kuin maskin linssit, jolloin näkökenttä pienenee. Hyvänä puolena on se, että adapterin linssihin voidaan hioa lukuisia eri voimakkuuksia. (Palumbo 2004.) Adapterin vähäisen käytön vuoksi emme käsittele sitä tämän enempää opinnäytetyössämme.

8.4 Kupolimainen HydroOptix-maski

Tavallisella suoraetupintaisella sukellusmaskilla näkökenttä pienenee ja veden alla kohteet näyttävät suuremmilta ja lähempänä olevilta kuin pinnalla. Uusin keksintö maskirintamalla on 2000-luvulla kehitetty HydroOptix Mega 4.5 DD, joka valmistajan mukaan mahdollistaa lähes normaalin näkökentän, mittasuhteet ja etäisyydet veden alla. Maskin kupolimainen linssirakenne yhdistettynä taitekertoimeltaan suurempaan veteen muodostaa kauas katsottaessa vahvan miinuslinssin. Tällöin pinnalla normaalin näöntarkkuuden saavuttavasta, ilman mitään optista korjausta tarvitsevasta henkilöstä tulee vedessä hyperooppi eli kaukotaitteinen, koska veden muodostama miinuslinssi hajottaa

valonsäteet taittumaan verkkokalvon taakse. Ei-taittovikainen eli emmetrooppi henkilö tarvitsee HydroOptixia käyttäessään pluspiilolinssit (+3,00 – +4,50 dioptriaa riippuen henkilön iästä ja akkommodaatiokyvystä), joilla saadaan valonsäteet leikkaamaan verkkokalvolle ja kumotaan veden tuottaman miinuslinssin vaikutus. Piilolinssit tarvitsee myös valmiiksi kaukotaitteinen eli hyperooppi henkilö, koska HydroOptix tekee hänestä veden alla vielä hyperooppisemman. Hyperooppi tarvitsee piilolinssit, joiden vahvuudet ovat +3,50 dioptriasta ylöspäin riippuen hyperopian määrästä. (HydroOptix 2008; Laitinen – Valtonen 2006: 26.)

Nuori -2,50 – -6,00 dioptrian likinäköinen eli myooppi, jolla on akkommodaatiolaajuutta riittävästi, ei tarvitse piilolasikorjausta lainkaan, sillä veden tuottama miinuslinssi korjaa näöntarkkuuden pintaolosuhteita vastaavaksi. Likinäköisillä sukeltajilla maskin tuottama voimakkuushaarukka kapenee ikääntymisen myötä, koska mykiön menettäessä kimmoisuuttaan akkommodaatiolaajuus pienenee ja tarkennus lähelle vaikeutuu. Noin 35-vuotiailla sukeltajilla HydroOptixin voimakkuushaarukan alaraja on -3,50 dioptriaa ja yli 40-vuotiailla -4,00 dioptriaa. HydroOptixin etupinnalle veden muodostaman miinuslinssin paksuus riippuu katsottavan kohteen etäisyydestä, jolloin tarvitaan lähelle katsottaessa vähemmän akkommodaatiota. Lähempänä olevat kohteet ovat pienemmän vesimassan takana, jolloin veden ja maskin yhdessä muodostama miinuslinssi on lähelle katsottaessa ohuempi eli dioptrioiltaan heikempi kuin kaukana sijaitsevaa kohdetta katsottaessa. Toisin sanoen mitä lähempänä katsottava kohde on, sitä enemmän miinusvoimakkuus heikkenee. Miinusvoimakkuuden heikkeneminen lähelle katsottaessa merkitsee ikänäköiselle likinäköiselle sukeltajalle sitä, että hän näkee vedessä lähelle ilman erillistä lähikorjausta. Tämä toimii siihen asti, kun hänen lähikorjaustarpeensa ei ylitä +2,00 dioptriaa. Lähikorjaustarpeen ylittäessä tämän ovat vaihtoehtoina monovisiokorjaus piilolinseillä tai monitehopiilolinssit. (HydroOptix 2008.)

HydroOptixin ongelmana on se, että pinnalla ollessa maskin voimakkuus on nolla, koska maskin ilmatilan taitekerroin on sama kuin ulkopuolella olevan ilman. Tästä syystä maskia käyttävä piilolinseillä likinäköiseksi tehty tai oikeasti likinäköinen sukeltaja ei näe tarkasti pinnalla, mikä voidaan kokea häiritsevänä tekijänä. HydroOptix on kehittänyt pinnalla toimimista varten monokkelin sekä maskiin kiinnitettävät etulinssit, joiden voimakkuus on -4,50 dioptriaa, mutta niitä on tilattavissa myös muilla voimakkuuksilla. (Ks. kuvio 8.) Sukelluksen ajaksi etulinssit kiinnitetään sukellusliiviin, ja monokkelin voi sijoittaa liivin taskuun. (HydroOptix 2008; Palumbo 2004.) Maskia on saatavana

kahta eri helmankokoa, joista nenän alapuolelta matalampi malli on tarkoitettu viiksekäille ja/tai pienikasvoisille sukeltajille (HydroOptix 2008.)



KUVIO 8. HydroOptix-maski ja etulinssit kiinnitettynä (HydroOptix 2008).

9 NÄKÖKENTÄT

Sukeltajaliiton turvaohjeen (2009) mukaan sukellukseen tulee osallistua vähintään kaksi henkilöä ja heidän on tarkkailtava jatkuvasti toisiaan. Sukeltaminen tapahtuu pääsääntöisesti pareittain tai pienissä ryhmissä, joissa ympäristön havainnoinnin ohella on tärkeää seurata sukelluspariaan tai -ryhmäänsä mahdollisten ongelmatilanteiden huomomiseksi. Kun sukelluspari ui rinnakkain, ei heidän tarvitse kääntyillä eikä käännellä päätään niin paljon tietääkseen toisen sijainnin ja voinnin. Samasta syystä heidän tulee myös säännöllisesti pitää yhteyttä käsimerkein. Mitä laajemman näkökentän sukellusmaski mahdollistaa, sitä paremmin sukeltaja on tietoinen ympäristöstään ja sukelluksen turvallisuus kasvaa. (Vikman 2007: 286 – 287; Shreeves 2001: 54, 109.)

Näkökentällä tarkoitetaan aluetta, jonka silmä samanaikaisesti näkee fiksoidessaan yhteen pisteeseen ympäristöstä. Pienetkin kohteet nähdään keskeisellä makulanäöllä, mutta perifeerisen verkkokalvon näkemällä alueella havaitaan vain isot objektit. Silmien näkökenttä on alue, joka nähdään katsottaessa suoraan eteenpäin. (Henson 1994: 1; Mustonen 2001: 339–340.)

Normaalin näkökentän perifeeriset rajat, kun reagoidaan kirkkaaseen ärsykkeeseen, ulottuvat temporaalisesti 90-100 astetta, nasaalisesti 60 astetta, ylös 50-60 astetta ja alas 70-75 astetta, ja keskikentäksi sanotaan aluetta, joka on 30 asteen sisällä. Molemmilla silmillä samanaikaisesti katseltaessa syntyy yhteiskenttä (180 astetta), jossa keskeinen 120 asteen alue on kummankin silmän näkemää aluetta, koska molemmat silmät näke-

vät noin 60 astetta yli nasaalisen linjan. Yhteiskentässä ei havaita sokeita pisteitä, koska toisen silmän nasaalin puoleinen kenttä kattaa sen alueen ja kentät sulautuvat yhdeksi näkökeskuksessa. (Henson 1994: 2; Mustonen 2001: 340.)

Mitattaessa näkökentän reuna-alueen laajuutta ilman teknisiä laitteita tutkija istuu koehenkilöä vastapäätä samalla korkeudella noin yhden metrin etäisyydellä. Koehenkilö kiinnittää katseensa tutkijan silmään. Koehenkilön fiksoidessa tutkijan silmään kuljetaan koemerkkiä kaareissa reuna-alueelta sisäänpäin noin 20-50 senttimetrin etäisyydellä koehenkilöstä. Koehenkilö ohjeistetaan ilmoittamaan, kun hän havaitsee ensimmäisen kerran koemerkin sivullaan. Tästä kohdasta mitataan näkökentän laajuus asteina. Koemerkiksi sopii esimerkiksi 10 millimetrin pituinen puikko, jossa on ympyrän muotoinen pää, mutta myös omia sormia voidaan käyttää. (Grosvenor 2007: 129; Rabbetts 2007: 163.)

Sukeltajalle välttämättömän ilmatilan silmien eteen saamiseksi on käytettävä sukellusmaskia, joka aina rajaa näkökenttää jonkin verran. Mitä vähemmän maski rajaa näkökenttää, sitä vähemmän sukeltaja joutuu kääntämään päätään ja sitä helpompi hänen on tarkkailla ympäristöään ja sukellusparinsa sijaintia. Sukellusparin näkeminen mahdollistaa kommunikoinnin ja toimimisen erilaisissa yllättävissäkin tilanteissa, joten maskin laaja näkökenttä lisää sukelluksen turvallisuutta. (HydroOptix 2008; Moisala 1994: 26.) Se, miten paljon sukellusmaski rajaa näkökenttää, riippuu maskin rakenteesta. Perinteisessä, etupinnaltaan suorassa maskissa - oli linsejä sitten yksi yhtenäinen tai kaksi erillistä - maskin etupinnan ja silmän välinen etäisyys vaikuttaa näkökenttään. Jos linssi on lähellä silmää, ohimopuolille jää vähemmän silikonireunaa. (Moisala 1993: 25–26.) Sukellettaessa kupolimaista maskia käyttäen valonsäteet kulkevat taittumatta silmiin, jolloin veden suurentava ja etäisyyttä vääristävä vaikutus vähenee. Valonsäteet läpäisevät maskin kaarevan linssin kohtisuorasti useasta eri kohdasta ja enemmän ei-taittunutta valoa pääsee suoraan kupolin keskelle sijoittuviin silmiin. Sen sijaan suoraetupintaisilla maskeilla katsottavien kohteiden koko näyttää suuremmalta ja ne näyttävät olevan lähempänä valon taittumisen vuoksi. Saman kupolimaisen rakenteen takia myöskään kokonaisuudesta ei tapahdu, koska valo pystyy etenemään pysähtymättä linssin läpi osuessaan siihen kohtisuorasti. Tämä mahdollistaa suuremman näkökentän kuin tavallisella suoraetupintaisella maskilla. (Alexander ym. 2008: 416, HydroOptix 2008.)

Vertikaaliseen näkökenttään vaikuttaa myös pantoskooppinen kulma eli kallistuskulma. Tällä tarkoitetaan sitä, että mitä suurempi kulma on, sitä enemmän näkökenttä kasvaa alaspäin. (Palumbo 2004.)

10 NÄÖNTARKKUUDET

Kuten edellä todettiin, sukeltaessa on oltava maski, jotta silmän ja veden väliin jää ilma-tila, mikä mahdollistaa näkemisen vedessä. Valon taittuminen, valon määrä, vedessä olevien partikkeleiden määrä, vuodenaika ja moni muu tekijä vaikuttavat siihen, kuinka pitkälle veden alla nähdään. Näkökykyä tarvitaan sukellukseen valmistautuessa, varusteita tarkastaessa ja pukiessa. Sukelluksen jälkeen on pystyttävä näkemään paluupaikka kuten ranta tai tukialus.

10.1 Kaukonäöntarkkuus

Kaukonäöntarkkuudella eli visuksella tarkoitetaan suurinta erotuskykyä kauas. Normaalin kaukonäöntarkkuuden rajana käytetään yleisesti hyväksyttyä standardin mukaista näöntarkkuuden määrittelyä eli visusarvoa 1.0. Tämä arvo saavutetaan, kun kaksi pistettä erottuu toisistaan yhden kulmaminuutin kulmassa, jolloin metrin etäisyydellä erillisenä erottuvien pisteiden välimatka on 0,29 millimetriä ja kuuden metrin etäisyydellä välimatka on 1,74 millimetriä. (Grosvenor 2007: 10; Korja 2008: 10.) Näöntarkkuus voidaan mitata painetuilla näöntarkkuustauluilla, joita suositellaan käytettäväksi 6 metrin etäisyydeltä. Tauluja on myös suunniteltu 4 metrin tutkimusetäisyydelle. Näöntarkkuustaulujen luotettavuus kasvaa, kun ne noudattavat Bailey-Lovie -periaatteita eli logaritmisista koon muutosta (koon vakiosuhdetta), optotyypin samaa lukumäärää joka kokoluokassa, kirjainten kokoon suhteutettua optotyypin ja rivien välistä etäisyyttä ja samanlaista luettavuutta saman kokoluokan optyypeillä. (Bailey 1998: 184.)

Vedessä ei useinkaan nähdä kauas samalla tavoin kuin lasikorjauksella pinnalla, koska vedessä vaikuttavat monet muut seikat näkemiseen kuten partikkelien määrä, valonmäärä ja valon erilainen taittuminen. (Vikman 2007: 55–57.)

10.2 Lähinäöntarkkuus

Lähinäöntarkkuus mitataan käden mitan päästä ja usein standardina pidetään 40 senttimetrin tutkimusetäisyyttä. Kun kauko- ja lähitestitaulut ovat suunnittelultaan samanlaisia, ovat näöntarkkuusarvot kauas ja lähelle vertailtavissa lähinäöntarkkuuden ollessa korjattu optisesti tai lähelle nähdään akkommodoimalla. Usein lähinäöntarkkuustaulut eivät noudata kirjaintestitaulujen suunnittelua eivätkä tutkimustulokset ole verrattavissa kaukonäöntarkkuustaulun antamiin tuloksiin. Useimmiten lähinäöntarkkuustauluissa käytetään samanlaista kirjaintyyliä kuin sanomalehdissä ja kirjoissa, ja katsottava teksti on lauseita tai sanoja. (Bailey 1990:179.)

Lähinäöntarkkuus voidaan erottaa lukunäöntarkkuuteen, jolloin tutkitaan lukutehokkuutta eikä vain pienimmän kirjaimen tai numeron erotuskykyä. Lukutehokkuus on parhaimmillaan, kun tekstikoko on kolme kertaa suurempi kuin pienin erotettu merkki. (Bailey 1990:195.)

Lähinäöntarkkuutta tarvitaan sukeltaessa mittaristojen seuraamiseen tai vaikkapa kameran näyttöä katsottaessa. Ikänäköinen sukeltaja tarvitsee korjauksen nähdäkseen lähelle. (Vikman 2007: 9.)

11 TUTKIMUSMENETELMÄT JA TOTEUTUS

Opinnäytetyömme lähestymistapa on kvalitatiivinen eli laadullinen. Kyseessä on tapaustutkimus, joka omaa myös määrällisen tutkimuksen piirteitä. Kvalitatiivista ja kvantitatiivista lähestymistapaa on käytännössä vaikea tarkkarajaisesti erottaa toisistaan eivätkä ne kumoa toisiaan vaan täydentävät. (Hirsjärvi 2000: 125.)

Käytämme tutkimuksessamme rinnakkain numeerisia arvoja antavia kokeita ja vapaaehtoista haastattelua aineistonkeruumenetelmänä. Numeerisen aineiston analyysi on laadullista ja yksityiskohtaista tarkastelua, jossa ei pyritä yleistettävyyteen, sillä kohdejoukko on tarkoituksenmukaisesti valittu ja hyvin pieni. (Hirsjärvi 2000: 155.)

11.1 Tutkimusongelma

Tutkimuksemme tavoitteena on selvittää kolmen eri-ikäisen likinäköisen sukeltajan kokemuksia kolmen eri maskin käytöstä ja tutkia allasolosuhteissa, onko näiden maskien välillä eroavaisuuksia kauko- ja lähinäöntarkkuudessa sekä horisontaalisessa ja vertikaalisessa näkökentässä. Selvitimme myös koehenkilöiden oman kokemuksen kahden erirakenteisen maskin välillä vapaamuotoisen haastattelun avulla. Ennen haastattelua koehenkilöt snorkkeloivat altaanmitan kahteen kertaan testaten kullakin snorkkelointikeralla eri maskia. Koehenkilöt tarkkailivat snorkkelointikerroilla maskien välisiä eroja.

11.2 Tutkimusjoukko

Tutkimukseemme valittiin kolme eri-ikäistä koehenkilöä, jotka ovat taittovirheiltään keskivahvoja myooppeja. Valitsimme koehenkilöiksi eri-ikäisiä, jotta näemme vaikuttaako ikänäkö HydroOptixin käyttöön. Koehenkilöiden tuli myös olla taittovirheiltään ihanteelliset HydroOptixin käyttämiselle. Kolmesta koehenkilöstä ensimmäinen on 22-vuotias, jonka silmälasivoimakkuus on sf -3,25 dioptriaa (dpt) oikeassa silmässä (od) ja sf -4,25 dpt vasemmassa silmässä (os). Toinen koehenkilö on 46-vuotias, jolla on alkavaa ikänäköä, mutta jolla ei laseissaan ole lähikorjausta eikä hän koe sitä tarvitsevansa, vaikka mitattaessa hänen lähilisänsä (add) oli +1,0 dpt. Hänen voimakkuutensa ovat od sf -4,50 dpt ja os sf -4,50 dpt. Kolmas koehenkilö on 52-vuotias ikänäköinen, jonka voimakkuudet ovat od sf -5,0 cyl -0,75 ax 95 ja os sf -5,0 cyl -1.25 ax 105, add +1,75.

Jokaisen koehenkilön näöntarkkuus tuli olla vähintään 1.0 silmälasilla. Kaikkien silmälasivahvuudet olivat ajan tasalla. Lisäksi koehenkilöiden horisontaalinen ja vertikaalinen näkökenttä tuli olla normaaliarvoinen. Haimme koehenkilöitä internetin sukellusfoorumien keskustelupalstoilta, mutta lopulta koehenkilöt valikoituivat tuttavien kautta.

11.3 Tutkittavat sukellusmaskit

Tutkimustilanteeseen valittiin kolme eri maskiratkaisua: yksitehoiset piilolinssit ja suoraetupintainen maski, yksitehovoimakkuuksiin hiottu suoraetupintainen maski ja kupolimainen HydroOptix. Ikänäköisellä koehenkilöllä käytimme piilolinssien ja maskin yhdistelmässä +1,75 dioptrian vahvuista lähilisäkalvoa, joka kiinnitettiin maskin linssin

sisäpintaan. 52-vuotiaan ikänäköisen voimakkuuksiin hiotussa maskissa oli kaksiteho-linssit, joissa oli +1,75 dioptrian lähilisiä.

Saimme Finnvuesilta voimakkuuksiin hiotut yksitehoiset sukellusmaskit kahdelle koehenkilölle. Kolmannella, 52-vuotiaalla ikänäköisellä koehenkilöllä oli oma sukellusmaski, joka oli samanmallinen kuin Finnvuesilta saadut sukellusmaskit, joten katsoimme mahdolliseksi kolmannen koehenkilön käyttää tutkimuksissa omaa maskia. Kaikilla koehenkilöillä käytettiin tutkimuksissa samaa HydroOptixia ja samaa suoraetupintaista maskia ilman voimakkuuksia.

11.4 Tutkimuspaikka ja -aika

Tutkimukset suoritettiin Tapiolan uimahallissa Espoossa vuonna 2010 huhtitoukokuussa kolmena peräkkäisenä sunnuntai-iltana sukellusseura Nousu Ry:n allasvuorojen yhteydessä. Ennen kokeita tutustuimme halliin ja harjoittelimme kokeita altaassa.

Uimahallissa oli runsaasti ikkunoita, joten luonnonvaloa oli kohtuullisesti koko ajan ja kattovalaisimet antoivat hyvän yleisvalaistuksen. Tutkimuspaikan valaistusvoimakkuusarvo oli 215 luxia, joka mitattiin tutkimusten aloittamisajankohtana klo 19.30. Tämä on riittävä yleisvalaistus sisätiloihin, joissa työskennellään jatkuvasti (Työterveyslaitos 2010.) Kaikki mittaukset suoritettiin koehenkilöille pinnalla ja veden alla. Hengittäminen tapahtui veden alla snorkkelin avulla. Vertikaalisen näkökentän mittaamiseen käytettiin paineilmalaitteita, jotta veden alla voitiin olla kokeen suorittamisen vaatima aika ja jotta pääsimme riittävän syvälle.

11.5 Aineistokeruumenetelmät

Keräsimme itse opinnäytetyömme aineiston, koska vastaavaa aineistoa kolmen eri ikäisen sukeltajan maskiratkaisuista ei ole saatavilla. Aineisto kerättiin tutkimalla koehenkilöiden horisontaalinen ja vertikaalinen näkökenttä vedessä ja pinnalla sekä näöntarkkuus kauas ja lähelle. Lisäksi koehenkilöt vertailivat kahta eri maskityyppiä pari-uinnin aikana, jonka jälkeen heitä haastateltiin lyhyesti.

11.5.1 Vertikaalisen näkökentän mittaus

Vertikaalinen näkökenttä mitattiin pinnalla uimahallin seinään kiinnitetyn asteikon avulla. (Ks. kuvio 9.) Koehenkilö asettui asteikon keskelle nollalinjalle ja kohdisti katseensa suoraan edessään olevaan tutkijaan, jolloin varmistuttiin katseen oikeasta suuntaamisesta. Toinen tutkija suoritti mittauksen tuomalla koemerkkiä ylä- ja alasuunnista, kunnes koehenkilö ilmoitti havaitsevansa koemerkin näkökentässään. Koe suoritettiin jokaisella maskityypillä kolme kertaa ja tulokset laskettiin keskiarvo mittaustuloksista.



KUVIO 9. Vertikaalisen näkökentän mittaus pinnalla.

Vedessä vertikaalinen näkökenttä mitattiin jokaisella maskityypillä samalla asteikolla kuin pinnalla. Mittaamisen aikana käytettiin paineilmalaitetta ja snorkkelia. Mitattaessa veden alla vertikaalista näkökenttää mittaväline asetettiin koehenkilön silmien tasolle 50 senttimetrin syvyyteen. Toinen tutkija varmisti, että koehenkilö katsoi suoraan silmiin tutkijaa ja toinen tutkija liikutti koemerkkiä, kunnes koehenkilö ilmaisi käsimerkillä havaitsevansa liikkeen näkökentässään. Jokaisen maskinvaihdon jälkeen asetauduttiin uudelleen tutkimuspaikalle. (Ks. kuvio 10.)



KUVIO 10. Vertikaalisen näkökentän mittaus vedessä (Kuva: Seppo Sirviö 2010).

11.5.2 Horisontaalisen näkökentän mittaus

Horisontaalinen näkökenttä mitattiin altaaseen asetetulla mitta-asteikolla. Uima-altaan pohjaan asetettiin 90 asteen suuruiseen kaareen 15 asteen välein merkit, joina toimivat osittain kelluvat pullot. Pullot kiinnitettiin narulla sukelluspainoon ennalta merkittyyn kohtaan. Asteikolla mitattiin koehenkilöiden horisontaalinen näkökenttä pinnalla ja vedessä kaikilla maskeilla. Koehenkilö asettui merkittyyn kohtaan, jossa hän oli linjassa mitta-asteikkoon nähden ja kohdisti katseensa tutkijan silmiin. Koehenkilö kuljetti koemerkkiä kädenmitan päässä sivultaan ja pysäytti merkkitikun havaitessaan sen näkökentässään. Mittaus toistettiin kolme kertaa ja tulokseksi kirjattiin keskiarvo mitatuista asteista. Veden alla koe suoritettiin noin 20 senttimetrin syvyydessä snorkkelin kautta hengittäen. (Ks. kuvio 11.)



KUVIO 11. Horisontaalisen näkökentän mittaus vedessä.

11.5.3 Kaukonäöntarkkuuden mittaus

Kaukonäöntarkkuus eli visus tutkittiin Sloanin korkeakontrastisella kirjaintestitalulla neljän metrin etäisyydeltä. Maksiminäöntarkkuus Sloanin testitalussa on visusrivi 2.0. Testitalu noudattaa Bailey-Lovie -periaatteita (Bailey 1998: 184).

Mittasimme kaukonäöntarkkuuden altaan päähän kiinnitetyllä testitalulla neljän metrin etäisyydeltä. Testitalu oli 50 senttimetrin syvyydessä. Toinen meistä oli taulun luona ja toinen koehenkilön vierellä kokeen suorittamisen ajan. Vedessä kommunikointiin ennalta sovittujen käsimerkkien avulla, mitä riviä katsotaan, ja koehenkilö kirjoitti pienimmän

näkemänsä kirjainrivin kirjoituslustalle. (Ks. kuvio 12.) Pinnalla koe suoritettiin normaaliin tapaan, eli koehenkilö luetteli pienimmän näkemänsä kirjaimen.



KUVIO 12. Kaukonäöntarkkuuden mittaus vedessä (Kuva: Seppo Sirviö 2010).

11.5.4 Lähinäöntarkkuuden mittaus

Lähinäöntarkkuus mitattiin Lea Numbers -testitaululla 40 cm:n etäisyydeltä. Testitauluun kiinnitettiin mittanaru oikean etäisyyden saamiseksi; toinen meistä mittasi etäisyyden kokeen aloittamisen yhteydessä. Kirjasimme ylös koehenkilön maskeilla saavuttamat maksimilähinäöntarkkuudet pinnalla ja veden alla. Vedessä koehenkilö kirjoitti kirjoituslustalle pienimmän näkemänsä visusrivin. (Ks. kuvio 13.)



KUVIO 13. Lähinäöntarkkuuden mittaus vedessä (Kuva: Seppo Sirviö 2010).

11.5.5 Pariuinti

Pariuinti suoritettiin snorkkeloiden kahdella eri maskityypillä: suoraetupintaisella maskilla ja kupolimaisella HydroOptixilla. Toinen meistä snorkkeloi koehenkilön vierellä. Uinnin aikana koehenkilöä pyydettiin tarkkailemaan kohteiden kokoa ja etäisyyttä. Koehenkilön tuli myös kiinnittää huomiota näkökentän mahdolliseen kokoeroon. Altaan toisessa päässä vaihdettiin toinen maski ja koe toistettiin. Koehenkilö kertoi vapaamuotoisesti millaiseksi koki näkemisen molemmilla maskeilla. (Ks. kuvio 14.)



KUVIO 14. Pariuinti (Kuva: Seppo Sirviö 2010).

11.6 Luotettavuus ja pätevyys

Tutkimuksessa pyritään välttämään virheiden syntymistä, mutta tulosten luotettavuus ja pätevyys vaihtelevat. Kaikissa tutkimuksissa pyritään arvioimaan tehdyn tutkimuksen luotettavuutta. (Hirsjärvi 2000: 213.)

Tutkimuksen luotettavuus tarkoittaa mittaustulosten toistettavuutta eli tutkimuksen ja mittauksien kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. (Hirsjärvi 2000: 213.) Opinnäytetyömme näkökenttiä mittaavat kokeet suoritettiin kolme kertaa ja tuloksista laskettiin keskiarvo.

Käsite 'pätevyys' tarkoittaa mittarin tai tutkimusmenetelmän kykyä mitata juuri sitä, mitä on tarkoituskin mitata. 'Pätevyys' merkitsee myös kuvauksen ja siihen liitettyjen

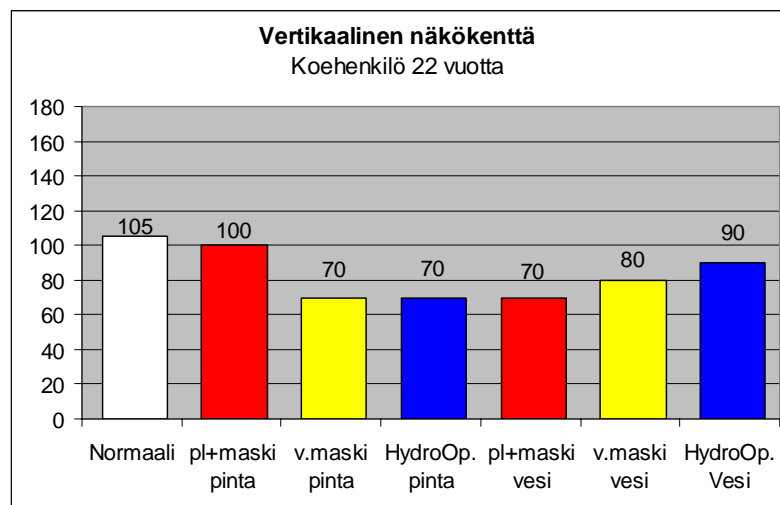
selitysten ja tulkintojen yhteensopivuutta. Henkilöiden, paikkojen ja tapahtumien kuvaukset ovat ydinasia laadullisessa tutkimuksessa. (Hirsjärvi 2000: 214.)

Tutkimuksen pätevyyttä voidaan tarkentaa käyttämällä tutkimuksessa useita tutkimusmenetelmiä. Tutkittavaa asiaa voidaan lähestyä erilaisilla menetelmillä, jolloin saman ongelman ratkaisemiseksi kerätään aineistoa yhdistämällä laadullisen ja määrällisen tutkimuksen metodeja. (Hirsjärvi 2000: 214.) Opinnäytetyössämme tutkittiin koehenkilöiden näkökentän laajuus ja näöntarkkuus, joista saatiin numeerisia arvoja tuloksiksi. Koehenkilön oma kokemus tutkittiin vapaamuotoisen haastattelun avulla.

12 TUTKIMUSTULOKSET

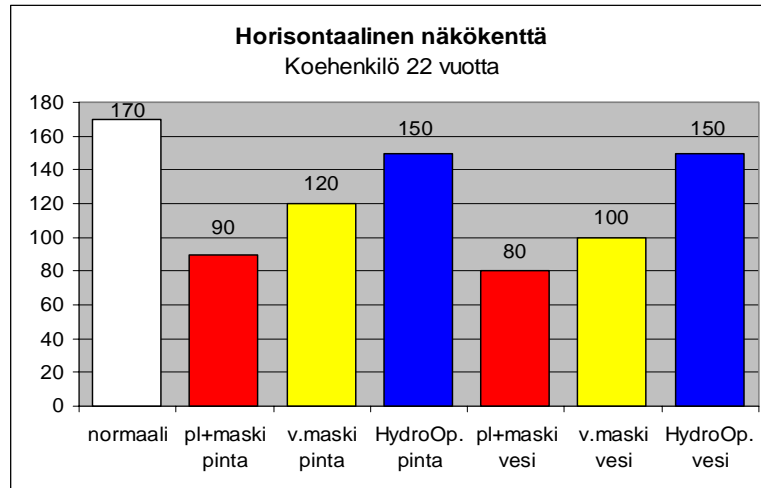
12.1 Koehenkilö 22 vuotta

22-vuotiaalla koehenkilöllä normaali vertikaalinen näkökenttä ilman sukellusmaskia on 105 astetta. Pinnalla suurimman vertikaalisen näkökentän, 100 astetta, antoi piilolinssit-maskiyhdistelmä, kun taas voimakkuuksiin hiottu maski ja HydroOptix antoivat 70 asteen näkökentät. Vedessä suurimman vertikaalisen näkökentän, 90 astetta, antoi HydroOptix. Toiseksi suurin vertikaalinen näkökenttä, 80 astetta, saavutettiin voimakkuuksiin hiotulla maskilla, ja piilolinssit-maskiyhdistelmällä näkökenttä oli 70 astetta. (Ks. kuvio 15.)



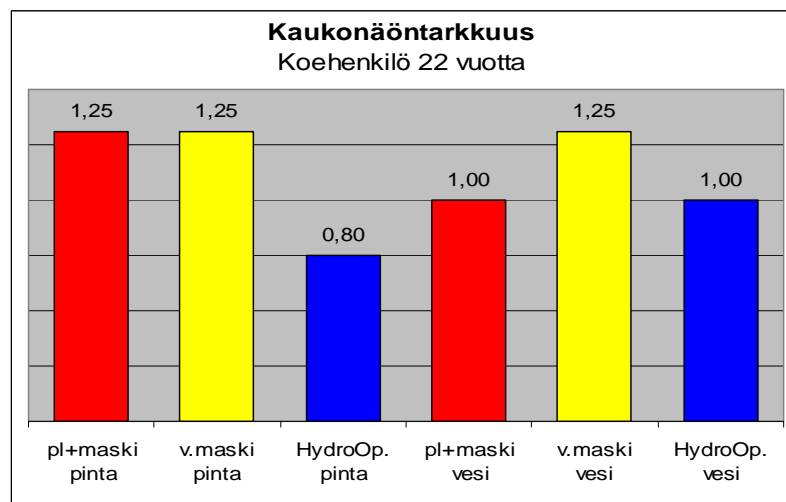
KUVIO 15. Vertikaalinen näkökenttä.

22-vuotiaalla koehenkilöllä normaali horisontaalinen näkökenttä on 170 astetta. Pinnalla suurimman horisontaalisen näkökentän, 150 astetta, antoi HydroOptix. Voimakkuuksiin hiottu maski oli toiseksi paras, 120 astetta. Piilolinssit-maskiyhdistelmällä tulokseksi tuli 90 astetta. Vedessä suurimman horisontaalisen näkökentän, 150 astetta, antoi HydroOptix. Toiseksi suurin horisontaalinen näkökenttä, 100 astetta, saavutettiin voimakkuuksiin hiotulla maskilla. Piilolinssit-maskiyhdistelmällä horisontaalinen näkökenttä oli pienin, 80 astetta. (Ks. Kuvio 16.)



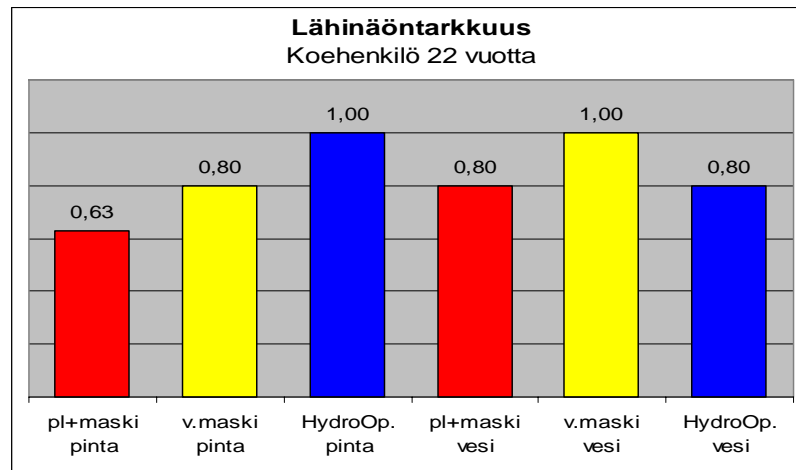
KUVIO 16. Horisontaalinen näkökenttä.

Parhaan kaukonäöntarkkuuden (1.25) 22-vuotias koehenkilö sai pinnalla piilolinssit-maskiyhdistelmällä ja voimakkuuksiin hiotulla maskilla. HydroOptixilla kaukonäöntarkkuus etulinssillä oli 0.8. Vedessä paras kaukonäöntarkkuus (1.25) saavutettiin voimakkuuksiin hiotulla maskilla. Piilolinssit-maskiyhdistelmällä ja HydroOptixilla kaukonäöntarkkuus oli 1.0. (Ks. kuvio 17.)



KUVIO 17. Kaukonäöntarkkuus.

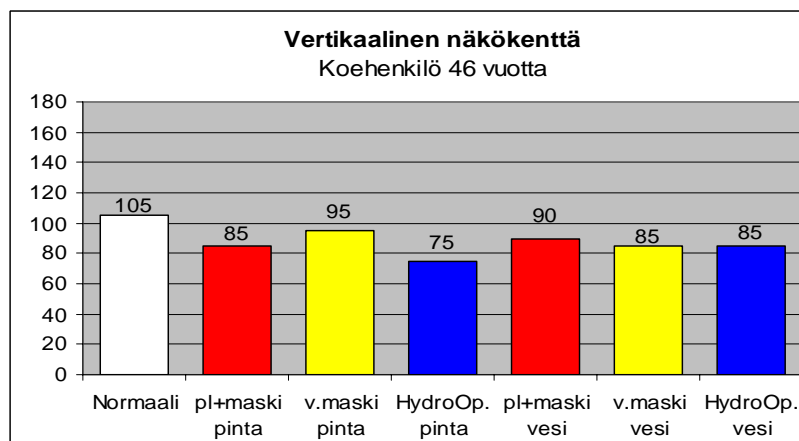
Paras lähinäöntarkkuus (1.0) 22-vuotiaalla koehenkilöllä saavutettiin pinnalla HydroOptixilla. Seuraavaksi parhaan tuloksen (0.8) koehenkilö sai voimakkuuksiin hiotulla maskilla. Piilolinssit-maskiyhdistelmällä lähinäöntarkkuus oli 0.63. Vedessä paras lähinäöntarkkuusarvo (1.0) saavutettiin voimakkuuksiin hiotulla maskilla. Piilolinssit-maskiyhdistelmällä ja HydroOptixilla vastaava arvo oli 0.8. (Ks. kuvio 18.)



KUVIO 18. Lähinäöntarkkuus.

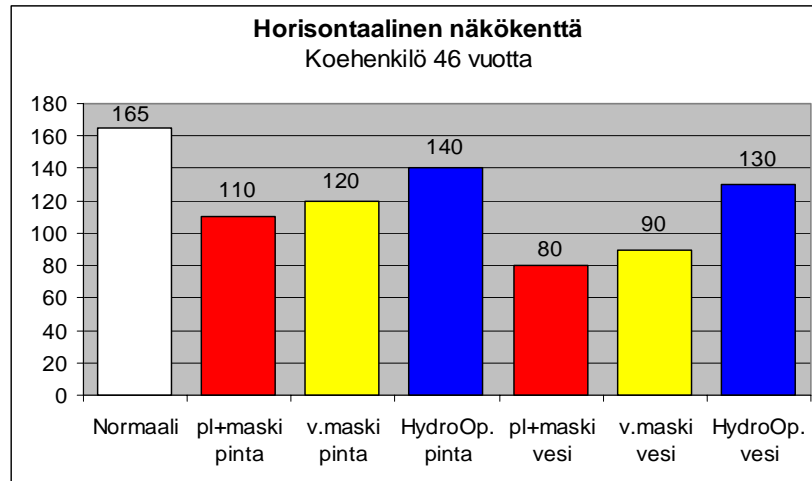
12.2 Koehenkilö 46 vuotta

46-vuotiaalla koehenkilöllä normaali vertikaalinen näkökenttä ilman sukellusmaskia on 105 astetta. Pinnalla suurimman vertikaalisen näkökentän, 95 astetta, antoi voimakkuuksiin hiottu maski, kun taas piilolinssit-maskiyhdistelmällä näkökenttä oli 85 astetta ja HydroOptix-maskilla 75 astetta. Vedessä suurimman vertikaalisen näkökentän, 90 astetta, antoi piilolinssit-maskiyhdistelmä. Voimakkuuksiin hiotulla maskilla ja HydroOptixilla saavutettiin yhtä suuret arvot, 85 astetta. (Ks. kuvio 19.)



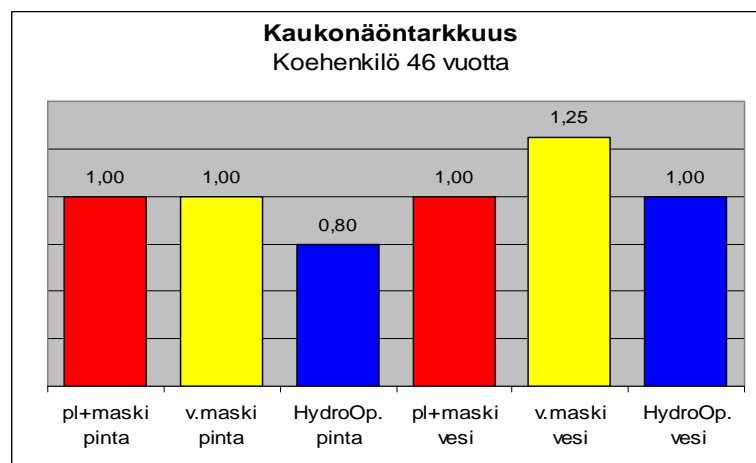
KUVIO 19. Vertikaalinen näkökenttä.

46-vuotiaalla koehenkilöllä normaali horisontaalinen näkökenttä on 165 astetta. Pinnalla suurimman horisontaalisen näkökentän, 140 astetta, antoi HydroOptix. Toiseksi suurimman näkökentän antoi voimakkuuksiin hiottu maski, 120 astetta. Piilolinssit-maskiyhdistelmällä tulokseksi tuli 110 astetta. Vedessä suurimman horisontaalisen näkökentän, 130 astetta, antoi HydroOptix. Toiseksi suurin horisontaalinen näkökenttä, 90 astetta, saavutettiin voimakkuuksiin hiotulla maskilla. Piilolinssit-maskiyhdistelmällä horisontaalinen näkökenttä oli pienin, 80 astetta. (Ks. Kuvio 20.)



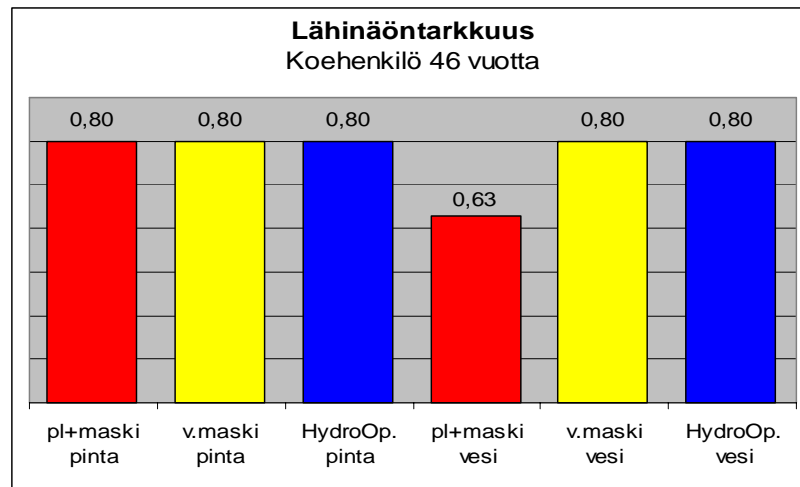
KUVIO 20. Horisontaalinen näkökenttä.

Parhaan kaukonäöntarkkuuden (1.0) 46-vuotias koehenkilö sai pinnalla piilolinssit-maskiyhdistelmällä ja voimakkuuksiin hiotulla maskilla. HydroOptixilla kaukonäöntarkkuus etulinssillä oli 0.8. Vedessä paras kaukonäöntarkkuus (1.25) saavutettiin voimakkuuksiin hiotulla maskilla. Piilolinssit-maskiyhdistelmällä ja HydroOptixilla kaukonäöntarkkuus oli 1.0. (Ks. kuvio 21.)



Kuvio 21. Kaukonäöntarkkuus.

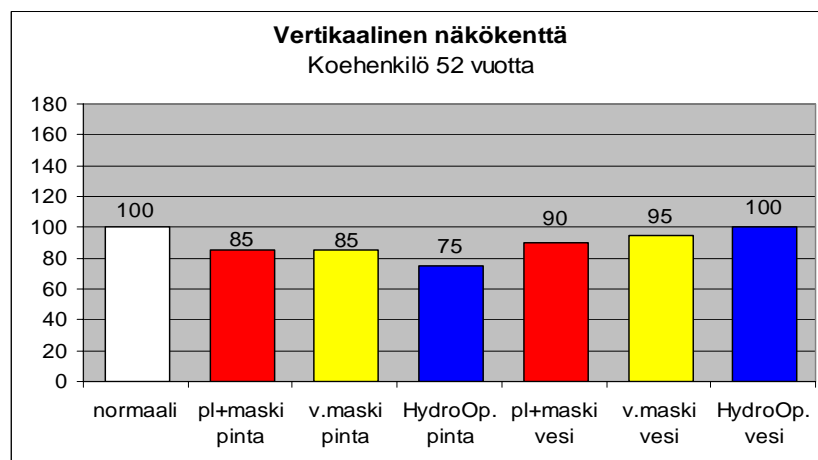
46-vuotias koehenkilö sai pinnalla kaikilla maskeilla lähinäön tarkkuudeksi 0.8. Vedessä paras lähinäöntarkkuusarvo 0.8 saavutettiin voimakkuuksiin hiotulla maskilla ja HydroOptixilla. Piilolinssit-maskiyhdistelmällä arvo oli 0.63. (Ks. kuvio 22.)



KUVIO 22. Lähinäöntarkkuus.

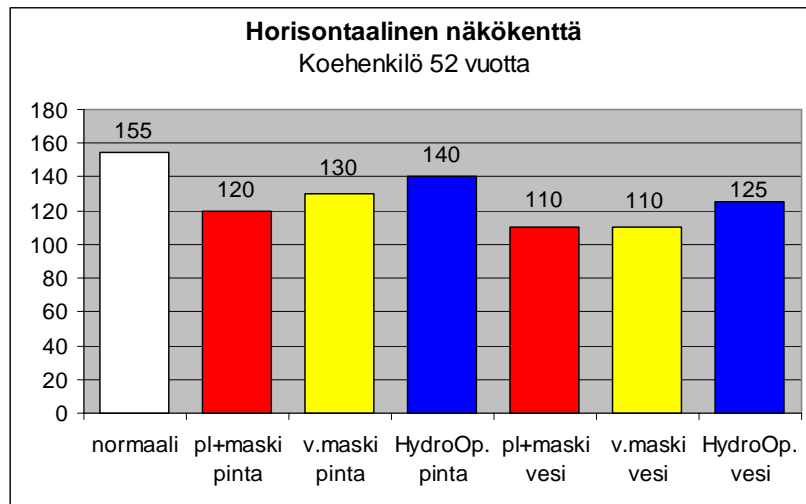
12.3 Koehenkilö 52 vuotta

52-vuotiaalla koehenkilöllä normaali vertikaalinen näkökenttä ilman sukellusmaskia on 100 astetta. Pinnalla suurimman vertikaalisen näkökentän, 85 astetta, antoivat piilolinssit-maskiyhdistelmä sekä voimakkuuksiin hiottu maski, kun taas HydroOptix -maskilla arvo oli 75 astetta. Vedessä suurimman vertikaalisen näkökentän, 100 astetta, antoi HydroOptix. Voimakkuuksiin hiotulla maskilla arvo oli 95 astetta ja piilolinssit-maskiyhdistelmällä vastaava arvo oli 90 astetta. (Ks. kuvio 23.)



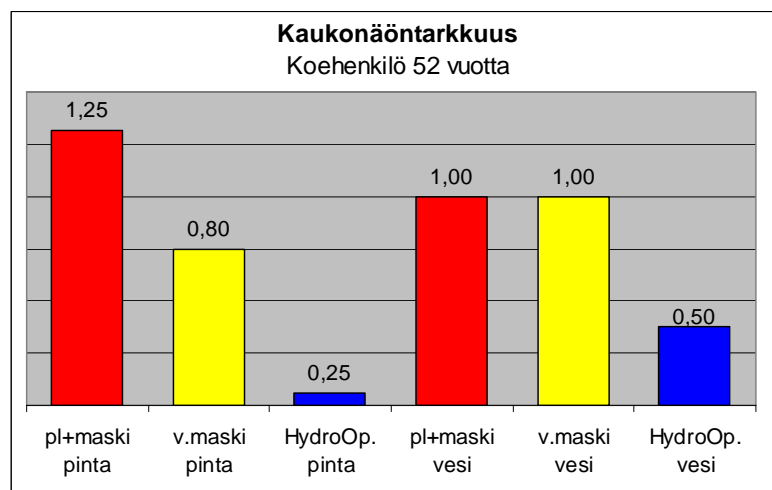
KUVIO 23. Vertikaalinen näkökenttä.

52-vuotiaalla koehenkilöllä normaali horisontaalinen näkökenttä on 155 astetta. Pinnalla suurimman horisontaalisen näkökentän, 140 astetta, antoi HydroOptix. Toiseksi suurimman näkökentän antoi voimakkuuksiin hiottu maski: 130 astetta. Piilolinssit-maskiyhdistelmällä tulokseksi tuli 120 astetta. Vedessä suurimman horisontaalisen näkökentän, 125 astetta, antoi HydroOptix. Toiseksi suurin horisontaalinen näkökenttä, 110 astetta, saavutettiin voimakkuuksiin hiotulla maskilla ja piilolinssit-maskiyhdistelmällä. (Ks. Kuvio 24.)



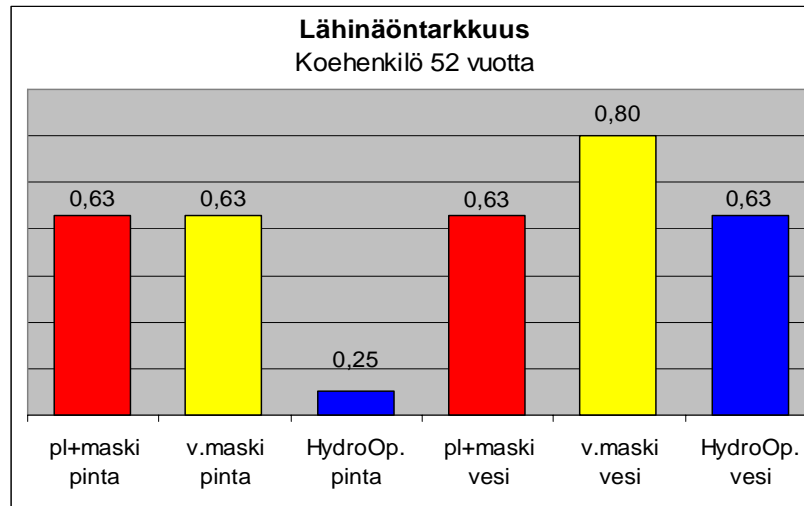
KUVIO 24. Horisontaalinen näkökenttä.

Parhaan kaukonäöntarkkuuden (1.25) 52-vuotias koehenkilö sai pinnalla piilolinssit-maskiyhdistelmällä. Voimakkuuksiin hiotulla maskilla hän sai näöntarkkuusarvoksi 0.8. HydroOptixilla kaukonäöntarkkuus etulinseillä oli 0.25. Vedessä paras kaukonäöntarkkuus (1.0) oli voimakkuuksiin hiotulla maskilla ja piilolinssit-maskiyhdistelmällä. HydroOptixilla kaukonäöntarkkuus vedessä oli 0.5. (Ks. kuvio 25.)



KUVIO 25. Kaukonäöntarkkuus.

52-vuotias koehenkilö sai pinnalla piilolinssit-maskiyhdistelmällä sekä voimakkuuksiin hiotulla maskilla lähinäöntarkkuudeksi 0.63. HydroOptixilla vastaava arvo oli 0.25. Vedessä paras lähinäöntarkkuusarvo 0.8 saavutettiin voimakkuuksiin hiotulla maskilla. Piilolinssit-maskiyhdistelmällä ja HydroOptixilla arvo oli 0.63. (Ks. kuvio 26.)



KUVIO 26. Lähinäöntarkkuus.

13 TULOSTEN TULKINTA

Opinnäytetyömme tarkoitus oli tutkia, onko eri sukellusmaskeilla eroa likinäköisen sukeltajan näkemisessä pinnalla ja vedessä. Lisäksi selvitimme, kokivatko koehenkilöt itse eroa eri maskityyppien välillä. Tulosten antamien numeeristen arvojen perusteella sekä koehenkilöiden subjektiivisten kokemusten avulla tulkitsimme, onko maskien välillä eroja ja ovatko erot selitettävissä olosuhteista johtuvista tekijöistä vai maskityypistä.

Valmistauduttaessa sukellukseen maski laitetaan kasvoille vasta viimeisenä muiden välineiden pukemisen jälkeen. Sukelluksen päätyttyä maski on usein ensimmäinen varuste, joka otetaan pois. Maskien ominaisuudet ja niistä varsinkin näkökentän laajuus ovat oleellisempia veden alla kuin pinnalla. Tästä syystä tarkastelemme pääasiallisesti koehenkilöiden vedessä saamia tuloksia. Jos pintamittauksissa tuli selkeästi muista arvoista poikkeava tulos, olemme pohtineet siihen vaikuttavia tekijöitä.

Kokeissa saadut näöntarkkuuden numeraaliset arvot maskien välillä eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska maskin sisäpinnalla on jonkin verran vesipisaroita sekä hauraa,

mikä häiritsee näkemistä. Käytännössä tämä tarkoitti riviä alemmaa näöntarkkuutta. Sukellettaessa näkeminen ei ole visusrivien eli pienimmän mahdollisen mustavalkoisen yksityiskohdan tarkastelua kirkkaissa olosuhteissa, vaan vaihtelevissa ympäristöissä ja olosuhteissa tapahtuvaa havainnointia.

13.1 22-vuotiaan koehenkilön tulosten tulkinta

Kokeissa selvisi, että 22-vuotiaan koehenkilön laajimman (HydroOptix) ja kapeimman (piilolinssit-maskiyhdistelmä) vertikaalisen näkökentän välinen ero oli vedessä 20 astetta. Horisontaalisen näkökentän leveimmän (HydroOptix) ja kapeimman (piilolinssit-maskiyhdistelmä) välinen ero oli suurempi, 70 astetta. Nämä erot olivat merkittäviä näkemisen kannalta.

Erinomaisen kauko- ja lähinäöntarkkuuden koehenkilö saavutti voimakkuuksiin hiotulla maskilla, mutta hyvän näöntarkkuuden hän sai myös kahdella muulla maskilla. Käytännössä tällä erolla ei ole suurta merkitystä veden alla.

Pariuinnin aikana koehenkilön mielestä hänen ei tarvinnut kääntää päätään niin paljon kupolimaisella kuin suoraetupintaisella maskilla nähdäkseen sivuille. Suoraetupintaisella maskilla hän koki tarkkailemansa kohteet (rannekello, altaan päätyseinä) suurentuneina ja lähempänä olevina, kun taas HydroOptixilla nämä olivat todellisemman kokoisia.

Pintaolosuhteissa kaukonäöntarkkuus HydroOptixilla jäi normaalia alemmaksi, mikä saattaa johtua maskin huurtumisesta tai maskin ja etulinssien muodostamasta kuvan laatua huonontavasta kahdesta linssikerroksesta.

Tutkimustulosten ja koehenkilön oman kokemuksen perusteella toimivin maski sukeltaessa oli HydroOptix.

13.2 46-vuotiaan koehenkilön tulosten tulkinta

Vertikaalisen näkökentän osalta 46-vuotiaan koehenkilön tuloksissa oli vähän eroavaisuuksia maskien välillä. Ero pienimmän ja suurimman arvon välillä oli viisi astetta, mi-

kä ei käytännössä nosta mitään maskeista selkeästi toista paremmaksi. Merkittävä ero sen sijaan oli horisontaalisessa näkökentässä, jossa ero suurimman (HydroOptix) ja pienimmän (piilolinssit-maskiyhdistelmä) maskin välillä oli 50 astetta.

Erinomaisen kauko- ja lähinäöntarkkuuden koehenkilö saavutti voimakkuuksiin hiotulla maskilla, mutta hyvän näöntarkkuuden hän sai myös kahdella muulla maskilla. Käytännössä tällä erolla ei ole suurta merkitystä veden alla.

Pariuinnin aikana koehenkilö koki HydroOptixin selvästi parempana vaihtoehtona muihin maskeihin verrattuna. Hän näki mielestään laajemmin sivuilleen. Kohteet näyttivät HydroOptixilla luonnollisen kokoisilta, kun taas suoraetupintaisella maskilla hän koki näkevänsä kohteet suurempina ja näkökentän kapeampana.

HydroOptixilla saatuun heikompaan pintakaukonäöntarkkuuteen vaikuttanee maskin mukana tulevien erillisten etulinssien etäisyys silmästä eli pintaväli. Etulinssit ovat kaarevan maskin ulkopinnalla, joten miinusvoimakkuuden vaikutus on heikompi kuin -4,50 dpt, jonka koehenkilö tarvitsee nähdäkseen kauas tarkasti. Pinnalla lähinäöntarkkuuteen etulinssien sijainti taas vaikuttaa positiivisesti, koska miedommalla miinuksella alkava ikänäköinen näkee lähelle tarkemmin.

Tutkimustulosten ja koehenkilön kokeman perusteella paras maski sukeltaessa oli HydroOptix.

13.3 52-vuotiaan koehenkilön tulosten tulkinta

Tutkimustulosten perusteella 52-vuotias koehenkilö sai vedessä laajimman vertikaalisen näkökentän HydroOptixilla ja eroa kahteen muuhun maskiin oli noin 10 astetta. Näkemisen kannalta ero ei ole merkittävä. Suurimman horisontaalisen näkökentän koehenkilö saavutti HydroOptixilla, mutta eroa kahteen muuhun maskiin oli 15 astetta, millä ei sukeltaessa ole kovin suurta merkitystä.

Normaalin kaukonäöntarkkuuden vedessä koehenkilö saavutti piilolinssit-maskiyhdistelmällä sekä voimakkuuksiin hiotulla maskilla. HydroOptixilla sen sijaan kaukonäöntarkkuus oli 0.5, joka oli selkeästi alhaisempi tulos kuin muilla maskeilla, joten näkemisen kannalta ero on merkittävä. Syynä alhaiseen näöntarkkuuteen oli to-

dennäköisesti maskin huono istuvuus koehenkilön kasvoilla, jolloin maskin sisälle pääsi jatkuvasti vettä. HydroOptixia on saatavilla kahta eri reunakokoa, korkea ja matala, joista matala on suunniteltu viiksekkäälle ja/tai pienikasvoiselle sukeltajalle. Tutkimuskäytössä meillä oli korkeaa reunakokoa oleva maski, joka ei istunut parhaalla mahdollisella tavalla tutkimuksemme viiksekkäälle koehenkilölle. Maski myös huurtui jatkuvasti. Lähinäöntarkkuudet vedessä olivat hyvät kaikilla maskeilla; ero maskien välillä oli enimmillään yksi näöntarkkuusrivi.

Pariuinnin aikana koehenkilöllä oli vaikeuksia keskittyä ympäristöön ja parin tarkkailuun testattaessa HydroOptixia, koska maski huurtui ja täyttyi vedellä jatkuvasti. Käyttäessään suoraetupintaista maskia näitä ongelmia ei ilmennyt. Koehenkilö ei huomannut mitään eroa maskien välillä, mutta piti suoraetupintaista maskia miellyttävänä.

52-vuotiaan koehenkilön pintakaukonäöntarkkuus jäi alhaiseksi HydroOptix-maskilla, koska etulinssit olivat miedot kaukokatseluun ja hajataitteisuus oli korjaamatta. Etulinssit ovat tilattavissa omilla voimakkuuksilla, mutta meillä oli käytettävissä vakiona HydroOptixin mukana tulevat etulinssit, joiden voimakkuus oli -4.50 dioptriaa. Myös pinnalla koehenkilön lähinäöntarkkuus oli alhainen verrattuna muihin maskeihin. Alhainen lähinäöntarkkuus pinnalla johtuu etulinssien liiallisesta miinusvoimakkuudesta lähikatseluun, kun otetaan huomioon koehenkilömme lähikorjaustarve. Koehenkilömme tarvitsee lähelle +1,75 dioptrian lähilisän ja HydroOptixin etulinssien laskennallinen lähilisä jää liian alhaiseksi, joten lähelle näkeminen oli epäselvää.

Koehenkilön kokemuksen perusteella suoraetupintainen maski voimakkuuksilla ja piilolinssillä oli paras vaihtoehto. Tutkimuksen numeeristen arvojen perusteella mikään maskivaihtoehto ei noussut muita paremmaksi. HydroOptixin malli oli epäsopeva ja epämiellyttävä käyttää. HydroOptixilla saavutettiin tutkimuksissa laajemmat näkökentät kuin muilla maskeilla, mutta olisi mielenkiintoista tietää, olisiko kaukonäöntarkkuus ollut parempi oikean kokoisella, viiksekkäälle sukeltajalle mitoitettulla HydroOptixilla.

13.4 Yhteenveto

Kokeiden perusteella voidaan todeta, että maskien välillä ei ole suuria eroja; ainoastaan horisontaalinen näkökenttä HydroOptixilla vedessä oli selkeästi muita maskeja laajempi. Myös vertikaalinen näkökenttä vedessä oli HydroOptixilla laajempi, mutta erot mas-

kien välillä eivät olleet suuria. Laajemman näkökentän avulla sukeltaja havaitsee ympäristöään paremmin ja helpommin, koska hänen ei tarvitse käännellä päätään niin paljon, mikä lisää sukeltamisen miellyttävyyttä ja on samalla turvallisuustekijä.

Tutkimusolosuhteissa korkeimmat kaukonäöntarkkuusarvot vedessä saavutettiin voimakkuuksiin hiotulla maskilla mutta myös muiden maskien arvot olivat hyviä. Vanhimman koehenkilön HydroOptixilla saama alhainen kaukonäöntarkkuusarvo johtuu todennäköisesti siitä, että maski täyttyi jatkuvasti vedellä ja huurtui. Kaikkien koehenkilöiden - myös ikänäköisten - lähinäöntarkkuus oli jokaisella maskilla hyvä,.

14 POHDINTA

Opinnäytetyössämme oli tarkoitus tutkia näkemistä veden alla ja mitä näönkorjauskaisuja likinäköiselle sukeltajalle on. Samalla tutkimme vesiolosuhteissa, onko näiden vaihtoehtojen välillä näöntarkkuudessa ja näkökentässä eroja.

Finnvuesilta saadut voimakkuuksiin hiotut maskit tilattiin koehenkilöiden silmälasivahvuuksien mukaan. Pintavälimuutosta ei huomioitu voimakkuudessa, koska voimakkuusvaikutuksen merkitys on pieni vesiolosuhteissa. Vedessä näkemiseen vaikuttavat valon taittumisesta johtuvat tekijät eikä näkeminen ole kirkkaissakaan olosuhteissa yhtä hienojakoista ja tarkkaa kuin pinnalla. Vedessä on aina partikkeleita, jotka heikentävät näkemistä. Myös valon määrä on pienempi.

Kolmella maskilla saatiin tuloksiin eroavaisuuksia, mutta kuinka pieniä erot todellisuudessa olivat, on vaikea arvioida, koska vesi elementtinä teki kokeiden toistettavuudesta haastavaa. Koehenkilön ja tutkijan oli asettauduttava jokaisen maskinvaihdon yhteydessä uudelleen tutkimuspaikalle, mikä saattoi aiheuttaa virhemarginaalia mittauksissa. Lisäksi vedessä paikallaan pysyminen oli hankalaa. Myös tutkimusmerkkien liikkuminen veden mukana lisäsi mittaamisen haastetta. Näistä seikoista johtuen varsinkin vertikaalisen näkökentän mittaaminen osoittautui haasteelliseksi ja saaduissa tuloksissa on epä johdonmukaista vaihtelevuutta. Jos tekisimme tutkimuksen uudelleen, rakentaisimme koetilanteen niin, että sukeltaja pysyisi varmemmin paikallaan. Myös sukeltajan pään asento ja mitta-asteikko olisi paremmin kontrolloitu.

Näöntarkkuuserot olivat maskien välillä yhden visusrivin verran. On vaikea arvioida, johtuuko ero maskityypistä vai maskin sisäpinnalla olleesta hauruudesta tai vesipisaroista.

Tutkimme lähinäön pinnalla ja vedessä lähinäkötestitululla, jolla saimme selville pienimmän nähdyn optotyypin. Olisimme voineet tutkia lähinäkemisen käytännönläheisemmin käyttäen esimerkiksi sukelluslaitteen mittaristoa osoittamaan, onko lähinäkö riittävä sukelluksen tarpeisiin. Valitsemallamme menetelmällä saimme kuitenkin numeraalisia näöntarkkuusarvoja, joita pystyimme vertailemaan.

Työssämme olemme antaneet enemmän painoarvoa vedenalaisille tuloksille, koska veden alla vietetty aika maski kasvoilla on pidempi. Pinnalla maski voi tuntua kömpelöltä, eikä mikään maski ole kasvoilla miellyttävä pinnalla käytettäväksi, koska se on hioitava ja helposti huurtuva.

HydroOptixilla saavutettu laajempi näkökenttä tuo todellista hyötyä sukeltajalle. Huomioitavaa on se, että pintaolosuhteissa likinäköinen tarvitsee kaukonäönkorjauksen nähdäkseen terävästi ja HydroOptixissa ei ole pinnalla voimakkuutta ilman erikseen kiinnitettäviä etulinsssejä. Etulinssit saattavat erillisenä osana maskin päällä tuntua hankalilta, mutta ilman niitä kaukonäkeminen on sumeaa. Toisaalta taas likinäköinen on tottunut näkemään sumeasti ilman laseja riippuen likinäön määrästä, ja onkin yksilöllistä, kuinka häiritsevänä hän sen kokee. Piilolinssit-maskiyhdistelmällä ei saavutettu suurempaa näkökenttää, mutta pintaolosuhteissa maskia ei tarvitse pitää kasvoilla, koska likinäkö on piilolinssillä korjattu. Piilolinssien käyttö ei sovellu kaikille, jolloin maskivaihtoehtoiksi jäävät voimakkuuksiin hiottu maski tai HydroOptix, joita molempia on pidettävä kasvoilla nähdäkseen tarkasti pinnalla.

Miten paljon sukeltaja osaa kaivata laajempaa näkökenttää ja todenmukaisempia mittasuhteita? HydroOptixin käyttäjä todennäköisesti kokisi menettävänsä maskin edut, jos maski vaihdettaisiin perinteiseksi suoraetupintaiseksi. Suoraetupintaisella maskilla sukeltava on sen sijaan tottunut näkemiinsä mittasuhteisiin ja hänelle normaaliin näkökenttään, niin ettei osaa kaivata muuta.

Tutkimuksemme perusteella voidaan todeta, että sukeltaessa näöntarkkuus ei ole maskista riippuvainen, mutta näkökentän laajuus on. Tämä on merkittävä turvallisuustekijä ja onhan visuaalinen havainnointi samalla myös iso osa harrastuksen viehätystä.

14.1 Jatkotutkimusehdotus

Jatkotutkimuksena ehdotamme tutkimusta sukellusmaskeista suuremmalla koehenkilömäärällä, jotta saataisiin tuloksiin tilastollista merkittävyyttä. Tutkimusjoukko koostuisi satunnaisotoksella valituista koehenkilöistä ilman näkövaatimuksia. Tutkimustilanne jaettaisiin kahteen osaan, määrällinen osuus suoritettaisiin allasolosuhteissa ja laadullinen osuus luonnonvesissä. Lisäksi kaukonäöntarkkuutta tutkittaisiin vedessä eri etäisyyksiltä, jotta selviäisi onko sillä vaikutusta näöntarkkuuteen.

LÄHTEET

- Alexander, Lesley – Averill, Harry – Brylske, Alex – Kinsella, John – Lewis, John – Shreeves, Karl – Seaborn, Charles – Yakzan, Riad 2008: The Encyclopedia of Recreational Diving. PADI. USA
- Apunen, Antti – Suhonen, Janne 2009: Sukellus pimeyteen – Tutkimusmatka Budapestin alla. Helsinki: Tammi.
- Bailey, Ian 1998: Visual Acuity. Teoksessa Borish's Clinical Refraction. USA: W.B. Saunders Company. 179–202
- Bove, Alfred A. 2009: Barotrauma. Verkkodokumentti
<<http://www.merck.com/mmpe/sec21/ch323/ch323b.html>>. Luettu 22.2.2010
- Butler, Frank K. 1995: Diving and hyperbaric ophthalmology. Verkkodokumentti
<http://www.offendu.com/references/diving_and_hyperbaric_ophthalmology.pdf>. Luettu 8.2.2010
- Chou, Brian – Legerton, Jerome A. – Schwiegerling, Jim 2007. Contact Lens Spectrum 2007. Improving Underwater Vision. Verkkodokumentti.
<<http://www.clspectrum.com/article.aspx?article=100720>>. Luettu 12.2.2010
- Ciuffreda, Kenneth J. 1998: Accommodation, The Pupil, and Presbyopia. Teoksessa Borish's Clinical Refraction. USA: W.B. Saunders Company. 77–120
- Deep Ocean 2010: Verkkodokumentti.
<<http://deepocean.net/deepocean/>>. Luettu 26.6.2010
- Grosvenor, Theodore 2007: Primary Care Optometry. 5th edition. China. Butterworth-Heinemann.
- Hatakka, Jukka – Saari, Heikki – Sirviö, Jarmo – Viiri, Jouni – Yrjänäinen, Sari 2007: Physica 3 Aallot. Helsinki: WSOY.

Hecht, Eugene 1998: Optics. Third edition. USA: Addison Wesley London, Inc.

Henson, David B. 1998: Visual fields. Oxford: Oxford University Press

Hirsjärvi, Sirkka – Remes, Pirkko – Sajavaara, Paula 2000: Tutki ja kirjoita. 6. uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Horner, Douglas G. – Salmon, Thomas O. – Soni, P. Sarita 1998: Corneal Topography. Teoksessa Borish's Clinical Refraction. USA: W.B. Saunders Company. 524–558

Kansallinen liikuntatutkimus 2010: Liikuntatutkimus 2009-2010. Verkkodokumentti. <http://www.slu.fi/@Bin/2743689/Liikuntatutkimus_aikuisliikunta_2009-2010.pdf>. Luettu 1.9.2010

Kivelä, Tero 2001: Silmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Saari, K. M.(toim.): Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Kandidaattikustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus. 12–35.

Korja, Taru 2008: Silmälasien määrääminen. Helsinki: Taru Korja.

Laitinen, Raimo – Valtonen, Jarmo 2006: Veden alle. Optometria 3

Lawrence, Martin 1997: A Brief History of Diving, From Antiquity to the Present. Verkkodokumentti. <<http://www.lakesidepress.com/pulmonary/books/scuba/sectiona.htm>>. Luettu 8.8.2010

Lens, Al 2006: Optics, Retinoscopy and Refractometry. USA: Slack Incorporated

Loran, Donald F.C. – MacEwen, Caroline J. 1995: Sports Vision. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Moisala, Jouko 1993: Diver's. Turku: Ursuk Oy

Mountain, Alan 1996: The Diver's Handbook. Australia: New Holland Publishers Ltd

Mustonen, Eila 2001: Neuro-oftalmologia. Teoksessa Saari, K. M.(toim.): Silmätautioppi. 5. uudistettu painos. Kandidaattikustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus. 338 – 352.

NASA (National Aeronautics and Space Administration 2009: The Blue, the Bluer, and the Bluest Ocean. Verkkodokumentti.

<<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/oceancolor/additional/science-focus/oceancolor/oceanblue.shtml>>. Luettu 5.4.2010

Nienstedt, Walter – Hänninen, Osmo – Arstila, Antti – Björkqvist, Stig-Eyrik 1992: Ihmisen fysiologia ja anatomia. Porvoo: WSOY

PADI (Professional Association of Diving Instructors) 2008: PADI Statistics. Verkkodokumentti. <<http://sukeltaja.fi/content/fi/11501/67/67.html>>. Luettu 16.7.2010

Palumbo, Antonio 2004: Correction of Optical Refractive Errors in Divers Using Optical Masks. Verkkodokumentti.

<www.hydrooptix.com/images/news/maschere_ottiche_p1.pdf>. Luettu 22.2.2010

Prescription Dive Masks 2010. Verkkodokumentti.

<<http://www.prescriptiondivemasks.com/>>. Luettu 8.2.2010

Rabbetts, Ronald B. 2007. Bennett & Rabbetts' Clinical Visual Optics. China. Butterworth-Heinemann.

Rautiainen, Mika 2010: Koulutuspäällikkö. Sukeltajaliitto. Helsinki. Sähköpostiviesti 8.2.2010

Rihlana, Seppo 1997: Värioppi. Tampere: Rakennustieto Oy

Rosenfield, Mark 1998: Refractive Status of the Eye. Teoksessa Borish's Clinical Refraction. USA: W.B. Saunders Company. 2–29

Sawatzky, David 2008: Visual correction while diving. Verkkodokumentti.
<<http://www.divetheblue.net/pdf/128DiveMedic.pdf>>. Luettu 22.2.2010

Scubadiving 2009: ScubaLab–Masks–The View. Verkkodokumentti.
<<http://www.scubadiving.com/gear/masks/2009/07/scubalab-masks-the-view>>. Luettu 21.6.2010

Sekuler, Robert - Blake, Randolph 1994: Perception , Third edition. Singapore: McGraw-Hill Book Co.

Shreeves, Karl 2001: Open Water Dive Manual. Wallin, Irmeli – Kaisla, Kira – Vainio, Erja-Leena (suom.). Göteborg: Pronto

Sukeltaja 2010: Sukellus. Verkkodokumentti.
<<http://sukeltaja.fi/content/fi/11501/67/67.html>>. Luettu 16.7.2010

Sukeltajaliitto 2009: Turvaohje. Verkkodokumentti.
<http://www.sukeltaja.fi/files/pdf/2878/Turvaohje_2009.pdf>. Luettu 3.4.2010

Swanson, W. Mark 1998: The Elderly. Teoksessa Borish's Clinical Refraction. USA: W.B. Saunders Company. 1194–1210

Tapiovaara, Hannu 2007: Korvalääkäri pintaa syvemällä. Verkkodokumentti.
<<http://personal.fimnet.fi/laaketiede/kaisu.tapiovaara/korva-sukellus.htm>>. Luettu 8.2.2010

Vikman, Timo 2007: Sukellus. Jyväskylä: Gummerus.

123 Scuba.com 2010: Classic Oval Rubber Mask Scuba Diving Masks Equipment. Verkkodokumentti.
<<http://www.123scuba.com/Merchant2/graphics/00000001/mk6p.jpg>>. Luettu 21.6.2010