



Vapaasukelluksen lajikatsaus ja lajinomainen voimaharjoittelu:

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Jussi Juntunen

Opinnäytetyö, AMK

Marraskuu 2023

Fysioterapeutti (AMK)

Juntunen, Jussi

Vapaasukelluksen lajikatsaus ja lajinomainen voimaharjoittelu: Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Marraskuu 2023, 39 + 11 sivua

Terveys- ja hyvinvointialat. Fysioterapian tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Vapaasukellus on sukeltamista hengitystä pidättäen. Vapaasukellusta harrastetaan virkistysmielessä, ammatillisesti, sotilaallisesti ja kilpailullisesti. Vapaasukellus on vielä kohtalaisen uusi ja jatkuvasti kasvava urheilulaji. Opinnäytetyön tavoitteena oli kuvailevana kirjallisuuskatsauksena tuottaa yleiskäsitys vapaasukeluksesta urheilulajina lajia harrastaville ja lajista kiinnostuneille sekä lisätä vapaasukeltajaurheilijoiden tietoutta lajinomaisesta voimaharjoittelusta. Aineistoa haettiin vapaasukeltajan voimaharjoittelusta ja vähäisten tulosten vuoksi syvennettiin kirjallisuuskatsausta fysiologiseksi lajiantalyysiksi. Aineisto haettiin sisäänotto- ja poissulkukriteerien mukaisesti PubMedista ja Proquest Centralista. Mukaan valittiin 14 tutkimusta 100:sta. Aineisto analysoitiin teoriaohjaavalla induktiivisella teemoittelevalla analyysillä. Aineisto järjestettiin kolmeen pääteemaan aineistosta löytyvien toistuvien teemojen perusteella. Pääteemoiksi nousivat fyysinen harjoittelu, energiantuottotavat sekä kehonkoostumus ja adaptaatio.

Vapaasukeltajien fyysistä harjoittelua tutkineista tutkimuksista havaittiin yhdistetyn uinti-, voima- ja hengityksen pidätysharjoittelun parantavan uinnin taloudellisuutta ja sukelluksen kamppailuvaiheen sietämistä. Uimareiden voimaharjoittelua tutkineissa tutkimuksissa havaittiin maksimivoimaharjoittelun parantavan uimareiden suorituskykyä muita voimaharjoitteluinterventioita enemmän ja maksimivoimakyvyn korreloivan suoraan parempaan uintisuoritukseen. Tutkimuksissa havaittiin vapaasukeltajan käyttävän anaerobista glykolyysia luurankolihasen pääasiallisena energiantuottotapana. Tutkimuksissa havaittiin vapaasukeltajien laktaattipitoisuuden laskevan ja glukoosin pysyvän stabiilina tai jopa nousevan maksimaalisen suorituksen aikana. Tämä viittaa samankaltaiseen laktaattineenvaihduntaan, mitä on havaittu merinisäkkäillä. Tutkimuksista havaittiin myös vapaasukeltajien lihasolujen adaptoituvan alhaisiin happipitoisuuksiin suuremmilla myoglobiinipitoisuuksilla I-tyyppinlihassoluissa sekä tehokkaampaan hapenvaihtokapasiteettiin kuin verrokeilla. Tutkimuksissa havaittiin vapaasukeltajilla olevan alhaisempia luun mineraalipitoisuuksia ja -määriä kuin verrokeilla sekä kontrolliryhmää alhaisempi rasvaton massa, joka mahdollistaa vähäisemmän hapenkulutuksen.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella todettiin voimaharjoittelun parantavan uinnin suorituskykyä ja taloudellisuutta ja näin ollen vapaasukeltajan hyötyvän voimaharjoittelusta. Voimaharjoittelussa on kuitenkin huomioitava lajiharjoittelun vaikutuksesta tulevat fysiologiset adaptaatiot ja suunniteltava voimaharjoittelu lajiharjoittelun ehdoilla. Maksimivoimaharjoittelu vaikuttaisi olevan optimaalinen harjoitteluinterventio vapaasukeltajalle, mutta synteesi jää vielä hypoteesiksi tutkimusnäytön puuttuessa.

Avainsanat (asiasanat)

Vapaasukellus, hengityksenpidätys, sukellus, voimaharjoittelu, fysiologia

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

Juntunen, Jussi

Overview of freediving and sport specific strength training: Narrative literature review

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, November 2023, 39 + 11 pages

Health and welfare. Degree Programme in Physiotherapy. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Freediving is diving while holding your breath. Freediving is practiced by recreationally, professionally, militarily, and competitively. Freediving is a rather new and constantly growing sport.

The purpose of this thesis was to produce evidence-based general review of the sport for recreational divers, and anyone interested about the sport as well as enhance knowledge about sport specific strength training for freediving athletes using narrative literature review as a method. The data was collected about freedivers strength training and because the absence of research literature review was extended to physiological sport specific analysis. The data was collected according to inclusion and exclusion criteria from PubMed and Proquest Central. 14 studies from 100 were chosen for this review. The data was analysed by theory-guiding inductive thematic analysis. The data was organized to three main themes by repetitive themes which rose from the studies. Main themes were physical exercise, energy production pathways and body composition & adaptation.

From studies which focused in freedivers physical exercise was observed that combined training of swimming, strength training and apnea training improve swimming economy and tolerance of struggle phase of the dive. Studies which focused swimmers' strength training was observed that maximal strength training improved swimmers' performance and ability in maximal strength correlates directly to better swimming performance.

Studies discovered that freedivers main energy production pathway in skeletal muscle is produced by anaerobic glycolysis. Studies found that freedivers lactate levels decrease and glucose stays stable or increases during maximal performance. This indicates similar lactate metabolism which has been detected in marine mammals.

Studies also discovered that freedivers muscle fibres adapt to low oxygen by rising myoglobin storage in type I-fibres and more effective oxygen exchange capacity than control-group. Studies observed lower bone mineral density and quantity than control-group. Freedivers fat free mass was also lower which allow lower oxygen consumption.

It was concluded that strength training improves swimming performance and economy, and therefore freedivers benefit from strength training. Freedivers must take into consideration sport specific adaptations and plan their strength training by terms of freediving training. Maximal strength training seems to be most optimal intervention for freediver, but synthesis stays as a hypothesis because the absence of research.

Keywords/tags (subjects)

Freediving, apnea, diving, strength training, physiology

Miscellaneous (Confidential information)

-

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Vapaasukellus	4
2.1	AIDA – International Association for the Development of Apnea	5
2.2	Vapaasukelluksen erityispiirteitä	5
2.2.1	Sukellusvaste	5
2.2.2	Sukelluksen vaiheet	6
2.2.3	Keuhkojen tilavuudet	7
2.2.4	Fysiikan lakeja	8
2.3	Vapaasukelluksen riskit	10
3	Voimaharjoittelu	11
3.1	Lihassolut	11
3.2	Energiantuotto- ja lihastyötavat	11
3.3	Vapaasukeltajan voimaharjoittelu	13
4	Psyykinen harjoittelu vapaasukelluksessa	13
4.1	Fysiologiset vaikutukset	14
4.2	Harjoittelu	15
5	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite	16
6	Opinnäytetyön toteutus	16
6.1	Aineiston haku	17
6.2	Aineiston laadun arviointi	19
6.3	Aineiston analyysi	20
7	Tulokset	21
7.1	Fyysinen harjoittelu	21
7.2	Energiantuottotavat	22
7.3	Kehonkoostumus ja adaptaatio	24
8	Yhteenveto	26
9	Pohdinta	27
9.1	Eettisyys ja luotettavuus	27
9.2	Tulosten pohdinta ja jatkotutkimusaiheet	29
9.3	Opinnäytetyöprojekti	32
	Lähteet	34
	Liitteet	40
	Liite 1. AIDA-kilpailulajit	40

Liite 2. Joanna Brigssin arviointikriteerit kvasikokeelliselle tutkimukselle.....	42
Liite 3. Joanna Brigssin arviointikriteerit laadulliselle tutkimukselle	43
Liite 4. Joanna Brigssin arviointikriteerit järjestelmälliselle katsaukselle.....	44
Liite 5. Esimerkki teemoittelusta	45
Liite 6. Tutkimustaulukko	46

Kuviot

Kuvio 1. Hengitysilmatilat	7
Kuvio 2. Hengitysilmatilat vapaasukeltajan erikoistekniikoilla	8
Kuvio 3. Esimerkki Boylen laista	9
Kuvio 4. Kirjallisuushaun tulokset.....	19

Taulukot

Taulukko 1. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit	17
Taulukko 2. Käytetyt tietokannat ja hakulausekkeet.....	18

1 Johdanto

Vapaasukellus on sukeltamista hengitystä pidättäen. Vapaasukellusta harjoitetaan virkistysmielessä, kilpailullisesti ja sotilaallisesti. Lisäksi sukelluskalastus ja helmenkalastus luetaan vapaasukelluksen alalajeiksi (Fitz-Clarke 2018). Kilpailullinen vapaasukellus jakautuu allaslajeihin ja syvyysslajeihin. Allaslajeja ovat pituussukellus ja staattinen hengityksenpidätys ja syvyysslajeja syvyyssukellus. Vapaasukellus on nykymuodossaan vielä uusi ja jatkuvasti kasvava laji. Vapaasukellukseen liittyvä tutkimus on vielä vähäistä ja liittyy pääosin lajin fysiologisiin vaikutuksiin. (Alkan & Akis 2013.)

Suomessa vapaasukellusta harrastaa aktiivisesti noin 200–300 henkilöä. Sukelluskalastajat sekä uppopalloilijat mukaan luettuna on harrastajia noin 1 000 (Pöntinen, T. 2023). Sukellustoiminta on Suomessa seuratoiminnan ja harrastajien varassa, joten lajia edistävä tutkimus on lajin kehityksen kannalta tärkeää. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Sulkeltajaliitto ry:n kanssa, joka toimii suomalaisten sukelluseurojen kattojärjestönä (Sulkeltajaliitto ry N.d.).

Opinnäytetyö käsittelee vapaasukeltajan lihasvoimaharjoittelua mutta luo myös yleiskatsauksen lajiin. Opinnäytetyön tietoperustana on lajianalyysi, jonka pohjalta pystytään kehittämään lajinomaisia ominaisuuksia. Lajianalyysi jakautuu liikeanalyysiin, vamma-analyysiin ja fysiologiseen analyysiin (Kauranen 2014, 460). Vapaasukeltajan voimaharjoitteluun liittyvä tutkimus on vielä vähäistä, joten opinnäytetyössä selvitetään vapaasukelluksessa vaadittavat fysiologiset ominaisuudet.

Opinnäytetyössä selvitetään fysiologisella lajianalyysillä vapaasukeltajan pääasiallinen energiantuottotapa, kehon koostumus, lihastoiminnan vaatimukset ja lajinomaiset harjoittelun aiheuttamat adaptaatiot. Kaurasen (2014, 460) mukaan fysiologinen analyysi on lihasvoimaharjoittelun suunnittelun kannalta keskeistä. Opinnäytetyössä sivutaan vamma-analyysiä sellaisesta harjoittelusta aiheutuneiden rakenteellisten muutosten näkökulmasta, mihin voidaan voimaharjoittelulla vaikuttaa. Liike-analyysi ja biomekaniikka on rajattu opinnäytetyöstä pois, ja keskiössä on fysiologinen lajianalyysi voimaharjoittelun näkökulmasta. Aihe rajautui vapaasukeltajan voima- ja liikkuvuusharjoittelusta voimaharjoitteluun Sulkeltajaliiton vapaasukelluksen maajoukkuevastaavan toiveesta. Lajikatsauksessa tarkastellaan myös lajille ominaista psyykkistä näkökulmaa.

Lihassoimiharjoittelulla voidaan parantaa urheilijan suorituskykyä. Lisäksi lihasvoimiharjoittelulla on useita terveysvaikutuksia, kuten osteoporoosin ehkäisy, tyyppin 2 diabeteksen sekä sydän- ja verisuonitautien hoito- ja ennaltaehkäisy. (Kauranen 2014, 378; Liikunta 2016.) Lihassoimiharjoittelu on keskeinen interventio fysioterapiassa (Kauranen 2014, 381).

Vapaasukeltajat käyttävät harjoittelussaan erilaisia rentoutus-, rauhoitus-, mielikuva- ja hengitysharjoituksia, joita voidaan hyödyntää psykofyysisen fysioterapian menetelmänä. Lisäksi tuoreessa pilottitutkimuksessa, jossa tutkittiin keuhkohtaumapotilaiden kuntoutumista käyttämällä perinteisiä keuhkokuntoutusmenetelmiä ja vapaasukellustekniikoita, huomattiin huomattavasti parempia tuloksia maksimaalisessa suorituskyvyssä, rintakehän liikkuvuudessa, elämän laadussa ja lihasvoimassa verrattuna verrokkiryhmään, joka teki vain perinteisiä keuhkokuntoutusmenetelmiä. (Csizmadia, Ács, Szollosi, Tóth, Kerti, Kovács & Varga 2022.) Aiheen tutkimus on vielä vähäistä, ja opinnäytetyö tuo lajiin laaja-alaisen katsauksen, joka luo hyvän pohjan jatkotutkimukselle.

2 Vapaasukellus

Vapaasukelluksella tarkoitetaan sukeltamista ilman paineilmalaitteita hengitystä pidättäen. Vapaasukellusta harrastetaan kaupallisesti esimerkiksi kalastuksessa, sotilastyössä, virkistykseenä ja urheilullisina kilpailuina (Fitz-Clarke 2018). Vapaasukellukseen liittyy useita fysiologisia erityispiirteitä suorituksen ja ympäristön vaikutuksesta (Patrician, Dujić, Spajić, Drviš, & Ainslie 2021).

Sulkeltajaliitto ry toimii kaiken sukellustoiminnan kattojärjestönä Suomessa. Sulkeltajaliitto ry tukee harrastus-, koulutus- ja kilpailutoimintaa Suomessa. Sulkeltajaliitto ry toimii yhteistyössä Suomen Olympiakomitea ry:n ja Suomen Uimaopetus- ja Hengenpelastusliitto ry:n kanssa. Sukeltajaliitto on täysivaltainen jäsen kansallisissa sukellusliittojen kattojärjestöissä CMAS:ssa, CMAS Europessa, AIDA Internationalissa (International Association for the Development of Apnea) ja EU:n virkistyskellusjärjestössä EUF:ssä. (Sulkeltajaliitto ry N.d.) Suomessa vapaasukelluksen koulutus ja kilpailu tapahtuvat pääosin AIDA Internationalin alaisuudessa, joten opinnäytetyö on tehty AIDAn sääntöjen mukaan. Muita vapaasukelluskoulutusta tarjoavia järjestöjä ovat muun muassa CMAS, PADI, SSI, Apnea Total ja Molchanovs.

2.1 AIDA – International Association for the Development of Apnea

AIDA eli International Association for the Development of Apnea on kansainvälinen vapaasukellusjärjestö, jonka hallinto valitaan demokraattisesti jokaisen jäsenmaan äänen perusteella. Organisaatio toimii pääosin vapaaehtoisuudella. Vapaasukellus tuli populaarikulttuurin tietouteen vuonna 1988 julkaistun Big Blue -elokuvan myötä. Lajin parissa urheilevat ja työskentelevät vapaasukeltajat halusivat lajille tunnustusta, entistä laajempaa yhteisöä sekä yhteneviä koulutus- ja turvallisuussääntöjä. Näiden lähtökohtien perusteella AIDA perustettiin vuonna 1992. AIDA on maailman suurimpia vapaasukelluksen kilpailujärjestöjä, ja AIDA pyrkii kehittämään lajin koulutusta ja sääntöjä entistä turvallisemmaksi. Organisaation vapaasukeltajat osallistuvat myös tieteellisiin tutkimuksiin kehittääkseen lajin turvallisuutta tarkemman fysiologian tiedon avulla. (Learn about AIDA N.d.)

Vapaasukelluksessa kilpaillaan syvyyksikisoissa ja allaskisoissa. Vapaasukelluksen allaslajeissa kilpailaan sukeltamalla pituutta mono- tai/ja stereoräpylöillä, ilman räpylöitä tai paikoillaan kellumalla kasvot vedessä hengitystä pidättäen. Suoritus alkaa, kun sukeltajan ilmatiet ovat veden pinnan alapuolella, ja päättyy ilmäteiden poistuttua vedestä. Syvyyslajeissa sukellaan turvaköyttä pitkin ennalta asetettuun tavoitesyvyyteen joko räpylöillä, ilman räpylöitä tai köydestä vetämällä (AIDA competitive freediving N.d.). Hyväksytyssä suorituksessa suoritus aloitetaan tietyn aikarajan sisällä ja pintautuessa suoritetaan pintaprotokolla. Pintaprotokolla suoritetaan ottamalla maski ja/tai muut varusteet pois kasvoilta, näyttämällä visuaalinen ok-merkki tuomarille (etusormi ja peukalo yhteen) ja verbaalisesti kommunikoimalla ”I’m ok” tuomarille, tässä nimenomaisessa järjestyksessä. Virheellinen pintaprotokolla johtaa suorituksen hylkäämiseen. Protokollan tarkoituksena on seurata sukeltajan tajunnan tasoa. (AIDA competitive rules update 2019.) Tarkat lajikuvaukset ovat liitteessä 1. (Ks. [liite 1.](#))

2.2 Vapaasukelluksen erityispiirteitä

2.2.1 Sukellusvaste

Vapaasukellussuoritus alkaa ilmäteiden joutuessa veden pinnan alapuolelle. Hengityksen pidättämisen aikana ja veden viilentäessä kasvot vagusherma välittää hermostolle käskyn, joka käynnistää sukellusvasteen (Wuorimaa & Lundell 2021). Sukellusrefleksi on kaikilla nisäkkäillä havaittu autonominen toiminto, joka on merinisäkkäillä erittäin voimakas ja ihmisillä paljon miedompi ilmiö

(Panneton 2013). Ihmisillä sukellusrefleksi on merinisäkkäisiin verrattuna sen verran vähäinen, että siihen viitataan sukellusvasteena.

Sukellusvaste käynnistää useita hermostollisia, sydämen ja verenkiertoelimistön reaktioita sukeltajassa. Suorituksen alkupuolella ääreisverenkierto supistuu eli tapahtuu vasokonstriktio. Tämä ohjaa veren tärkeille sisäelimille kuten aivoille, sydämelle ja keuhkoille. (Kurra, Lahtinen, & Nissinen 2015, 42; Wuorimaa & Lundell 2021.) Sydämen syke nopeutuu, verenpaine kohoaa ja minuuttitilavuus kasvaa. Sukelluksen jatkuttua noin 30 sekuntia syke hidastuu ja minuuttitilavuus pienenee. Kokeneella vapaasukeltajalla syke voi alentua 30 lyöntiin minuutissa. Tällöin puhutaan yleensä sukellusvasteen aiheuttamasta bradykardiasta (Kurra, ym. 2015, 42).

Vaativissa sukelluksissa autonomisen ja sympaattisen hermoston yhteisaktivoituminen voi aiheuttaa rytmihäiriötä. Sukellusvaste supistaa myös pernaa, joka vapauttaa lisää punasoluja. Sukellusvaste aktivoituu voimakkaammin kylmässä vedessä. (Wuorimaa & Lundell 2021.) Yhteenvetona sukellusvaste rentouttaa lihaksia ja hidastaa aineenvaihduntaa, joka alentaa hapenkulutusta, hiilidioksidin tuotantoa ja ylläpitää kehon lämpötilaa sekä suojaa sukeltajaa paineen vaikutuksilta. Sukellusvaste on tahdosta riippumaton toiminto, jonka syntymekanismia ei vielä täysin ymmärretä. Sukellusvaste voimistuu harjoittelun vaikutuksesta. (Kurra, ym. 2015, 42.)

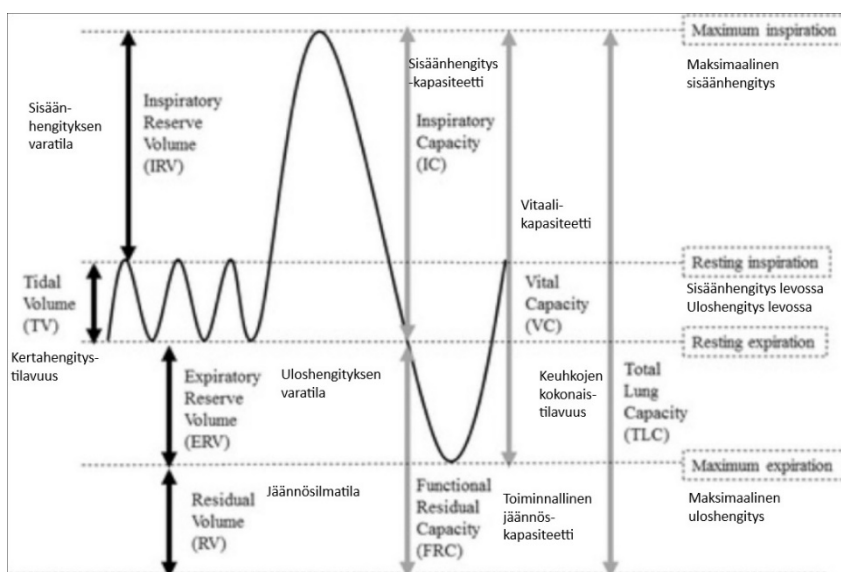
2.2.2 Sukelluksen vaiheet

Kuten sukellusvaste, on hengittäminenkin tahdosta riippumaton toiminto. Hengittäminen voidaan tahdonalaisesti kuitenkin lopettaa, jolloin hiilidioksidipitoisuus (CO_2) veressä nousee. Hiilidioksidipitoisuuden nousu stimuloi hermostoa aloittamaan hengityksen uudelleen. Tämä tuntuu ensin haluna hengittää ja sen jälkeen epämukavuutena. CO_2 -pitoisuuden vielä noustessa elimistö pakottaa yksilön hengittämään supistamalla palleaa. (Kurra, ym. 2015, 42; Schagatay, van Kampen, Emanuelsson & Holm, 2000.) Tätä kutsutaan yleisesti sukelluksen fysiologisenä katkeamispisteinä (breaking point). Katkeamispiste jakaa sukelluksen kahteen vaiheeseen: Vaihetta ennen katkeamispistettä voidaan kutsua ”helpoksi vaiheeksi” (easy-going phase), jolloin sukeltaja ei tunne hengityksen tarvetta. Vaihetta katkeamispisteen jälkeen kutsutaan ”kamppailuvaiheeksi” (struggle phase), jolloin sukeltaja kamppailee jatkuvasti kasvavaa hengityksen tarvetta vastaan. (Schagatay, ym. 2000.)

Sukellussuorituksen pituuteen vaikuttavat yksilön happivarastot, hapettamiskapasiteetti, ruumiinlämpö, lihastyön taloudellisuus, sukellusvasteen voimakkuus ja hiilidioksidin sekä hypoksian sietokyky (Wuorimaa & Lundell 2021). Wuorimaa & Lundell (2021) tuovat esiin veren laktaattipitoisuuden vaikuttavan negatiivisesti sukellussuorituksen keston. Vaikutus voi pitää paikkaansa kokemattomilla vapaasukeltajilla, mutta nykytutkimus osoittaa harjaantuneiden vapaasukeltajien kykenevän hyödyntämään laktaattia energianlähteenä (Kjeld, Møller, Fogh, Hansen, Arendrup, Isbrand, Zerahn, Højberg, Ostefeld, Thomsen, Gormsen, & Carlsson 2021; Kjeld, Isbrand, Linnet, Zerahn, Højberg, Hansen, Gormsen, Bejder, Krag, Vissing, Bøtker, & Arendrup 2021; Wuorimaa & Lundell 2021).

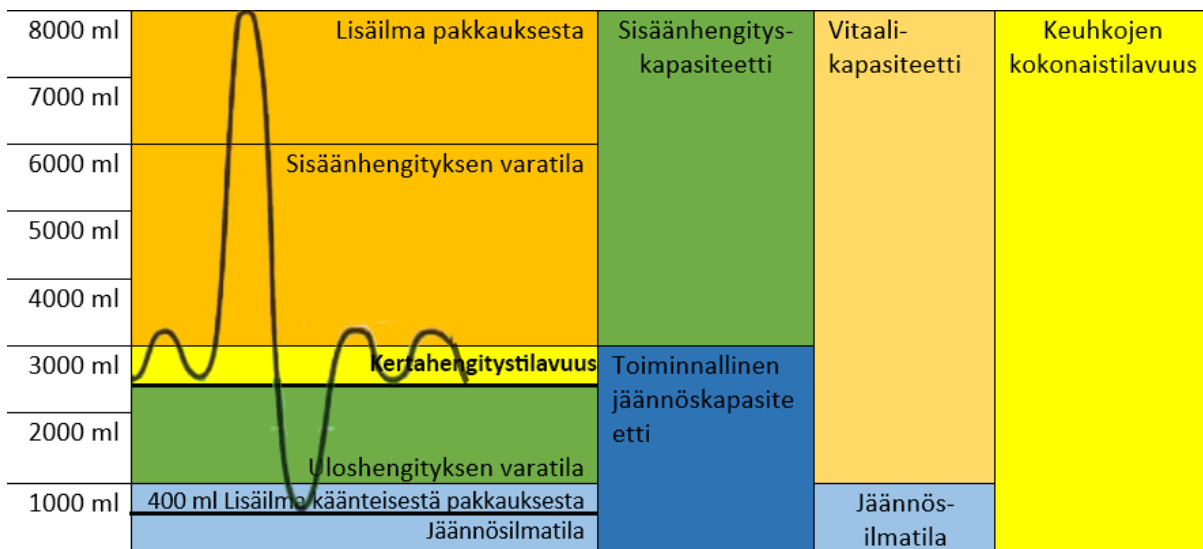
2.2.3 Keuhkojen tilavuudet

Sukellussuorituksen pituuteen vaikuttavat keskeisesti happivarastot, joista suurimpana toimivat keuhkot. Yleisesti keuhkojen kokonaistilavuus lasketaan seuraavalla tavalla: sisäänhengityskapasiteetti + toiminnallinen jäännöskapasiteetti = keuhkojen kokonaistilavuus. (Ks. kuvio 1.) Vapaasukeltajat käyttävät erikoistekniikoita saadakseen enemmän ilmaa keuhkoihin. Ennen suoritusta vapaasukeltajat ottavat keuhkot täyteen ilmaa, ja sen jälkeen he ”pakkaavat” tai pakottavat lisää ilmaa keuhkoihin suunielun lihaksilla. Mekanismia voidaan käyttää myös käänteisesti, jolloin syvien sukelluksien aikana vapaasukeltaja voi ottaa lisää ilmaa paineentasaukseen reservitilavuuksista ”negatiivisella pakkauksella”. (Tetzlaff, Lemaitre, Burgstahler, Luetkens, & Eichhorn 2021.)



Kuvio 1. Hengitysilmatilat (David & Sharma 2023, muokattu)

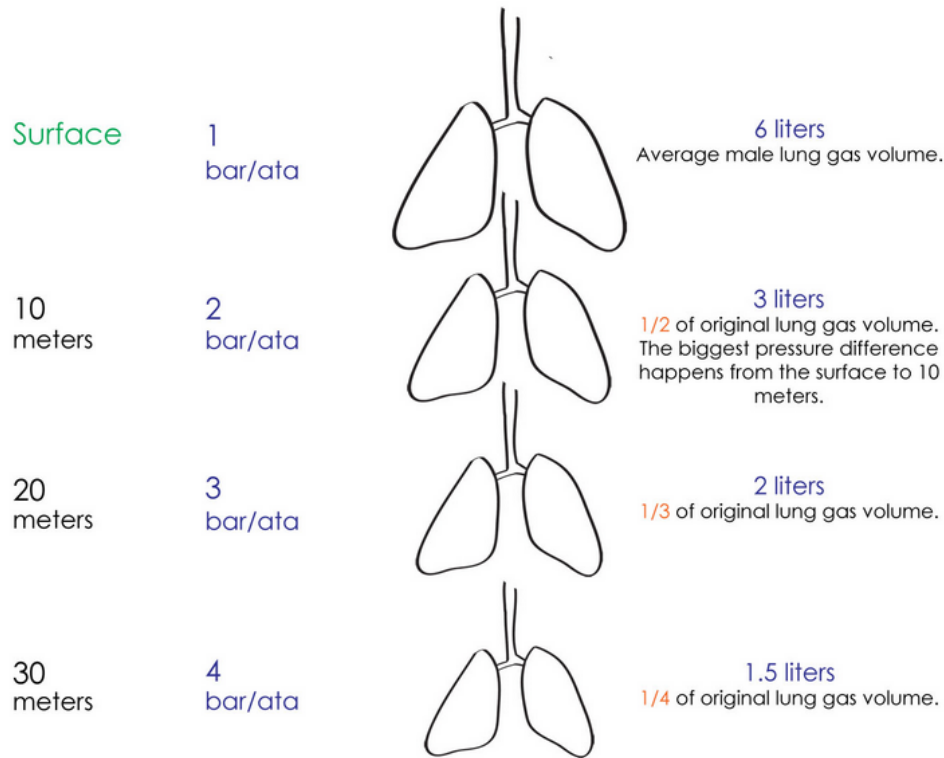
Keuhkojen kokonaistilavuutta voidaan kasvattaa lisäämällä rintakehän liikkuvuutta, jolloin keuhkoihin mahtuu enemmän ilmaa ”pakatessa”. Lisäksi palleaa venyttelemällä voidaan kasvattaa vitaalikapasiteettia. Tämä vähentää jäännösilmatilaa. Esimerkiksi terveellä keskivertoisella aikuisella keuhkojen kokonaistilavuus on noin 6 litraa (Delgado & Bajaj 2023). Eliittivapaasukeltajalla keuhkojen kokonaistilavuus voi olla 10 litraa ja pakkaamalla keuhkojen kokonaistilavuus nousee yli 13 litran. Negatiivisella pakkauksella vapaasukeltaja saa lisää ilmaa sukelluksen aikana noin 0,4 litraa jäännösilmatilasta (Tetzlaff, ym. 2021). (Ks. kuvio 2.) Lisäksi palleaa venyttelemällä voi hengityksenpidätyksen aiheuttamat pallean supistukset tuntua lievemmillä.



Kuvio 2. Hengitysilmatilat vapaasukeltajan erikoistekniikoilla (Surti 2023, muokattu)

2.2.4 Fysiikan lakeja

Merenpinnan yläpuolella paine on 1 ilmakehä (atm) tai 1 baari painetta (Fitz-Clarke 2018). Boylen lain mukaan lämpötilan ollessa vakio kaasun tilavuus on käänteisesti verrannollinen yllä olevaan paineeseen. Käytännössä tämä tarkoittaa sukeltajan ilmatilojen kuten sinuksien ja keuhkojen ilman tilavuuden pienenemistä ja suurenemista paineen vaikutuksesta. (Wuorimaa & Lundell 2021.) Esimerkiksi kun sukellaan 10 metrin syvyyteen, paine on 2 baaria. Jos keuhkoihin on sukellukselle lähtiessä hengitetty 10 litraa ilmaa, 10 metrin syvyydessä keuhkojen tilavuus pienenee paineen vaikutuksesta 5 litraan. Seuraavan kerran tilavuus puolittuu 30 metrin syvyydessä paineen noustessa 4 baariin. (Ks. kuvio 3.)



Kuvio 3. Esimerkki Boylen laista (Freediving physics simplified. N.d. muokattu)

Toinen olennaisesti vapaasukeltajaan vaikuttava fysiikan laki on Henryn laki, jonka mukaan ”nesteeseen liuenneen kaasun määrä on suoraan verrannollinen nestettä ympäröivän kaasun osapaineeseen.” (Wuorimaa & Lundell 2021). Sukellessa syvälle kaasun osapaine kasvaa ja typpeä liukenee verenkiertoon, mikä aiheuttaa typpinarkoosin ja pahimmillaan sukeltajataudin (Freediving physics simplified N.d.). Daltonin lain mukaan kokonaispaine on yhtä kuin kaasujen osapaineiden summa kaasuseoksessa. Esimerkkinä hengitysilmassa happea on noin 21 % meren pinnan tasolla. Tällä tasolla hapen osapaine on $pp(O_2) = 1 \text{ bar} \cdot 0,21 = 0,21 \text{ bar}$ ja ilmassa on typpeä noin 79 % eli meren pinnan tasolla typen osapaine on $1 \text{ bar} \cdot 0,79pp(N_2)$. Sukellessa 10 m syvyyteen $pp(O_2) = 2 \text{ bar} \cdot 0,21 = 0,42 \text{ bar}$. (Kurra, ym. 2015, 29). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mitä syvemmälle sukellaan, sitä suurempi hapen osapaine on. Sukelluksen aikana happivarastoja kulutetaan jatkuvasti, ja kun lähdetään nousemaan takaisin kohti pintaa, hapen osapaine kudoksessa laskee. Tästä syystä valtaosa vapaasukelluksissa tapahtuvista tajunnan menetyksistä tapahtuu enemminkin lähellä pintaa kuin syvyyksissä.

Arkhimedeen laki toteaa nesteeseen olevan suoraan verrannollinen syrjäytetyn veden massa. Positiivisesti sukeltajan nosteeseen vaikuttavat sukeltajan ilmatilat kuten keuhkoissa oleva ilma ja mär-

käpuvun paksuus. Pinnalla vapaasukeltajan on käytettävä enemmän voimaa ja/tai painoja upotakseen. Syvyyssukelluksissa nosteen vaikutus muuttuu positiivisesta negatiiviseksi paineen kasvaessa (Wuorimaa & Lundell 2021), sillä Boylen lain vaikutuksesta keuhkojen ilmatilavuus pienenee ja märkäpuvun ilmarakkulat supistuvat.

Veden vastuksella (drag) on myös merkittävä vaikutus sukellussuoritukseen. Vapaasukeltajan virtaviivaisella sukellusasennolla on suora vaikutus hapen kulutukseen: mitä vähemmän sukeltajan tarvitsee käyttää voimaa vedenvastusta vastaan, sitä vähemmän hänen täytyy tehdä lihastyötä. Sukellusnopeus vaikuttaa myös veden vastuksen määrään, joten sukellusasennolla ja nopeudella sukeltaja hakee itselleen optimaalisen suoritusnopeuden (Kurra, ym. 2015, 33).

2.3 Vapaasukelluksen riskit

Vapaasukellus on lähtökohtaisesti turvallinen urheilulaji, jos noudatetaan lajiin liittyviä varoitustenpiteitä. Alhainen happipitoisuus voi johtaa tajunnanmenetykseen, mikä voi olla kohtalokasta, jos sukellaan yksin. Vapaasukelluskurssin ensimmäisiä oppitunteja on, ettei koskaan saa sukeltaa ilman asiantuntevaa paria. Riittävän asiantuntemuksen saa vapaasukelluksen peruskurssilla. Kursseilla painotetaan turvallisuutta ja opetellaan pelastustekniikoita. Tavallisimpia riskitekijöitä ovat nestehukka, stressi ja liian kylmät tai kuumat olosuhteet (Farrel 2022).

Syvyyssukelluksessa erilaiset painevammat lisäävät loukkaantumisen riskiä. Näistä tärykalvovammat ovat tyypillisimpiä, mutta paine voi vahingoittaa sinuksia, hengitysteitä ja pahimmillaan keuhkoja. Syvillä sukelluksilla sukeltaja voi joutua typpinarkoosiin, joka on humalan kaltainen tila. Typpinarkoosi ei itsessään ole vaarallinen, mutta se voi johtaa sukeltajan tekemään tyhmiä päätöksiä. Suurin vaara piilee sukeltajantaudissa. Sukeltajantauti on seurausta kudoksiin kertyneestä typestä. Sukellessa liian usein ja ilman riittävää palautumista typpi ei ehdi poistua kudoksesta. Typpi muodostaa vereen kuplia, jotka laajenevat sukeltajan pintautuessa ja paineen laskiessa. Kuplat pahimmillaan tukkivat verisuonia tai jopa aivovaltimoita. Sukeltajantauti aiheuttaa useita erilaisia vammoja ja pahimmillaan kuoleman. (Farrel 2022.) Suurin osa riskeistä on vältettävissä kouluttautumalla, harjoittelemalla pelastustaitoja, pitämällä huolta omasta terveydestä ja ymmärtämällä omat rajat.

3 Voimaharjoittelu

Voimaharjoittelulla voidaan vaikuttaa positiivisesti urheilijan suorituskykyyn, ja voimaharjoittelu parantaa kokonaisvaltaisesti väestön elämänlaatua ja toimintakykyä (Lacio, Vieira, Trybulski, Campos, Santana, Filho, Novaes Vianna & Wilk 2021, 18). Rytkösen (2018, 20) mukaan voimaharjoittelusta hyötyy koko väestö. Sekä Hughes, Ellefsen & Baar (2018) että Lacio ja muut (2021) määrittelevät voimaharjoittelun harjoittelumuodoksi, joka lisää lihasvoimaa, lihasmassaa sekä muovaa tukikudosten rakennetta. Yleisesti voiman lajit jaotellaan maksimi-, kesto- ja nopeusvoimaan (Hughes, ym. 2018; Kauranen 2014, 440; Lacio, ym. 2021; Rytkönen 2018, 20).

3.1 Lihassolut

Lihassolutyyppit voidaan karkeasti jaotella hitaisiin tyyppin I lihassoluihin ja nopeisiin tyyppin II lihassoluihin. Tyyppin II lihassolut jaotellaan alaluokkiin Ila ja IIx. Jaottelu perustuu pääosin niiden voimantuotto-ominaisuuksiin. Tyyppin I lihassolujen aineenvaihdunta tapahtuu aerobisesti korkean mitokondrio- ja myoglobiinipitoisuuksien vuoksi. Tyyppin I lihassolulle ominaista ovat hidas supistumisnopeus, alhaiset voimantuotto-ominaisuudet ja hyvät kestävyysominaisuudet. Tyyppin I lihassoluja löytyy asentoa ylläpitävissä posturaalisissa lihaksissa. Tyyppin II lihassoluille ominaista ovat nopea supistuminen, tehokas voimantuotto ja heikot kestävyysominaisuudet. Tyyppin II lihassolujen metabolia tapahtuu pääosin anaerobisella glykolyysireaktiolla. Tyyppin Ila lihassoluilla on jonkin verran happea hyödyntäviä kestävyysominaisuuksia, kun taas tyyppin IIx lihassolut toimivat puhtaasti anaerobisesti ja väsyvät nopeasti. Lihassolujakaumaan vaikuttaa usein geeniperimä, mutta harjoitustaustalla on sitä suurempi merkitys. Kestävyysurheilijoilla voi jakaumasta olla yli 90 % tyyppin I lihassoluja ja nopeuslajitaustan omaavilla urheilijoilla tilanne on päinvastainen. (Kauranen 2014, 77–79, 83.)

3.2 Energiantuotto- ja lihastyötavat

Ihmisen pääasiallinen energianlähde on adenosiinitrifosfaatti eli ATP. Lihasten käyttämä energia ei tule suoraan ravinnosta, vaan ATP:tä tuotetaan makroravinteista aineenvaihdunnan monivaiheisilla mekanismeilla. ATP:tä käytetään suoranaisten energianlähteenä. (Kauranen 2014, 180.)

ATP:tä on varastoituna kehossa pieniä määriä, joten sitä täytyy tuottaa jatkuvasti lisää. ATP käytetään tavanomaisesti loppuun muutamien sekuntien aikana fyysisessä aktiivisuudessa. (Katch, ym.

2015, 135.) Kaurasen (2014, 182–183), Katchin ja muiden (2015, 136–138) mukaan ATP:tä muodostetaan kreatiinfosfaatin (KP) avustuksella, joka on toinen korkeaenerginen fosfaatti. ATP:tä muodostetaan joko aerobisesti tai anaerobisesti glukoosista ja glykogeenista glykolyysireaktiolla tai aerobisesti krebsin syklillä, oksidatiivisella fosforylaatiolla tai β -oksideaatiolla rasvoja hapettamalla. (Katch, ym. 2015, 136–138; Kauranen 2014, 182–183.) Rytkönen (2018, 24) toteaa energialähteiden hyödyntämisen lihaksistossa olevan sidoksissa suorituksen keston. Samassa yhteydessä Rytkönen (2018, 24) painottaa voimaharjoittelussa käytettävän pääasiallisesti anaerobisia energiantuottotapoja. Kauranen (2014, 182) yhtä mieltä Rytkösen kanssa, mutta mainitsee myös intensiteetin vaikuttavan energianlähteen hyödyntämiseen. (Katch, ym. 2015, 135–138; Kauranen 2014, 182–183; Rytkönen 2018, 24.)

Anaerobisessa glykolyysissa glukoosi ja lihaksistoon sitoutunut glykogeeni hajoaa ATP:ksi. Edellä mainitut hiilihydraatit ovat yksinkertaisuutensa vuoksi ainoita sokereita, jotka voidaan muuntaa hapettomasti ATP:ksi. (Kauranen 2014, 188.) Katch ja muut (2015, 141–143) sekä Kauranen (2014, 188) tuovat esille sen, että hapettomasti sokereiden hajottaminen tapahtuu verrattain nopeasti ja prosessin sivutuotteena syntyy maitohappoa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että suoritukset tällä energiantuottomenetelmällä kestävät noin 2 minuuttia. (Katch, ym. 2015, 141–143; Kauranen 2014, 188.) Aerobisessa glykolyysissä glukoosia hajotetaan hapen avustuksella, jolloin muun muassa maitohappoa ei pääse syntymään. Keho pystyy varastoimaan glukoosia kohtalaisen suuria määriä, joten kyseisellä energiantuottotavalla tehdyt suoritukset kestävät 2 minuuttia – 1,5 tuntia. (Katch, ym. 2015, 143; Rytkönen 2018, 24.) Rytkönen (2018, 24) tiivistää tekstissään, että yli 1,5 tuntia kestävässä suorituksissa energiaa saadaan pääasiallisesti rasvojen hapettamisesta.

Lihastyö tapahtuu kolmella erilaisella tavalla (Rytkönen 2018, 22). Isometrisessä lihastyötavassa lihas aktivoituu ja pyrkii supistumaan liikuttamatta ulkoista vastusta. Isometrisessä lihastyössä voi olla mukana isojakin voimia ilman havaittavaa liikettä. Isometristä lihastyötapaa voidaan kutsua myös staattiseksi lihastyöksi. Konsentrisessä lihastyötavassa lihas supistuu aiheuttaen nivelen liikkeen, ja eksentrisessä lihastyötavassa voimantuotto tapahtuu lihaksen pidentyessä. Eksentrisestä lihastyötavasta käytetään myös nimitystä jarruttava lihastyötapaa. (Katch, ym., 2015, 511; Kauranen 2014, 443; Rytkönen 2018, 22–23.)

3.3 Vapaasukeltajan voimaharjoittelu

Voimaharjoittelulla on lukuisia terveyshyötyjä, ja vesiurheilijoille keskeistä on voimaharjoittelun luun mineraalitiheyttä kehittävät ja ylläpitävät vaikutukset. Voimaharjoittelulla voidaan kehittää maksimi-, nopeus- ja perusvoimaominaisuuksia nousujohteisesti ja turvallisesti. Voimaharjoittelulla voidaan kehittää ominaisuuksia, joita ei voi kehittää lajinomaisella harjoittelulla. Maksimivoiman kehittäminen sukeltamalla on erittäin haastavaa. Voimaharjoittelulla voidaan muokata kehon koostumusta kasvattamalla lihasmassaa ja/tai vähentämällä rasvamassaa. (Männenä 2023, 20–21.)

Kehon kokonaismassa vaikuttaa keskeisesti urheilijan energiankulutukseen, ja suurempi massa tarkoittaa myös suurempaa hapenkulutusta. (Katch, ym. 2015, 202). Männenän (2023, 21) mukaan suurempi lihas on aina vahvempi. Voimantuoton nouseminen selittyy puoliksi lihaksen koolla rakenteellisten ja hermostollisten tekijöiden lisäksi (Männenä 2023, 21). Suurempi lihas kasvattaa myös kehon kokonaismassaa, joka korreloi suoraan nousevana hapenkulutuksena.

Lihaksen koon lisäksi voimantuottoon vaikuttaa lihaksen hermostollinen käskytyks. Hermostollisella maksimivoimaharjoittelulla lihaskasvun stimulus jää vähäisemmäksi voimatasojen silti noustessa. (Häkkinen & Ahtiainen 2016, 250.) Terveys- ja suorituskykyhyötyjen lisäksi voimaharjoittelu parantaa stressinsietokykyä, itseluottamusta ja kokonaisuudessaan henkistä hyvinvointia, jotka ovat vapaasukeltajalla keskeisiä ominaisuuksia. (Männenä 2023, 21–22).

4 Psyykkinen harjoittelu vapaasukelluksessa

Vaikka opinnäytetyön näkökulma keskittyy enimmäkseen voimaharjoitteluun, on psyykkisen harjoittelun tarkasteleminen olennaista lajin luonteen takia. Tämä luku käsittelee vapaasukellukseen liittyviä psyykkisiä ilmiöitä fysiologian, psyyken, harjoittelun ja valmennuksen näkökulmasta. Laji-analyysin kannalta on otettava huomioon lajiin liittyvät psyykkiset tekijät ja se, kuinka ne vaikuttavat urheilijan suoritukseen. Lisäksi urheilija-analyysissä on hyvä ottaa huomioon urheilijan yksilölliset ominaisuudet. (Liukkonen 2016, 211.)

Vapaasukeltajan mieleen vaikuttavat useat eri tekijät sen mukaan, onko kyse sukeltamisesta uima-altaassa vai avovedessä. Ympäristötekijöitä avovedessä ovat sukellussyvyys, sää, virtaukset, lämpötila, tukialus ja kisajärjestelyt. Allaslajeissa ympäristötekijöitä ovat uimahallin melu, altaan lämpötila, allasprofiili ja kisajärjestelyt. Yksilöllisiä tekijöitä ovat itseluottamus, tunteet, motivaatio, kisajännitys, pelko ja vireystila.

4.1 Fysiologiset vaikutukset

Tunteilla on merkittävä vaikutus urheilijan suoritukseen. Kisajännitys tai stressi voi kasvattaa urheilijan vireystilaa korkeammaksi. Tämä voi vaikuttaa suoritukseen myös positiivisesti, jos lajin vaatimuksena on esimerkiksi korkeatehoinen suoritus. (Bhani 2015; Kokkonen 2012, 74.) Vapaasukelluksessa korkea vireystila tai ylienergisyys on lähtökohtaisesti haitallista. Vapaasukelluksessa urheilija pidättää hengitystä koko suorituksen ajan, joten mahdollisimman pieni hapenkulutus on keskiössä. Sekä Matikka ja Roos-Salmi (2012, 74) ja Bhani (2015) toteavat jännityksen vaikuttavan urheilijaan hermostollisesti, ja tämä voi nostaa urheilijan sykettä ja lihastonusta sekä vähentää keskittymistä suoritukseen. (Bhani 2015; Matikka & Roos-Salmi 2012, 74.)

Autonominen hermosto vaikuttaa suoranaisesti ihmisen hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan. Autonominen hermoston toimintaan ei voi vaikuttaa tahdonalaisesti (Kurra, ym. 2015, 35). Autonominen hermosto jakautuu sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon. Sympaattinen hermosto kiihdyttää verenkiertoa ja sisäelinten toimintaa, ja parasympaattinen hermosto rauhoittaa aineenvaihduntaa (Schuenke, Schulte & Schumacher 2015, 94–95). Sekä Kurra, ym. (2015, 35) että Tuomola (2014, 171–172) toteavat, että autonomiseen hermostoon voidaan vaikuttaa epäsuorasti. Vapaasukeltajat käyttävät valmistautuessaan suoritukseen erilaisia hengitys- ja rentoutusmenetelmiä. Menetelmät aktivoivat parasympaattisen hermoston toimintaa. Käytännössä sukellukseen valmistaudutaan palleahengityksellä. Hengitys stimuloi vagushermaa, joka vuorostaan aktivoi parasympaattista hermostoa (Vagus Nerve N.d.). Parasympaattinen hermosto laskee vireystilaa alhaisemmaksi. Vireystilan alentuminen laskee sykettä, hidastaa verenkiertoa ja valmistaa sukeltajaa rauhalliseen suoritukseen. (Kurra, ym. 2015, 35; Schuenke, ym. 2015, 94–95; Tuomola 2014, 171–172.)

4.2 Harjoittelu

Tässä luvussa tarkastellaan vapaasukeltajalle olennaisimpia psyykkisiä taitoja ja niiden harjoittelua. Psyykkisiä taitoja ovat erilaiset hengitystekniikat, rentoutusmenetelmät, motivointimenetelmät, keskittymisharjoitukset, mielikuvaharjoitteet ja tunteita sekä vireystilaa säätelevät harjoitteet (Mattiikka & Roos-Salmi 2012, 4–5; Arajärvi & Thesleff 2020, 107). Vuonna 2013 julkaistussa tutkimuksessa verrattiin vapaasukeltajia ei-urheilevaan verrokkiryhmään. Tutkimuksessa huomattiin vapaasukeltajilla olevan verrokkiryhmää alhaisemmat stressitasot, parempi itseluottamus ja itsehillintä. (Alkan & Akis 2013.) Toisaalta tutkimuksen verrokkiryhmäksi on kuvailtu ”ei-urheilijat”, joten tutkimus ei kerro, ovatko vapaasukeltajan psyykkiset ominaisuudet muihin urheilijoihin verrattuna parempia.

Psyykkiset taidot ovat taitoja siinä missä muutkin, ja niitä voi harjoitella. Psyykkisissä taidoissa on huomioitava urheilijoiden yksilöllisyys. Kaikki tekniikat eivät toimi kaikille, ja urheilijan on itse kehiteltävä, mitkä tekniikat sopivat parhaiten. Rentoutustekniikoita on useita erilaisia. Tyypillisiä rentoutustekniikoita ovat progressiivinen jännitysrentoutusmenetelmä ja visualisointiin perustuva kehonskannausmenetelmä (Kurra, ym. 2015, 109). Koko kehon rentoutus sopii esimerkiksi staattiseen hengityksen pidättämiseen. Dynaamisissa sukelluslajeissa kuten pituussukelluksessa voidaan hyödyntää kehon osittaista rentoutusta. Menetelmässä rentoutetaan ne lihakset, jotka eivät työskentele tulevassa suorituksessa. (Kataja 2012, 181.)

Mielikuvaharjoittelu voi yksinkertaisimmillaan olla kehon lihasten rentouttamista yksi kerrallaan tai suorituksen läpikäymistä vaihe vaiheelta. Harjoitteessa urheilija voi mielessään tehdä sukelluksen miettimällä sisäisestä näkökulmasta esimerkiksi kehon asentoa, tuntemuksia, tekniikkaa, käännöksiä ja kaikkea suorituksen aikana tapahtuvaa. Mielikuvassa suoritusta voi tarkastella myös ulkoisesta perspektiivistä. Ulkoisesta perspektiivistä urheilija pystyy tarkastelemaan tekniikkaa konkreettisesta näkökulmasta. (Kataja 2012, 199; Kurra, ym. 2015, 110.) Sekä Kurra, ym. (2015, 110) että Kataja (2012, 200) ovat yhtä mieltä siitä, että visualisoimisen harjoittelu tulisi aloittaa rauhallisessa ympäristössä, mielellään ilman keskeytyksiä. Taidon kehityttyä harjoittelu olisi hyvä siirtää kilpailutilannetta vastaaviin olosuhteisiin. Kurra ja muut (2015, 110) painottavat mielikuvaharjoitteissa positiivisiin asioihin ja onnistumisiin keskittymistä. (Kataja 2012, 200; Kurra, ym. 2015, 110.)

5 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite

Opinnäytetyön tarkoituksena on lisätä vapaasukeltajaurheilijoiden tietoutta lajinomaisesta lihasvoimaharjoittelusta ja lajiin liittyvistä fysiologisista erityispiirteistä. Lisäksi opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa yleiskatsaus vapaasukelluksesta urheilulajina. Opinnäytetyön tavoitteena on koota aiheeseen liittyvää aikaisempaa tutkimusta kirjallisuuskatsauksen menetelmin ja tuottaa tietoa vapaasukeltajan voimaharjoittelusta nykytutkimusnäytön perusteella. Tietoperusta vapaasukelluksesta ja voimaharjoittelusta on koottu laadukkaista tutkimuksista ja ammattikirjallisuudesta. Johtopäätökset tehtiin kirjallisuuskatsauksen tuloksien ja tietoperustan liikuntabiologisten tietojen välisen vuoropuhelun perusteella (Nakamura 2023). Opinnäytetyön tuomaa tietoa voivat hyödyntää vapaasukeltajat, fysioterapeutit ja fysiikkavalmentajat vapaasukelluksessa vaadittavien ominaisuuksien kehittämiseen sekä harjoittelun suunnittelemiseen.

Tutkimustehtävänä oli löytää tietoa vapaasukeltajan voimaharjoittelusta. Tutkimusongelmaksi muodostui aiheeseen liittyvä vähäinen tutkimus. Ongelman ratkaisemiseksi oli selvitettävä lajiin liittyviä erityispiirteitä lajiansalyysillä. Lajiansalyysi tehtiin pääasiallisesti fysiologisena lajiansalyysinä, joka tarkastelee lajiin liittyviä fysiologisia erityispiirteitä. (Kauranen 2014, 461.) Tehtävän ja ongelman perusteella muodostui tutkimuskysymyksiksi:

1. Millaisesta voimaharjoittelusta vapaasukeltaja hyötyy?
2. Mitkä ovat vapaasukeltajan pääasialliset energiantuottotavat?
3. Miten lajiharjoittelu vaikuttaa vapaasukeltajaan?

6 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyö toteutettiin kuvailevana narratiivisena kirjallisuuskatsauksena ja aineiston analyysissä käytettiin induktiivista temaattisen analysoinnin menetelmää. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on tutkimusmenetelmä, joka tarkastelee, mitä tutkittavasta aiheesta tiedetään ja mitä erityispiirteitä aiheeseen liittyy. Induktiivinen teemoittelu ja kuvaileva kirjallisuuskatsaus mahdollistaa vapaamman tiedonhaun kuin systemaattisempi katsaus. Opinnäytetyön tavoitteena oli esitellä vapaasukeltamista yleisesti ja keskittyä erityisesti vapaasukeltajan voimaharjoitteluun. Yleistävä katsaus perustuu tutkijan ymmärryksen lisääntymiseen aiheesta sekä aineiston laadukkaaseen synteesiin ja kriittiseen tarkasteluun. (Viikka 2023, 18–19.) Kirjallisuuskatsauksessa on tyypillisesti

viisi eri vaihetta: 1. tarkoituksen ja tutkimusongelman määrittäminen, 2. aineiston haku ja valinta, 3. tutkimusten arviointi, 4. aineiston analysointi ja synteesi sekä 5. tulosten lopullinen raportointi. (Stolt, Axelin, & Suhonen 2016, 23.)

6.1 Aineiston haku

Opinnäytetyön aineistoa haettiin kattavasti eri sähköisistä tietokannoista. Hakustrategiassa määritettiin tarkat mukaanotto- ja poissulkukriteerit (ks. taulukko 1). Selkeä kriteeristö auttaa keskeisten tutkimuksien valitsemisessa, vähentää katsauksen virhemarginaalia ja lisää katsauksen luotettavuutta (Stolt, ym. 2016, 25). Hakustrategiana oli ensisijaisesti kartoittaa vapaasukeltajan voimaharjoittelua käsittelevä tutkimus. Aiheesta ei suoranaisesti löytynyt tutkimustietoa ja tutkimusnäyttö oli vähäistä, joten hakua täydennettiin fysiologisella lajianalyysillä. Tämän perusteella etsittiin tietoa vapaasukeltajan energiantuottotavoista ja lajispesifin harjoittelun vaikutuksista vapaasukeltajaan.

Taulukko 1. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Vastaa vähintään yhteen tutkimuskysymykseen	Ei vastaa tutkimuskysymykseen
Tutkimusartikkeli	Muu kuin tutkimusartikkeli
Julkaistu 2013–2023	Julkaistu ennen 2013
Kieli englanti	Kieli muu kuin englanti
Tutkimuskohteena terveet	Tutkimuskohteena sairaat
Vertaisarvioitu	Ei vertaisarvioitu

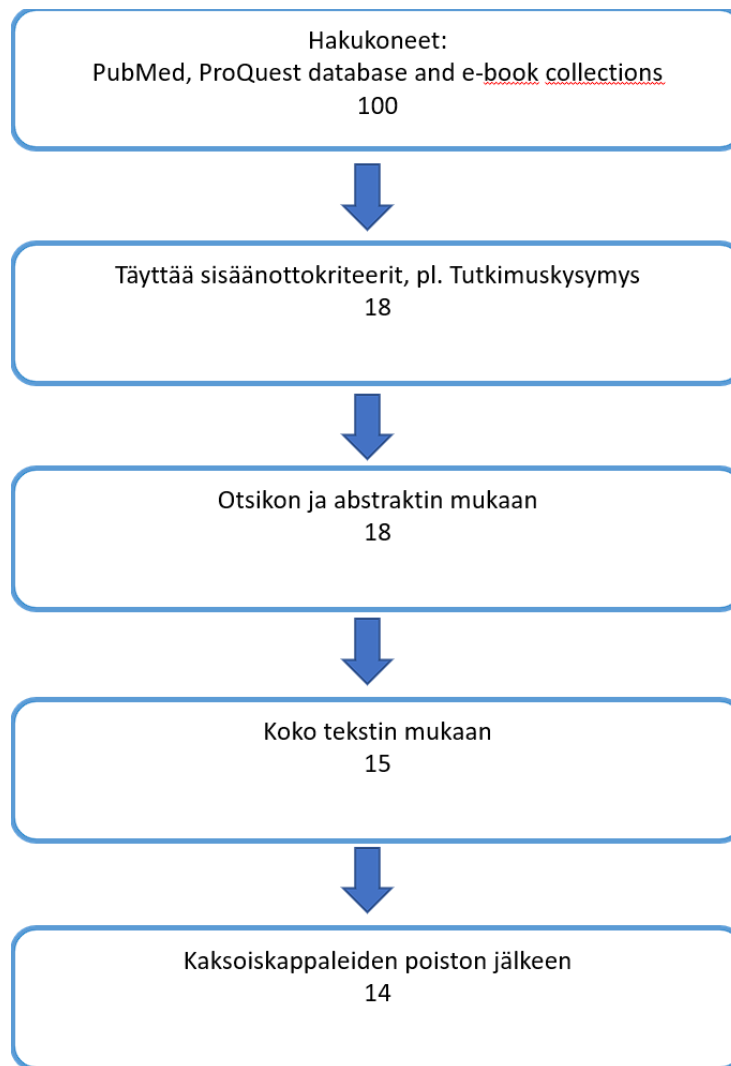
Ennen varsinaista tiedonhakuja suoritettiin kattavasti koehakuja Google Scholarista, PubMedistä, Cochranesta, Cinahlista, Proquestista ja PEDrosta määrittämään lopulliseen hakuun käytettävät tietokannat ja hakusanat. Koehakujen perusteella Google Scholar, Cochrane, Cinahl ja PEDro rajautuivat pois tiedonhausta. Lopullinen aineistonhaku tapahtui kesä-elokuussa 2023 hyödyntämällä

Proquestia ja PubMediä. Ensimmäisissä hauissa haettiin tietoa vapaasukeltajan voimaharjoittelusta. Hakujen tuloksettomuuden jälkeen tarkentui haku fysiologiseksi lajiansalysiksi. Hakua tarkennettiin vapaasukellukseen ja veren laktaatteihin sekä kehon koostumukseen. Hakua täydennettiin uimareiden voimaharjoitteluun liittyvillä tutkimuksilla ja käsihaulla valittiin yksi tutkimus yhden tutkimuksen lähteistä. (Ks. taulukko 2.)

Taulukko 2. Käytetyt tietokannat ja hakulausekkeet

Käytetyt tietokannat ja hakulausekkeet	
PubMed	
Hakusanat	Suodattimet
adaptive mechanisms AND breath-hold AND freediving	Ei suodattimia
Breath-hold diving AND blood lactate	Freetext, last 10 years
"physical activity" AND breath-hold diving	Ei suodattimia
(breath-hold diving) AND (strength) NOT (COPD)	last 20 years, humans
Proquest	
(breath-hold diving) AND "bone mineral density"	last 10 years, full text, peer reviewed
maximal strength training effects and swimming athletes	scholarly journals, last 5 years, evidence-based healthcare, English, full text, peer reviewed, 20 osuvinta artikkelia

Opinnäytetyöhön valikoitui 14 tutkimusta 100 tutkimuksesta. (Ks. kuvio 4.) Osassa tarkasteltiin harjoittelun vaikutuksia sukellussuoritukseen, kehon adaptaatioita lajispesifiin harjoitteluun, kehon koostumusta ja energiantuottotapoja vapaasukeltajilla. Mukaan valitut tutkimukset on esitelty opinnäytetyön liitteistä löytyvästä taulukosta. (Ks. [liite 6.](#))



Kuvio 4. Kirjallisuushaun tulokset

6.2 Aineiston laadun arviointi

Kirjallisuuskatsauksen reliabiliteetin ja validiteetin lisäämiseksi on toteutettu kaksi erillistä laadun-
arviointia. Tutkimusartikkeleiden laadunarviointi voidaan toteuttaa systemaattisesti arvioimalla
jokainen artikkeli erikseen tai artikkelit voidaan arvioida laajempina kokonaisuutena tai oman tut-
kimuksen osalta olennaisten teorian tai käsitteiden näkökulmasta (Viikka 2023, 74–75.) Aineiston
hankinta ja valitseminen kirjallisuuskatsauksessa tapahtuu jatkuvan arvioinnin perusteella, joten
aineiston haku, valinta ja arviointi ovat kirjallisuuskatsauksessa lomittain tapahtuva vaihe (Stolt,
ym. 2016, 23; Viikka, 2023, 74–75; Tiedonhankinnan vaiheet, N.d.).

Jokainen opinnäytetyöhön valittu tutkimus arvioitiin Joanna Briggs -instituutin arviointikriteeristöllä tutkimustavan mukaan. Katsauksen toisessa laadunarvioinnissa arvioitiin tehdyn kirjallisuuskatsauksen eli opinnäytetyön laatua. Kaikki opinnäytetyöhön valitut tutkimukset olivat vertaisarvioituja. Artikkeleista 11 arvioitiin kvasikokeellisen tutkimuksen, kaksi systemaattisen katsauksen ja yksi laadullisen tutkimuksen arviointimenetelmällä. Valitut tutkimukset olivat korkealaatuisesti toteutettuja ja raportoituja, mutta osassa tutkimuksissa ei ollut kontrolliryhmää ja otannat olivat kaikissa tutkimuksissa suppeita.

Tyypillisesti kirjallisuuskatsaukseen valitaan vain alkuperäistutkimuksia, mutta koska tutkimusnäyttö oli vähäistä, valittiin kirjallisuuskatsaukseen mukaan kolme katsausta, jotka löytyivät hakukriteerien perusteella. Kirjoittaja arvioi liiallisen käsihaun tai kirjallisuushaun laajentamisen katsauksien perusteella lisäävän virhemarginaalia, jonka vuoksi päädyttiin valitsemaan kyseiset tutkimukset. Opinnäytetyön laadunarviointia käsitellään pohdinnassa.

6.3 Aineiston analyysi

Sisällönanalyysiä voidaan hyödyntää yhtenä menetelmänä tai väljänä teorian viitekehyksenä. Sisällönanalyysissä aineisto voidaan käsitellä systemaattisesti tai objektiivisesti. Temaattisessa analyysissä lähtökohdat ja logiikka ovat käytännössä sama kuin sisällönanalyysissä. Sisällön tai temaattisen analyysin tuloksena tuotetut teemat tai luokat eivät ole kirjallisuuskatsauksessa katsauksen tulos vaan aineiston järjestämisen apuväline. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 103, 117, 140.) Opinnäytetyön aineiston järjestämisen apuvälineenä on käytetty teoriaohjaavaa induktiivista temaattista analyysiä.

Induktiivisessa temaattisessa aineiston analyysissä aineistoa pyritään tarkastelemaan avoimin mielin etsien toistuvia teemoja ja kaavoja, jotka vastaavat tutkimuskysymyksiin (Jowsey, Deng & Weller 2021.) Teoriaohjaavassa analyysissä aikaisempi tieto ohjaa analyysiä, joten metodissa tutkija ei voi täysin avoimin mielin tarkastella aineistoa teorian ja omien perspektiivinsä takia. (Jowsey, ym. 2021; Tuomi & Sarajärvi 2018, 103.) Opinnäytetyötä ohjaa hyvä tieteellinen menetelmä, ja aineistoa tarkastellaan fysioterapia-, terveys- ja liikuntatieteen näkökulmasta.

Opinnäytetyön aineiston järjestämisessä käytettiin muunneltua Braunin ja Clarken kuuden vaiheen käytännön lähestymistä temaattiseen analyysiin. Vaiheessa 1 kirjoittaja tutustui aineistoon

lukemalla aineistoa läpi tehden muistiinpanoja ja etsien samalla aineistosta toistuvia teemoja. Vaiheessa 2 kirjoittaja valitsi aineistosta lyhyitä lauseita tai virkkeitä, joista selviää tekstin keskeinen sisältö. Tekstistä luotiin alateemoja, joiden perusteella aineisto järjestettiin. Vaiheessa 3 etsittiin teemoja alateemojen perusteella tai suoraan tekstistä. Teemojen tunnistamisen jälkeen kaikki teemalle olennainen aineisto järjestettiin kyseisen teeman alle. Vaiheessa 4 tarkastettiin teemojen yhteneväisyys lukemalla aineistoa läpi. Prosessissa tarkastettiin, sopivatko teemat valittuihin teksteihin ja sopivatko tekstit kyseisiin teemoihin. Tuloksena voi syntyä uusia teemoja. Lopuksi teemojen perusteella luotiin temaattinen taulukko. Taulukko auttoi aineiston järjestämisessä tulosten tulkitsemista ja johtopäätöksiä varten. Esimerkki temaattisesta taulukosta löytyy opinnäytetyön liitteistä. (Ks. [Liite 5.](#)) Vaiheessa 5 nimettiin teemat ja alateemat. Vaiheessa 6 tuotettiin raportti tulosten perusteella. (Jowsey, ym. 2021.)

7 Tulokset

Aineiston analyysin tuloksena nousi kolme keskeistä pääteemaa. Aineisto järjestettiin teemojen perusteella johtopäätöksien tekemistä varten. Nousseita pääteemoja olivat fyysinen harjoittelu, energiantuottotavat, kehon koostumus ja adaptaatio. Usein toistuvia alateemoja olivat laktaatti, anaerobisuus, energia-aineenvaihdunta ja sukellusvasteen aiheuttama bradykardia.

7.1 Fyysinen harjoittelu

Voimaharjoittelun vaikutuksia vapaasukellussuoritukseen ei suoranaisesti löytynyt yhdestäkään tutkimuksesta. Valituissa tutkimuksissa verrattiin fyysisen harjoittelun, hengityksen pidätysharjoittelun ja näiden yhdistelmän (cross-training) vaikutusta eri vapaasukellussuorituksiin. Fyysinen harjoittelu sisälsi voimaharjoittelua ja uintia. Fernandez, Martin-Martin, García-Camacha, Juarez, Fidel & González-Ravé (2019) tekemässä tutkimuksessa verrattiin edellä mainittuja interventioita toisiinsa. Kaikilla ryhmillä tulokset paranivat lähes yhtä paljon staattisessa hengityksen pidätyksessä ja pituussukelluksessa räpylöillä. Sukelluksessa ilman räpylöitä tulokset paranivat ristikkäin harjoittelevilla enemmän. Tutkimus toteaa fyysisen harjoittelun vaikuttavan sukeltajan vedenalaisen uinnin taloudellisuuteen positiivisesti. (Fernandez, ym. 2019.)

Tutkimuksessa, jossa selvitettiin fyysisen harjoittelun ja hengityksen pidättämisharjoittelun eli apneaharjoittelun vaikutuksia hengityksen pidätysaikaan ja sukellusvasteeseen, huomattiin fyysisen harjoittelun parantavan sukeltajan vitaalikapasiteettia ja maksimaalista hapenottoa (VO_{2max}). Harjoittelulla ei ollut vaikutusta sukellusvasteeseen. Harjoitteluinterventio sisälsi voima-, kestävyys- ja dynaamista liikkuvuusharjoittelua. Fyysisen harjoittelun pääasialliset vaikutukset näkyivät sukelluksen kamppailuvaiheen psykologisessa sietämisessä. Tutkimuksen mukaan hengityksen pidätyksen harjoittelu on tärkein elementti pidentämään sukellusaikaa ja edistämään bradykardiaa. (Schagatay, van Kampen, Emanuelsson & Holm 2000.)

Vastaavia tuloksia saatiin myös vuonna 2023 tehdyssä laajassa katsauksessa maksimaalisen staattisen hengenpidätyksen harjoittelusta. Katsauksessa havaittiin, että staattisen hengityksen pidätyksen tuloksia parantavia harjoittelumetodeja ovat hengityksen pidätys, fyysinen harjoittelu ja kuiva-harjoittelu sekä ristikkäisharjoittelu. Toisaalta tutkimus toteaa, ettei optimaalista harjoittelua voi päätellä, sillä harjoitusmetodeja ei ole yhdenmukaisesti suunniteltu. (Massini, Scaggion, Oliveira, Macedo, Almeida, & Pessôa Filho 2023.)

Kilpauimareiden voimaharjoitteluinterventioita tutkineessa systemaattisessa katsauksessa tarkasteltiin eri interventioiden vaikutuksia uimareiden suorituskykyyn. Tutkimuksessa havaittiin kaikkien voimaharjoitteluinterventioiden parantavan uimareiden suorituskykyä vapaauinnissa huomattavasti. Tutkimuksen mukaan kuivana tehty uintia jäljittelevä vastusharjoittelu, hypertrofinen harjoittelu ja maksimivoimaharjoittelu parantavat uimareiden suorituskykyä eniten. (Fone & van den Tillaar 2022.)

Optimaalista voimaharjoittelun kuormaa uintisuorituksen parantamiseen tutkittaessa havaittiin pienempienkin kuormamäärien parantavan uimareiden maksimivoimaa, kohtalaisten ja suurien kuormamäärien lisäksi. Tutkijat toteavat myös voiman olevan avainelementti uinnin suorituskyvyssä sekä maksimivoiman ennustavan parempaa suorituskykyä uinnissa. (Amara, Crowley, Sammoud, Negra, Hammami, Chortane, Khalifa, Chortane & van den Tillaar 2021.)

7.2 Energiantuottotavat

Kokeneilta vapaasukeltajilta tutkittiin aivoverenkierron reaktiivisuutta pitkien hengityksenpidätyksien aikana. Tutkimuksessa havaittiin, ettei tutkittavien aivoissa tapahtunut asidoosia eikä aivojen

laktaattitason nousua. Tämä viittaa alhaisen happitason aiheuttamaan kompensaatioon aivojen rekrytoimissa ATP-varastoja, jolloin myös aivoverenkierto vilkastuu. Tutkimuksessa havaittiin merkittävää laskua kreatiinifosfaatin ja ATP:n suhteessa, joka oletettavasti johtuu hapensaannin ja vähentyneen aerobisen ATP:n tuottamisen aiheuttamasta kompensaatiosta, missä kreatiinifosfaattia tuotetaan ATP:tä. Kokeneille vapaasukeltajille kehittyy tehokas aivoverenkierron energia-aineenvaihdunta, joka pystyy sietämään voimakasta hapenpuutetta ja korkeita hiilidioksidimääriä. (Keil, Eichhorn, Mutsaerts, Träber, Block, Mädler, Siero., MacIntosh, Petr, Fimmers, Schild & Hattinen 2018.)

Bosco, Rizzato, Martani, Schiavo, Talamonti, Garetto, Paganini, Camporesi, & Moon (2018) toteavat, että sukellusurituksen alkaessa hapensaanti loppuu. Keho alkaa hyödyntää sisäisiä happivarastoja ja pitää yllä aerobista aineenvaihduntaa. Kehon sisäisiä happivarastoja ovat hengityskaasut, hemoglobiini ja lihasten myoglobiini. Myoglobiini toimii myös puskurina soluhengitykselle (Vanek & Kohli 2023). Kun saatavilla olevan hapen määrä on riittämätön vaadittuun energiantuottoon nähden, anaerobinen energiantuotto alkaa ja keho alkaa nostaa veren laktaattipitoisuutta. Sukeltajan keho alkaa säästää happea fysiologisilla reaktioilla. Sukelluksen aiheuttama bradykardia supistaa ääreisverenkiertoa, laskee sykettä ja ohjaa verenkierron ääreisosista aivoille ja välikarsinaan suojaamaan sydäntä ja keuhkoja. Boscon ja muiden (2018) tutkimuksessa tutkittiin valtimoveren kaasupitoisuuksia ennen sukellusta, sukelluksen aikana ja sukelluksen jälkeen. Tutkijat havaitsivat pienen mutta merkittävän nousun veren laktaattipitoisuudessa, joka on seurausta sukellusvasteen aiheuttamasta anaerobisesta aineenvaihdunnasta tai hämäävästi lihastyöstä. (Bosco, ym. 2018.)

Tutkittaessa CT- ja magneettikuvalla vapaasukeltajien sydämen hypoksian sietokykyä ja alenevaa laktaattipitoisuutta maksimisuorituksen aikana havaittiin merkittävästi kohonnuttua sydänlihaksen verenkiertoa ja alentunutta laktaattipitoisuutta ilman iskemiaa tai ongelmia verenvirtauksessa. Tutkimus osoittaa vapaasukeltajien fysiologian pystyvän laktaattiaineenvaihduntaan, mitä on havaittu merinisäkkäillä. (Kjeld, Møller, ym. 2021.) Edellistä tutkimusta tukevia havaintoja tehtiin tutkittaessa hypoksian aiheuttamaa bradyarytmiaa eliittivapaasukeltajilla. Tutkimuksessa huomattiin veren glukoosin pysyvän stabiilina tai jopa nousevan maksimaalisen suorituksen aikana. Huomio myös osaltaan viittaa samankaltaiseen hypoksian aiheuttamaan laktaattiaineenvaihduntaan, jota on havaittu merinisäkkäillä. (Kjeld, Isbrand, ym. 2021.)

Sydämen ja luurankolihasen stressimerkkejä tutkittaessa Cialoni, Brizzolari, Sponsiello, Lancelotti, Lori, Bosco, Marroni, & Barassi (2021) havaitsivat kreatiinikinaasin ja laktaattidehydrogenaasin (LDH) merkittävää nousua vapaasukellusharjoituksen jälkeen. (Cialoni, ym. 2021.) Pitkittynyt ja raskas harjoittelu johtaa LDH:n nousuun. LDH on anaerobisessa energiantuotossa käytettävä entsyymi, joka osallistuu anaerobiseen glykolyysiin silloin, kun happea on vähän. (Farhana & Lappin, 2023.) LDH-pitoisuuden alaneminen on nopeaa, ja pitoisuuden pysyvyys johtuu todennäköisesti sukeltajien kokemuksesta ja harjoitustaustasta. Kreatiinikinaasin nousu on seurausta todennäköisesti aktiivisuuden aiheuttamasta energiatarpeen noususta. Kreatiinikinaasi tukee anaerobista glykolyysiä ja ATP:n tuotantoa hypoksisissa olosuhteissa. (Cialoni, ym. 2021.)

7.3 Kehonkoostumus ja adaptaatio

Vapaasukeltajien luurankolihasista, hematologiaa ja pernan tilavuuden erityispiirteitä ei-sukeltaviin fyysisesti aktiivisiin verrokkeihin vertaavassa tutkimuksessa havaittiin seuraavia (Elia, Wilson, Lees, Parker, Barlow, Cocks, & O'Hara 2019): Vapaasukeltajilla oli 24 % suurempi retikulosyyttien määrä kuin ei-sukeltavilla. Hemoglobiinin ja punasolujen määrä oli merkittävästi suurempi vapaasukeltajilla kuin ei-sukeltavilla, sillä sukeltajilla se oli 144–166 g/l ja ei-sukeltajilla 4,80–6,3·10¹²/l. Hiusuonten tiheys oli vapaasukeltajilla 19 % ei-sukeltavia tiheämpää. Vapaasukeltajilla havaittiin 13 % lyhyempi diffuusion etäisyys tyypin I lihassolussa. Vapaasukeltajilla havaittiin olevan 27 % suurempi myoglobiinin määrä tyypin I lihassolussa verrattuna tyypin II lihassoluihin, kun verrokkiryhmällä ei havaittu eroa lihassolujen välillä. Myoglobiinin määrä oli vapaasukeltajilla 27 % suurempi kuin verrokkiryhmällä tyypin I lihassolussa. Mitokondrioiden määrä oli 35 % suurempi tyypin I lihassolussa verrattuna tyypin II lihassoluun vapaasukeltajilla, mutta verrokkiryhmällä ei havaittu eroja. Lihassolujen jakaumassa ei ollut eroa ryhmien välillä, mikä on ristiriidassa aikaisempiin havaintoihin. Havainnot osoittavat vapaasukeltajilla olevan laajemmat happivarastot veressä ja luurankolihasessa sekä tehokkaampi hapenvaihtokapasiteetti verrokkiryhmään verrattuna. (Elia, ym. 2019.)

Vapaasukeltajien happea säästäviä mitokondrioiden adaptaatiota luurankolihasessa tutkineessa tutkimuksessa otettiin koepala ulommasta reisilihaksesta tutkimusryhmän vapaasukeltajilta sekä verrokkiryhmänä toimivilta judourheilijoilta. Tutkimuksessa havaittiin vapaasukeltajilla olevan merkittävästi alhaisempi mitokondrioiden hapenkulutus verrokkeihin verrattuna. Samankaltaisia

havaintoja on tehty myös merinisäkkäillä, joiden luurankolihakset adaptoituvat energiaa säästävään tilaan pitkien sukelluksien aikana. Tutkimuksessa havaittiin vapaasukeltajien rasvattoman massan olevan vähäisempää kuin kontrolliryhmällä, mikä merkitsee alhaisempaa hapenkulutusta. Vapaasukeltajien luun mineraalitiheyden havaittiin olevan myös kontrolliryhmää alhaisempi, mikä todennäköisesti johtuu veden kannattelevista ominaisuuksista. (Kjeld, Stride, Gudiksen, Hansen, Arendrup, Horstmann, Zerahn, Jensen, Nordsborg, Bejder, & Halling 2018.)

Elia, Gennser, Harlow, & Lees (2021) havaitsivat myös katsauksessaan vapaasukeltajilla olevan verrokkejaan alhaisempi luun mineraalitiheys ja luun mineraalimäärä. Mekaaninen kuormitus on olennaista luun uudelleen muodostamisessa ja luun mineraalitiheyden syntymisessä. Paineen vaikutukset todennäköisesti edistävät luun uudelleen muodostumista, ja toisaalta veden kannattelevat ominaisuudet keventävät tätä kuormitusta. Katsauksessaan Elia, ym. (2021) havaitsivat pienemmän poikkipinta-alan kaikissa lihassoluissa kuin verrokkiryhmällä ja suuremman hiussuonitiheyden. Tyypin II-lihassolujen huomattiin olevan vallitseva solutyyppi korealaisilla ammattilaisvapaasukeltajilla ja suuremman suhteen tyypin IIX soluissa kuin verrokkiryhmällä (31 % vs. 22 %). (Elia, ym. 2021.)

Tyypin IIX lihassolut ovat nopeita glykolyyttisiä soluja, jotka supistuvat ja väsyvät nopeasti (Plotkin, Roberts, Haun, & Schoenfeld 2021). Elannokseen vapaasukeltavilla indonesialaisilla havaittiin myös vastaavanlaista jakaumaa lihassoluissa ja niiden poikkipinta-alassa, mutta tyypin IIX lihassoluissa ei ollut eroa verrokkiryhmään. Tämä voi selittyä veden lämpötilalla, joka korealaisilla sukeltajilla oli 10–27 °C ja indonesialaisilla 29–30 °C. Alhainen lämpötila vaikuttaa lihasten toimintaan, ja suurempi tyypin II lihassolujen rekrytointi kompensoi kylmän veden vaikutukset voimantuottoon ja tekee uinnista tehokkaampaa. (Elia, ym. 2021.)

Hengityksen pidättämiseen tottumattomilla terveillä liikunnallisilla naisilla tutkittiin lihaksen happamiskinetiikkaa ja sykettä polkupyöräergometrilla. Interventioon kuului kuiva hengityksenpidätys ja märkä hengityksenpidätys, missä kasvot olivat vedessä pyöräilyn aikana. Kasvot vedessä bradykardia oli voimakkaampaa, ja molemmissa interventioissa kudosten happipitoisuus laski merkittävästi ilman suuria eroja interventioiden välillä. Tutkimuksessa havaittiin tapahtumasarja, jossa kaikki hapetusmekanismit alkoivat laskea ennen bradykardiaa. Tästä voidaan päätellä ääreisveren-

kierron vasokonstriktion aiheuttavan bradykardiaa. Tutkittavilla havaittiin myös korkeampi laktaattipitoisuus kuivana kuin kasvot vedessä ensimmäisen hengityksenpidätyksen aikana. (Bouten, De Bock, Bourgois, de Jager, Dumortier, Boone, & Bourgois, 2021.) Havainnot ovat samassa linjassa aiempien tutkimuksien kanssa sukellusvasteen käynnistämästä laktaattiaineenvaihdunnasta.

8 Yhteenveto

Vapaasukelluksessa vaaditaan äärimmäistä aerobista suorituskykyä peruselintoimintojen ylläpitämiseen, ja samanaikaisesti anaerobiset ominaisuudet huolehtivat voimantuotosta fyysisen aktiivisuuden aikana. Lajiharjoittelun aiheuttamat adaptaatiot kehon koostumuksessa, aineenvaihdunnassa, hypoksian sietämisessä ja sukellusvasteen voimakkuudessa ovat keskeistä vapaasukeltajan suorituskyvyssä, ja ne on otettava huomioon voimaharjoittelua suunniteltaessa. Vapaasukeltaja hyötyy tehokkaasta voimantuotosta. Voimantuottoa lisäävät neuraaliset adaptaatiot, hypertrofia ja lihaksen supistumisominaisuudet. Voimantuottomaksimi kasvaa huomattavasti ennen lihaskasvua hermostollisista vaikutuksista. (Furrer, ym. 2023.) Vapaasukeltajilla havaittiin myös verrokkejaan alhaisempi luun mineraalitiheys ja -määrä. Tämä voi olla riski osteoporoosille, jonka ehkäisemiseen voimaharjoittelu on keskeinen interventio (Liikunta 2016).

Vapaasukeltaja tuottaa energiaa luurankolihasille dynaamisen suorituksen aikana anaerobisen glykolyysin avulla. Lajiharjoittelun aiheuttamat adaptaatiot ja voimakas sukellusvaste mahdollistavat kokeneella vapaasukeltajalla laktaattiaineenvaihdunnan, jonka avulla laktaatista voidaan hyödyntää energiantuotannossa maksimaalisen suorituksen aikana. Voimaharjoittelu parantaa dynaamisen sukelluksen suorituskykyä ja uinnin taloudellisuutta. Maksimivoimaharjoittelu näyttäisi olevan vapaasukeltajaa eniten palveleva interventio. Maksimivoima on pohjaominaisuus anaerobiselle kestovoimalle (Rytkönen 2018, 112), ja oikein ohjelmituna maksimivoimaharjoittelu voidaan toteuttaa ilman hypertrofiaa. Synteesi jää kuitenkin tutkimusnäytön puutteen vuoksi hypoteesiksi. Lajiharjoittelu mahdollistaa happea varastoivan, säästävän ja alhaisia happipitoisuuksia sietävän fysiologian vapaasukeltajalla. Tämän vuoksi voimaharjoittelu on suunniteltava lajiharjoittelun ehtoilla.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kuvailevan kirjallisuuskatsauksen menetelmin koota vapaasukelluksesta aikaisempaa tutkimustietoa ja tuottaa yleiskatsaus lajista. Opinnäytetyö tuo tietoa vapaasukelluksesta lajista kiinnostuneille, valmentajille ja fysioterapeuteille sekä lisää vapaasukeltajaurheilijoiden tietoutta lajinomaisesta voimaharjoittelusta. Opinnäytetyön perusteella vapaasukeltajaurheilijat, fysiikkavalmentajat ja fysioterapeutit voivat suunnitella lihasvoimaharjoittelua lajin fysiologiset erityispiirteet huomioiden. Katsauksessa on tarkasteltu aikaisempaa tutkimusta vapaasukeltajan voimaharjoittelusta, jota oli tutkittu vähäisesti. Tutkimuksen puutteen vuoksi täytyi voimaharjoittelua lähestyä epäsuorasti fysiologisen lajiansalyysin keinoin ja selvittää vapaasukeltajan pääasiallinen energiantuottotapa sekä lajiin liittyvät muut fysiologiset erityispiirteet, kuten lajiharjoittelun aiheuttamat kehon adaptaatiot ja kehon koostumus optimaalisen voimaharjoitteluintervention selvittämiseksi.

Voimaharjoittelun lisäksi opinnäytetyö tuo näkökulmaa psykofyysiseen fysioterapiaan psyykkisen harjoittelun kautta. Työssä kuvaillut harjoitteet sopivat suoranaisesti psykofyysisen fysioterapian menetelmiksi ja psyykkisen valmennuksen työkaluiksi. Työ ottaa myös kantaa hengityselimistön toimintaan ja vapaasukeltajien erikoistekniikoihin, joita voidaan hyödyntää hengitysfysioterapiassa. Fysioterapeutit voivat hyödyntää työtä ammattitaitonsa kehittämiseen fysiologian, kuormitusfysiologian sekä fysiikan lakien kertaamisen ja opiskelun kautta.

9.1 Eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyön menetelmänä oli kuvaileva kirjallisuuskatsaus, ja aineisto koottiin aikaisemmasta tutkimuksesta. Tämän vuoksi opinnäytetyöprojektissa ei tullut ihmistieteissä mahdollisesti vastaan tulevia eettisiä ongelmia eikä eettistä ennakoarviointia ihmistieteiden eettiseltä toimikunnalta tarvittu. (Tarvitseeko tutkimus eettisen ennakoarvioinnin ja kuka sen tekee? 2021). Opinnäytetyö on toteutettu noudattamalla hyvää tieteellistä käytäntöä ja tutkimuseettisiä periaatteita. Tiedon keruu on toteutettu huolellisesti ja aineistonkeruu kuvattu rehellisesti sekä tarkasti. Ihmisiä tutkimuksissa valikoituneista tutkimuksista on tarkastettu eettisten periaatteiden noudattaminen. Työssä kunnioitetaan muiden tekemää tutkimusta asiaankuuluvalla viittauksella ja tutkimus on raportoitu sekä suunniteltu vaadittavalla tavalla. (TENK 2012, 6.)

Opinnäytetyössä käytettiin havainnollistamiseen muiden tekemiä kuvioita. Kaksi kuvioista on Creative Commons (CC BY 3.0 & 4.0) lisenssin alaisia. Lisenssi antaa vapauden käyttää, jakaa ja muokata teosta vapaasti sillä ehdolla, että teokseen viitataan asiaankuuluvasti ja mahdollisista muokkauksista ilmoitetaan (CC By 4.0 Deed). Yksi kuvioista on kuvakaappaus yksityisen vapaasukelluskoulun verkkosivustolta, ja kuvion käyttämiseen opinnäytetyössä on kysytty lupa. Kaikkiin kuvioihin on viitattu asiaankuuluvasti.

Opinnäytetyön luotettavuutta tarkastellaan arvioimalla sen reliabiliteettia ja validiteettia. Reliabiliteetti kertoo, kuinka hyvin tutkimus on toistettavissa samalla lopputuloksella, kun käytetään tutkimuksessa kuvattuja samoja menetelmiä, ja validiteetti kertoo, kuinka tarkasti tutkimus mittaa sitä, mitä sen oli tarkoitus mitata. (Reliability vs. Validity in Research | Difference, Types and Examples, N.d.) Reliabiliteetista huomioitavaa on, että käytettynä menetelmänä on ollut kuvaileva kirjallisuuskatsaus, jolloin aineiston haussa voidaan käyttää enemmän vapauksia kuin systemaattisessa katsauksessa (Viikka 2023, 22).

Aineiston haku on ollut systemaattista ja prosessi on kuvattu huolellisesti, joten kuvailevasta katsauksesta huolimatta opinnäytetyöllä on hyvä reliabiliteetti. Validiteetin kannalta tuloksien synteesi on ollut monisyinen. Ainoatakaan tutkimusta ei löytynyt, missä voimaharjoittelu olisi ollut pääasiallinen interventio, mikä heikentää opinnäytetyön validiteettia. Validiteettia lisää fysiologisen lajianalyysin kirjallisuushaun tuottamat toistuvat yhtenevät tulokset. Valituissa tutkimuksissa on tarkkaan kuvattu tutkimusmenetelmät ja mitatut ominaisuudet. Tämä tekee tutkimuksista korkean validiteetin tutkimuksia. Katsauksen synteesi on tehty katsauksen korkean validiteetin tutkimusten tuloksien ja tieteellisiin faktoihin perustuvan tietoperustan välisen vuoropuhelun perusteella, mikä lisää opinnäytetyön validiteettia. Synteesi jää kuitenkin hypoteesiksi, ja se heikentää opinnäytetyön validiteettia, mutta luo hyvän pohjan jatkotutkimukselle.

Kirjallisuuskatsauksen aineistoa haettiin useista eri tietokannoista ja koehakujen perusteella määritettiin varsinaisessa haussa käytettävät hakusanat. Haku suoritettiin kaksivaiheisena. Ensimmäisessä vaiheessa tietokannoista haettiin tutkimuksia vapaasukeltajien voimaharjoittelusta. Suppeiden tulosten takia kirjallisuuskatsaus laajennettiin fysiologiseen lajianalyysiin. Lajianalyysin

perusteella todennettiin vapaasukeltajan pääasiallinen energiantuottotapa sekä lajin muut fysiologiset erityispiirteet. Tämän perusteella pääteltiin vapaasukeltajan hyötyvän voimaharjoittelusta ja maksimivoimaharjoittelun olevan vapaasukeltajan optimaalinen harjoittelutapa.

Kirjallisuushaussa sisäänottokriteerien aikarajana tutkimuksille oli maksimissaan 10 vuotta vanhat tutkimukset. Käsihaulla löytyi vuodelta 2000 keskeinen tutkimus, joka valittiin täydentämään katsausta. Muut tutkimukset oli julkaistu viiden vuoden sisällä. Tietoa haettiin pääasiallisesti PubMedista ja oppilaitoksen kautta saatavasta Proquest Centralista. Kirjallisuuskatsauksen kaikki tutkimukset olivat vertaisarvioituja, mikä lisää opinnäytetyön luotettavuutta.

Jokaisen tutkimuksen aineiston laatua arvioitiin Joanna Briggsin arviointikriteeristöllä. Tämä lisää työn luotettavuutta. Huomioitavaa kuitenkin on, että tavallisesti luotettavuuden takaamiseksi kahden erillisen pätevän tutkijan on arvioitava tutkimuksien aineisto itsenäisesti. Opinnäytetyö on tehty yksilötyönä, ja koska alemman ammattikorkeakoulun tutkinto on perustason koulutus, ei kahden tutkijan arviointi ole tällöin tarpeen. (Stolt, ym. 2016, 67.) Yksilötyönä tehty tutkimus toisaalta suurentaa virhemarginaalia ja mahdollistaa sen, ettei kaikkia olennaisia tutkimuksia ole otettu mukaan katsaukseen. Vaikka katsauksessa on pyritty noudattamaan huolellisuutta ja tarkkuutta, voi yksilön väärinymmärrys tai käänkövirhe aineistosta vääristää tuloksia. Kaikkien valittujen tutkimuksien julkaisukieli oli englanti.

9.2 Tulosten pohdinta ja jatkotutkimusaiheet

Ainoastaan voimaharjoittelun vaikutuksia vapaasukellussuoritukseen ei löytynyt yhdestäkään tutkimuksesta, ja vapaasukeltajien fyysistä harjoittelua tutkittaessa voimaharjoittelu oli vain osa interventiota. Voimaharjoitteluinterventio oli Fernandezin ja muiden (2019) tutkimuksessa kehonpainoharjoittelua pitkillä sarjoilla ja lyhyillä palautuksilla yhdistettynä uintiin. Schagatayn ja muiden (2000) tutkimuksessa fyysisen harjoittelun interventiolla pyrittiin parantamaan aerobista tehoa yhdistämällä voima-, kestävyys- ja liikkuvuusharjoittelua, jossa voimaharjoittelu toteutettiin voimisteluliikkein suurilla lihasryhmillä sekä matalalla 50 % – 60 % & VO_{2max} intensiteetillä, että korkeammalla 70 % - 80 % VO_{2max} noin 3 minuutin intervaleilla, sen tarkemmin ottamatta kantaa, minkälaisista liikkeistä oli kyse. Molemmissa tutkimuksissa pyrittiin kehittämään maksimaalista hapenottokykyä ja tarkastelemaan sen vaikutusta sukellussuoritukseen. (Fernandez, ym. 2019; Schagatay, ym. 2000.)

Maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) mittaa, kuinka paljon elimistö pystyy käyttämään happea maksimaalisen suorituksen aikana, ja sitä käytetään aerobisen kestävyyskunnan mittarina (Kutinlahti, 2021). Vapaasukellus on urheilulaji, jossa pyritään mahdollisimman vähäiseen hapenkulutukseen. Pohdittavaksi jää, onko VO_{2max} oikea suorituskyvyn mittari vapaasukeltajalle. Opinnäytetyöhön valittiin uimareiden voimaharjoittelua tutkineita tutkimuksia, joita tarkasteltaessa on otettava huomioon uinnin ja vapaasukelluksen erot. Lajeja yhdistää kuitenkin tekniikan ja voiman yhteisvaikutus suorituksen taloudellisuuteen. Maksimivoimaominaisuuksien korrelaatio parempaan suorituskykyyn tuli ilmi molemmissa tutkimuksissa. (Fone & van den Tillaar 2022; Amara, ym. 2021.)

Tutkimukset vapaasukeltajan fyysisestä harjoittelusta toivat enemmän kysymyksiä kuin vastauksia. Kysymyksiä alettiin selvittää kirjallisuuskatsauksen fysiologisella lajiansalyysillä. Suurimmassa osassa tutkimuksista havaittiin laktaattipitoisuuden merkittävää nousua vapaasukelluksen aikana. Laktaatti on anaerobisen glykolyysin sivutuote (Melkonian, Asuka & Schury 2023.) Tämän perusteella voidaan päätellä anaerobisen glykolyysin olevan vapaasukeltajan pääasiallinen energiatuototapa luurankolihasessa dynaamisen sukellussuorituksen aikana. Tämä tuo vastakkainasettelua aikaisempiin tutkimuksiin, joissa voimaharjoitteluinterventioina käytettiin aerobista tehoa parantavaa harjoittelua.

Anaerobista kestovoimaa voidaan kehittää lihasvoimaharjoittelulla, mutta vapaasukellus itsessään on maksimaalinen anaerobinen suoritus. Kuten myös aiemmin opinnäytetyössä on mainittu, maksimivoima on anaerobisen kestävyden pohjaominaisuus (Rytkönen 2019, 112). Tuloksista ilmenevän tutkimusnäytön ja teoriataustan liikuntabiologisten faktojen perusteella päädyttiin maksimivoimaharjoittelun olevan optimaalista uimareiden lisäksi myös vapaasukeltajille. Maksimivoimaa voidaan kehittää ilman merkittävää lihaskasvua hermostollisilla adaptaatioilla. Tämä on edullista vapaasukeltajalle hapenkulutuksen näkökulmasta.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin myös lajin tuomia fysiologisia ja rakenteellisia adaptaatioita vapaasukeltajalle. Havaintojen perusteella voidaan myös todeta lajiharjoittelun tärkeys. Johtopäätöksiensä tueksi maailman kärkeä olevat vapaasukeltajat Mateuz Malina ja Vitomir Maričić tiedettävästi harjoittelevat maksimivoimapainotteisesti lajiharjoittelun rinnalla (Pöntinen, M. 2023).

Opinnäytetyön perusteella jatkotutkimusta voi jatkaa lajianalyysin viimeistelyllä. Lajin vamma-analyysi jäi hyvin suppeaksi. Vamma-analyysissä käsiteltiin sukeltajantautia, painevammoja tai tajunnan menetyksestä aiheutuvia riskejä hyvin pintapuolisesti. Analyysi toi esiin vapaasukeltajien alhaisemman luun mineraalitiheyden ja -määrän, kuin verrokeilla. Analyysissä käsiteltiin luun mineraalitiheyden ja -määrän tuomia riskejä. Vesiurheilun vaikutuksesta luuterveyteen kaipaavat myös lisätutkimusta vapaasukeltajan ja kansanterveyden näkökulmasta. Katsauksen yksi tutkimus tarkasteli kroonisen apneaharjoittelun epäsuotuisia vaikutuksia. Tutkimuksessa havaittiin sukeltamisen mahdollisesti haittaavan munuaisten toimintaa pitkässä aikavälillä. Sukeltamisen vaikutusta neurokognitioon ja verenkiertoelimistöön ei vielä tiedetä. Sukeltamisen haittavaikutuksia on vielä tutkittava. (Elia, Gennser, ym. 2023.)

Voimaharjoittelun suunnittelun kannalta lajianalyysin tärkeänä vaiheena on liikeanalyysi, joka tarkastelee kunkin suorituksen biomekaniikkaa. Biomekaniikka on tieteenala, joka tarkastelee biologisten prosessien mekaanisia tapahtumia fysiikan lakien avulla. Biomekaniikka tuo erilaisten liikkeiden anatomiset ja fysiologiset prosessit selkeäksi kokonaisuudeksi mittausten ja arviointien perusteella. (Kauranen & Nurkka 2022, 10.) Liikkeen tuottamiseen vaaditaan pienempi määrä energiaa ja liike on tehokkaampaa, kun se tehdään hyvällä tekniikalla ja biomekaanisesti optimaalisesti. Suorituksen kannalta tarkastellaan olennaisia lihasryhmiä, lihasvoimatasoja ja sitä, missä järjestyksessä lihakset aktivoituvat sekä nivelkulmia ja -nopeuksia. (Kauranen & Nurkka 2022, 33.)

Opinnäytetyön pohjalta toinen potentiaalinen jatkotutkimuksen aihe on johtopäätöksen hypoteesin tutkiminen. Esimerkki tutkimusinterventiolle voisi olla tutkimus, jossa verrataan maksimivoimaa ja lajiharjoittelua tekevää ryhmää ryhmään, joka tekee aerobista voimaa ja lajiharjoittelua. Kontrolliryhmäksi valittaisiin pelkästään lajiharjoittelua suorittava ryhmä. Ryhmien kehitystä tutkittaisiin eri sukellussuorituksissa.

Lihassolutyyppi jakauma korreloi lajispesifiin suoritukseen (Furrer, Hawley & Handschin 2023.) Amatiksukseen sukeltavilla kansoilla havaittiin enemmän tyyppin II lihassoluja, ja kylmässä vedessä sukeltavilla oli tyyppin Ix lihassoluja enemmän (Elia, ym. 2021.) Havainto on ristiriidassa sellaisten kilpaurheilijoiden tuloksiin, joilla oli valituissa tutkimuksissa enemmän tyyppin I lihassoluja (Elia, ym. 2019.) Tyyppin I lihassolut toimivat happivarastoina vapaasukeltajilla, mutta toisaalta tyyppin II lihassolujen glukoosipitoisuus on 15–30 % tyyppin I lihassoluja suurempi. Optimaalinen lihassolujakauma

jäi epäselväksi, ja se kaipaa lisätutkimusta. Jatkotutkimusta voisi myös kohdentaa tarkentamaan kirjallisuuskatsauksessa havaittuja ristiriitaisuuksia vapaasukeltajan lihassolujakaumassa.

Kansanterveydellisestä näkökulmasta vapaasukeltajien käyttämiä hengitys- ja erikoistekniikoita voitaisiin tutkia esimerkiksi hengityssairauksien hoitamiseen. Keuhkohtaumapotilaiden kuntoutuksesta vapaasukeltajien hengitysharjoituksilla on jo tehty pilottitutkimusta positiivisin tuloksin (Csizmadia, ym. 2022), ja vapaasukeltajien käyttämää ”pakkausta” on käytetty 1950-luvulla polion jälkitaudin kuntoutukseen. Jälkitauti aiheutti hengityslihasten toimintahäiriöitä ja alhaisen vitaalikapasiteetin. Menetelmä paransi vitaalikapasiteettia yli 5-kertaisesti. (Tetzlaff, ym. 2021.)

9.3 Opinnäytetyöprojekti

Opinnäytetyö oli kokonaisuudessaan pitkä ja opettavainen projekti. Alkuperäisen suunnitelman mukaan opinnäytetyön aihe oli Vapaasukeltajan voima- ja liikkuvuusharjoittelu. Tarkoituksena oli tehdä aiheesta kirjallisuuskatsaus ja konkreettinen opas vapaasukeltajayhteisölle. Aiheen laajuus realisoitui pian aloittamisen jälkeen. Aihe rajattiin voima- tai liikkuvuusharjoitteluun. Keskustelussa Sukeltajaliiton vapaasukelluksen maajoukkuevastaavan Mikko Pöntisen kanssa päädyimme yhdessä vapaasukellusyhteisön tarpeen liittyvän enemmän voimaharjoitteluun. Aihe oli vielä liian laaja, ja työstä rajattiin konkreettinen opas pois keskittyen kirjallisuuskatsaukseen.

Kirjallisuuskatsausta aloittaessa realisoitui myös lajianalyysin laajuus. Lajiin liittyvän vähäisen tutkimuksen vuoksi olisi liikeanalyysi pitänyt tehdä itsenäisesti. Liikeanalyysi olisi vaatinut valtavat resurssit, kuten sukellussuorituksien kuvaaminen ja analysointi sekä vedessä toimivien EMG-mittauslaitteiden hankkiminen. Opinnäytetyö rajautui kirjallisuuskatsaukseksi vapaasukeltajan voimaharjoittelusta, ja kirjallisuushaku osoittautui erittäin haastavaksi. Aiheesta suoranaisesti ei joko ollut tai tutkimusnäyttö oli hyvin vähäistä.

Opinnäytetyö toteutettiin Sukeltajaliiton kanssa yhteistyössä ja liiton maajoukkuevastaavan Mikko Pöntisen neuvoilla päästiin haussa eteenpäin. Pöntisen neuvoja noudattaen tietoa alettiin hakea vapaasukelluksesta ja veren laktaateista. Tämän ansiosta löytyi yhteys lajin anaerobiseen energiantuottoon ja epäsuorasti voimaharjoitteluun, sillä voimaharjoittelu tapahtuu pääosin anaerobisella energiantuotolla. Systemaattinen kirjallisuushaku oli vielä täysin uutta ja hakusanojen muodostaminen haastavaa. Aineiston hallinnan apuvälineenä käytettiin viittaustyökalu Zoteroa. Zotero

auttoi aineiston jäsentelyssä ja saatavuudessa sijainnista riippumatta. Opinnäytetyöprojekti kehitti kirjoittajan taitoja aineiston hallinnassa, kirjoittamisessa, lähteiden kriittisessä tarkastelussa ja tutkimusmenetelmien käytössä.

Opinnäytetyöstä saa nykytutkimusnäytön mukaista tietoa vapaasukeltajan voimaharjoittelusta ja lajiin liittyvistä fysiologisista erityispiirteistä. Opinnäytetyöstä saa yleiskuvan vapaasukelluksesta urheilulajina. Kirjallisuuskatsaus vastaa kaikkiin asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Opinnäytetyö täyttää tarkoituksen, tavoitteet ja ratkaisee tutkimusongelman.

Lähteet

AIDA competitive freediving. N.d. Artikkele AIDA Internationalin verkkosivustolla. Viitattu 4.7.2023 <https://www.aidainternational.org/Competitive>

AIDA competitive rules update. 2019. Artikkele AIDA internationalin verkkosivustolla. Viitattu 17.8.2023. <https://www.aidainternational.org/PostDetails/78>

AIDA Learn about AIDA. N.d. Artikkele Aida Internationalin verkkosivustolla. Viitattu 17.8. 2023. <https://www.aidainternational.org/About>

AIDA World records. N.d. Artikkele AIDA Internationalin verkkosivustolla. Viitattu 13.8.2023. <https://www.aidainternational.org/>

Alkan, N & Akis, T. 2013. Psychological Characteristics of Free Diving Athletes: A Comparative Study. International Journal of Humanities and Social Science, 3, 15. Viitattu 4.6.2023. https://www.researchgate.net/publication/258308997_Psychological_Characteristics_of_Free_Diving_Athletes_A_Comparative_Study

Amara, S., Crowley, E., Sammoud, S., Negra, Y., Hammami, R., Chortane, O. G., Khalifa, R., Chortane, S. G., & van den Tillaar, R. 2021. What Is the Optimal Strength Training Load to Improve Swimming Performance? A Randomized Trial of Male Competitive Swimmers. International journal of environmental research and public health, 18, 22. Viitattu 16.10.2023. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211770>

Arajärvi, P & Thesleff, P. 2020. Suorituskyvyn Psykologia – Tieto- ja taitokirja korkeaa suorituskykyä ja hyvinvointia rakentaville. Lahti: VK-Kustannus.

Bhani, A. 2015. Psychological Factors Affecting Sports Performance. International Journal of Physical Education, Sports and Health. 1, 6, 92-95. Viitattu 7.6.2023. <https://www.kheljournal.com/archives/2015/vol1issue6/PartB/1-5-77.pdf>

Bosco, G., Rizzato, A., Martani, L., Schiavo, S., Talamonti, E., Garetto, G., Paganini, M., Camporesi, E. M., & Moon, R. E. 2018. Arterial Blood Gas Analysis in Breath-Hold Divers at Depth. Frontiers in Physiology, 9. Viitattu 30.9.2023. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01558>

Bouten, J., De Bock, S., Bourgois, G., de Jager, S., Dumortier, J., Boone, J., & Bourgois, J. G. 2021. Heart Rate and Muscle Oxygenation Kinetics During Dynamic Constant Load Intermittent Breath-Holds. Frontiers in Physiology, 12. Viitattu 7.10.2023. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.712629>

CC By 4.0 Deed. Tietoa lisenssistä Creative Commonsin verkkosivustolla. Viitattu 2.11.2023. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Cialoni, D., Brizzolari, A., Sponsiello, N., Lancellotti, V., Lori, C., Bosco, G., Marroni, A., & Barassi, A. 2021. Serum Cardiac and Skeletal Muscle Marker Changes in Repetitive Breath-hold Diving. Sports Medicine - Open, 7, 1. Viitattu 7.10.2023. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00349-z>

Csizmadia, Z. Ács, P. Szollosi, G. Tóth, B. Kerti, M. Kovács, A. & Varga, J. 2022. Freedive Training Gives Additional Physiological Effect Compared to Pulmonary Rehabilitation in COPD. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 18. Viitattu 14.6.2023.

<https://doi.org/10.3390/ijerph191811549>

David, S. & Sharma, S. 2023. Vital Capacity. Figure, Fig. 1: Standard lung volumes. StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing. Viitattu 8.10.2023.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541099/figure/article-31209.image.f1/> (CC by 4.0)

Farrel, E. 2022. Dealing with risks associated with freediving. Artikkelin Deeperbluen verkkosivustolla. Viitattu 11.11.2023. <https://www.deeperblue.com/dealing-risks-associated-freediving/>

Delgado, B.J. & Bajaj, T. 2023 Physiology, Lung Capacity. StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing. Viitattu 8.10.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541029/>

Elia, A., Gennser, M., Harlow, P. S., & Lees, M. J. 2021. Physiology, pathophysiology and (mal)adaptations to chronic apnoeic training: a state-of-the-art review. *European Journal of Applied Physiology*, 121, 1543-1566. Viitattu 7.10.2023. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04664-x>

Elia, A., Wilson, O. J., Lees, M., Parker, P. J., Barlow, M. J., Cocks, M., & O'Hara, J. P. 2019. Skeletal muscle, haematological and splenic volume characteristics of elite breath-hold divers. *European Journal of Applied Physiology*, 119, 11–12, 2499–2511. Viitattu 7.10.2023.

<https://doi.org/10.1007/s00421-019-04230-6>

Farhana, A. & Lappin, S.L. 2023. Biochemistry, Lactate Dehydrogenase. StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing. Viitattu 4.10.2023 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557536/>

Fernandez, F. A., Martin-Martin, R., García-Camacha, I., Juárez, D., Fidel, P. & González-Ravé, J. M. 2019. Medium term effects of physical conditioning on breath-hold diving performance. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 259, 70–74. Viitattu 7.10.2023.

<https://doi.org/10.1016/j.resp.2018.07.013>

Fitz-Clarke, J.R. 2018. Breath-Hold Diving. In *Comprehensive Physiology*, R. Terjung (Ed.). Viitattu 12.6.2023. <https://doi.org/10.1002/cphy.c160008>

Fone, L., & van den Tillaar, R. 2022. Effect of Different Types of Strength Training on Swimming Performance in Competitive Swimmers: A Systematic Review. *Sports Medicine - Open*, 8, 1. Viitattu 7.10.2023. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00410-5>

Freediving physics simplified. N.d. Kuvio. Dumagat Freedive international Freediving schoolin verkkosivustolla. Viitattu 23.10.2023. <https://dumagatfreedive.com/2015/08/17/freediving-physics-simplified/> (Saatu lupa käyttää kuviota)

Furrer, R., Hawley, J. A. & Handschin, C. 2023. The molecular athlete: exercise physiology from mechanisms to medals. *Physiological reviews*, 103, 3, 1693–1787. Viitattu 8.10.2023.

<https://doi.org/10.1152/physrev.00017.2022>

Hughes, DC, Ellefsen, S & Baar, K. 2018. Adaptations to Endurance and Strength Training. *Cold Harb Perspect Med*, Jun 1, 8, 6 Viitattu 31.5.2023. doi: [10.1101/cshperspect.a029769](https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769)

Häkkinen, K & Ahtiainen, J. 2016. Huippu-urheiluvalmennus. Toim. Mero, A. Nummela, A. Kalaja, S. & Häkkinen, K. Lahti: VK-Kustannus.

Jowsey, T., Deng, C., & Weller, J. 2021. General-purpose thematic analysis: a useful qualitative method for anaesthesia research. *BJA education*, 21, 12, 472–478. Viitattu 3.10.2023. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2021.07.006>

Kataja, J. 2012. Urheilupsykologian perusteet. Toim. Matikka, L. & Roos-Salmi M. Tampere: Liikuntatieteellinen Seura Ry.

Katch, F. Katch, V & McArdle, B. 2015. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy and Human performance* 8th edition. USA: Wolters Kluwer Health.

Kauranen, K & Nurkka, N. 2022. Liikkumisen biomekaniikka. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura.

Kauranen, K. 2014. Lihas – rakenne, toiminta ja voimaharjoittelu. Tampere: Liikuntatieteellinen Seura ry.

Keil, V. C., Eichhorn, L., Mutsaerts, H. J. M. M., Träber, F., Block, W., Mädler, B., van de Ven, K., Siero, J. C. W., MacIntosh, B. J., Petr, J., Fimmers, R., Schild, H. H., & Hattingen, E. 2018. Cerebrovascular Reactivity during Prolonged Breath-Hold in Experienced Freedivers. *American Journal of Neuroradiology*, 39, 10, 1839–1847. Viitattu 8.10.2023. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a5790>

Kjeld, T., Isbrand, A. B., Linnet, K., Zerahn, B., Højberg, J., Hansen, E. G., Gormsen, L. C., Bejder, J., Krag, T., Vissing, J., Bøtker, H. E., & Arendrup, H. C. 2021. Extreme Hypoxia Causing Brady-Arrhythmias During Apnea in Elite Breath-Hold Divers. *Frontiers in Physiology*, 12. Viitattu 8.10.2023. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.712573>

Kjeld, T., Møller, J., Fogh, K., Hansen, E. G., Arendrup, H. C., Isbrand, A. B., Zerahn, B., Højberg, J., Ostenfeld, E., Thomsen, H., Gormsen, L. C., & Carlsson, M. 2021. Cardiac hypoxic resistance and decreasing lactate during maximum apnea in elite breath hold divers. *Scientific Reports*, 11, 1. Viitattu 7.10.2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81797-1>

Kjeld, T., Stride, N., Gudiksen, A., Hansen, E. G., Arendrup, H. C., Horstmann, P. F., Zerahn, B., Jensen, L. T., Nordsborg, N., Bejder, J., & Halling, J. F. 2018. Oxygen conserving mitochondrial adaptations in the skeletal muscles of breath hold divers. *PLOS ONE*, 13, 9, e0201401. Viitattu 6.10.2023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201401>

Kurra, S. Lahtinen, K & Nissinen, A. 2015. *Freediving*. Jyväskylä: Deepideas.

Kutinlahti, E. 2021. Maksimaalinen hapenottokyky kestävyyskunnan mittarina. Lääkärikirja Duodecim. Viitattu 22.10.2023. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01038>

Kokkonen, M. 2012. Urheilupsykologian perusteet. Toim. Matikka, L. & Roos-Salmi M. Tampere: Liikuntatieteellinen Seura Ry.

Lacio, M., Vieira, JG., Trybulski, R., Campos, Y., Santana, D., Filho, JE., Novaes, J., Vianna, J. & Wilk, M. 2021. Effects of Resistance Training Performed with Different Loads in Untrained and Trained Male Adult Individuals on Maximal Strength and Muscle Hypertrophy: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*, 26, 18, 21, 11237. Viitattu 31.5.2023 doi: [10.3390/ijerph182111237](https://doi.org/10.3390/ijerph182111237)

Liikunta. 2016. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Käypä hoito -johdoryhmän asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 8.10. 2023 <https://www.kaypahoito.fi/hoi50075#s22>

Liukkonen, J. 2016. Huippu-urheiluvalmennus. Toim. Mero, A. Nummela, A. Kalaja, S. & Häkkinen, K. Lahti: VK-Kustannus.

Matikka, L. & Roos-Salmi M. 2012. Urheilupsykologian perusteet. Tampere: Liikuntatieteellinen Seura Ry.

Massini, D. A., Scaggion, D., DE Oliveira, T. P., Macedo, A. G., Almeida, T. F., & Pessôa Filho, D. M. 2023. Training methods for maximal static apnea performance: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 63, 1, 77-85. Viitattu 7.10.2023. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.22.13621-2>

Melkonian, EA., Asuka, E. & Schury, MP. 2023. Physiology, Gluconeogenesis. StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing. Viitattu 3.10.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541119/>

Mäennenä, J. 2023. Voimaharjoittelu: Teoriasta parhaisiin käytäntöihin. 2. painos. Lahti: VK-Kustannus.

Nakamura, R. 2023. Opinnäytetyön arviointiprosessi uudistuu ja painokertoimelliset arviointikriteerit otetaan käyttöön. Artikkelijulkaisu Elmo-opiskelijaintrassa. Viitattu 1.11.2023. <https://iamkstudent.sharepoint.com/sites/Jamkin-uuuutiset-Elmo/SitePages/Opinn%C3%A4ytetyon-arviointiprosessi-ja-painokertoimelliset-arviointikriteerit.aspx>

Reliability vs. Validity in Research | Difference, Types and Examples. N.d. Artikkelijulkaisu Scribbr:n verkkosivustolla. Viitattu 20.10.2023. <https://www.scribbr.com/methodology/reliability-vs-validity/>

Rytkönen, T. 2018. Voimaharjoittelun käsikirja. Fitra Oy. EU

Panneton, MW. 2013. The Mammalian Diving Response: An Enigmatic Reflex to Preserve Life?. *Physiology*, 29, 5, 284–297. Viitattu 4.6.2023. doi: [10.1152/physiol.00020.2013](https://doi.org/10.1152/physiol.00020.2013)

Patrician, A., Dujić, Ž., Spajić, B., Drviš, I., & Ainslie, P. N. 2021. Breath-Hold Diving - The Physiology of Diving Deep and Returning. *Frontiers in physiology*, 12, 639377. Viitattu 20.6.2023. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.639377>

Plotkin, D. L., Roberts, M. D., Haun, C. T., & Schoenfeld, B. J. (2021). Muscle Fiber Type Transitions with Exercise Training: Shifting Perspectives. *Sports (Basel, Switzerland)*, 9, 9, 127. Viitattu 7.10.2023. <https://doi.org/10.3390/sports9090127>

Pöntinen, M. 2023. Vapaasukeltajan voimaharjoittelu. Sähköpostiviesti 5.6.2023. Vastaanottaja J. Juntunen. Sukeltajaliiton vapaasukelluksen maajoukkuevastaavan neuvoja opinnäytetyöhön. Sukellusliitto ry.

Pöntinen, T. 2023. Vapaasukelluksen harrastajamäärät suomessa. Sähköpostiviesti 1.5.2023. Vastaanottaja J. Juntunen. Sukellusliiton puheenjohtajan arvio sukelluslajien harrastajamäärästä Suomessa. Sukellusliitto ry.

Schagatay, E., van Kampen, M., Emanuelsson, S. & Holm B. 2000. Effects of physical and apnea training on apneic time and the diving response in humans. *Eur J Appl Physiol*, 82, 3, 161-169. Viitattu 7.10.2023. <https://doi.org/10.1007/s004210050668>

Schuenke, M. Schulte & E. Schumacher, U. 2015. Thieme atlas of anatomy. General anatomy and muscoskeletal system. 2nd edition. Latin nomenclature. New York: Thieme.

Stolt, M., Axelin, A. & Suhonen, R. 2016. Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turku: Turun yliopisto.

Sukeltajaliitto ry. N.d. Artikkeleli Sukeltajaliiton sivustolla. Viitattu 4.7.2023. <https://www.sukeltaja.fi/content/fi/11501/50108/Sukeltajaliitto.html>

Surti, F. 2023. Lung volumes. Kuvio TeachMe Physiologyn verkkosivustolla. Muokattu. Viitattu 23.10.2023. <https://teachmephysiology.com/respiratory-system/ventilation/lung-volumes/> (CC By 3.0)

Tarvitseeko tutkimus eettisen ennakoarvioinnin ja kuka sen tekee?. 2021. Artikkeleli Vastuullisen tieteen verkkosivustolla. Vastuullinen tiede. Viitattu 20.10.2023. <https://vastuullinentiede.fi/fi/tutkimuksen-suunnittelu/tarvitseeko-tutkimus-eettisen-ennakoarvioinnin-ja-kuka-sen-tekee>

TENK. 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Helsinki. Viitattu 20.10.2023. https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

Tetzlaff, K., Lemaitre, F., Burgstahler, C., Luetkens, J. A., & Eichhorn, L. 2021. Going to Extremes of Lung Physiology-Deep Breath-Hold Diving. *Frontiers in physiology*, 12, 710429. Viitattu 22.10.2023. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.710429>

Tiedonhankinnan vaiheet. N.d. Tiedonhaun kompassi. Artikkeleli Jyväskylän ammattikorkeakoulun verkkosivustolla. Viitattu 23.10.2023. <https://infoguides.jamk.fi/tiedonkompassi>

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Uudistettu laitos. Helsinki: Tammi.

Tuomola, M. 2012. Urheilupsykologian perusteet. Toim. Matikka, L. & Roos-Salmi M. Tampere: Liikuntatieteellinen Seura Ry.

Vagus Nerve. N.d. Artikkelel Physio-Pedian verkkosivustolla. Viitattu 1.11.2023. https://www.physio-pedia.com/Vagus_Nerve

Vanek, T. & Kohli, A. 2023. Biochemistry, Myoglobin. StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing. Viitattu 7.10.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544256/>

Viikka, H. 2023. Kirjallisuuskatsaus metodina, opinnäytetyön osana ja tekstilajina. Helsinki: Art House.

Wuorimaa, T & Lundell, R. 2021. Vapaasukeltamisen fysiologiaa. Duodecim. Viitattu 15.5.2023. <https://www.duodecimlehti.fi/duo16610> (Vaatii kirjautumisen)

Liitteet

Liite 1. AIDA-kilpailulajit

Allaslajit

Dynamic With Fins (DYN): Pituussukellus räpylöillä (Monoräpylä & stereoräpylät), missä vapaasukeltaja sukeltaa veden alla räpylöiden ja yläraajojen avustuksella mahdollisimman pitkän matkan (AIDA competitive freediving. N.d.).

Dynamic With Bi-Fins: Pituussukellus stereoräpylöillä: Säännöt ovat samat DYN:n kanssa, mutta sukeltajan on käytettävä stereoräpylöitä eikä hän saa käyttää ns. ”delfiinipotkua” vaan potkut tulevat vuorojaloin (AIDA competitive freediving. N.d.).

Dynamic Without Fins (DNF): Pituussukellus ilman räpylöitä, missä sukellaan rintauinnin variaatiolla mahdollisimman pitkän matkan (AIDA competitive freediving. N.d.).

Static Apnea (STA): Vapaasukeltaja pidättää hengitystään mahdollisimman pitkään. Suoritus alkaa, kun ilmatiet päätyvät veden alle, suoritus tehdään joko kelluen pinnalla tai altaan pohjassa seisten (AIDA competitive freediving. N.d.).

Syvyyslajit

Constant Weight (CWT): Syvyysukellus räpylöillä: Vapaasukeltaja sukeltaa räpylöillä joko yläraajojen avustuksella tai ilman tavoitesyvyteen käyttämällä samaa painotusta alaspäin mennessä ja ylöspäin tullessa. Turvaköydestä vetäminen on sallittua vain uppoamisen pysäyttämiseksi ja nousemisen aloittamiseksi. Lajissa saa käyttää mono- tai stereoräpylöitä (Bi-fins) (AIDA competitive freediving. N.d.).

Constant Weight with Bi-fins (CWTB) Syvyysukellus stereoräpylöillä. Säännöt ovat samat CWT:n kanssa, mutta sukeltajan on käytettävä stereoräpylöitä eikä hän saa käyttää ns. ”delfiinipotkua” vaan potkut tulevat vuorojaloin (AIDA competitive freediving. N.d.).

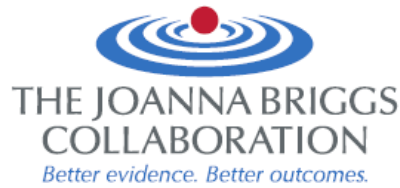
Constant Weight without fins (CNF): Syvyysukellus ilman räpylöitä. Vapaasukeltaja sukeltaa rintauinnin variaatioilla alas- ja ylös samalla painotuksella ilman köyden avustusta (AIDA competitive freediving. N.d.).

Free Immersion (FIM): Syvyysukellusta ilman työntövoimaa lisääviä apuvälineitä. Lajissa vedetään köydestä alaspäin vajotessa sekä ylöspäin noustessa, samalla painotuksella (AIDA competitive freediving. N.d.).

Variable Weight (VWT): Syvyysukellusta missä vapaasukeltaja vajoaa painokelkan avustuksella ja nousee ylös omin voimin käyttäen apuna ala- ja/tai yläraajoja (räpylöillä tai ilman) ilman köyttä tai pelkästään köyden avustuksella. Tämä laji ei ole virallinen kilpailulaji, mutta lajissa tehdään ennätysyrityksiä (AIDA competitive freediving. N.d.).

No Limit (NLT): Syvyysukellus missä sukelletaan painokelkalla syvälle ja tullaan vastapainolla ylös. Tätä lajia ei enää tehdä AIDA:n alaisuudessa sen vaarallisuuden vuoksi (AIDA competitive freediving. N.d.).

Liite 2. Joanna Briggsin arviointikriteerit kvasikokeelliselle tutkimukselle



29.11.2018

JBI: Arviointikriteerit kvasikokeelliselle tutkimukselle

Tätä tarkistuslistaa käytetään kvasikokeellisen tutkimuksen metodologisen laadun arviointiin ja tutkimuksen tuloksiin vaikuttavan harhan riskin tunnistamiseen. Arvioinnin tarkistuslistaan sisältyy yhteensä 9 arviointikriteeriä, joiden yksityiskohtaiset sisällöt on kuvattu alhaalla. Arvioijan on hyvä tutustua myös Joanna Briggs Instituutin julkaisemaan katsauksen tekijöiden [käsikirjaan](#) arviointia tehdessään. Tarkistuslistan alkuperäinen englanninkielinen versio löytyy tästä [linkistä](#). Kunkin kriteerin toteutuminen arvioidaan asteikolla: Kyllä (K), Ei (E), Epäselvä (?), Ei sovellettavissa (NA). (Tufanaru ym. 2017.)

Arvioija _____ Päiväys _____

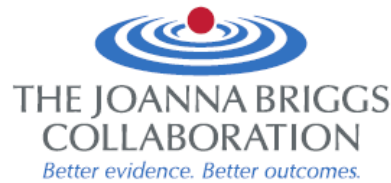
Tekijä(t) _____ Vuosi _____ Nro _____

Arviointikriteeri	K	E	?	NA
1. Ilmaistiinko tutkimuksessa selvästi mikä on syy ja mikä seuraus (ei ole epäselvyyttä siitä, kumpi muuttuja esiintyi ajallisesti ensin)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Onko vertailussa mukana olleet ryhmät samankaltaisia tutkittavien osalta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Onko vertailussa mukana olevien tutkittavien hoito yhdenmukainen muilta osin kuin altistumisen tai intervention osalta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Onko tutkimuksessa kontrolliryhmä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Mitattiinko tuloksia ennen interventiota /altistumista ja sen jälkeen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Pysyivätkö tutkittavat mukana tutkimuksessa seurannan aikana, ja elleivät pysyneet, niin kuvattiinko ja analysoitiinko seurannan aikana ilmenneet ryhmien väliset erot asianmukaisesti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Mitattiinko tulokset samalla tavalla kaikissa vertailuissa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Mitattiinko tulokset luotettavasti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Käytettiinkö soveltuvia tilastollisia menetelmiä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kokonaisarviointi: Hyväksy Hylkää Lisätietoja tarvitaan

Kommentteja (mukaan lukien syy hylkäykseen):

Liite 3. Joanna Briggsin arviointikriteerit laadulliselle tutkimukselle



29.11.2018

JBI: Arviointikriteerit laadulliselle tutkimukselle

Tätä kriittisen arvioinnin tarkistuslistaa käytetään laadullisten tutkimusten metodologisen laadun arviointiin. Arvioinnin tarkistuslistaan sisältyy yhteensä 10 arviointikriteeriä, joiden yksityiskohtaiset sisällöt on kuvattu alhaalla. Arvioijan on hyvä tutustua myös Joanna Briggs Instituutin julkaisemaan katsauksen tekijöiden [käsikirjaan](#) arviointia tehdessään. Tarkistuslistan alkuperäinen englanninkielinen versio löytyy tästä [linkistä](#). Kunkin kriteerin toteutuminen arvioidaan asteikolla: Kyllä (K), Ei (E), Epäselvä (?), Ei sovellettavissa (NA). (Lockwood ym. 2015.)

Arvioija _____ Päiväys _____

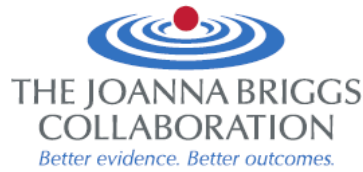
Tekijä(t) _____ Vuosi _____ Nro _____

Arviointikriteeri	K	E	?	NA
1. Ovatko tutkimuksen tieteenfilosofiset lähtökohdat ja metodologia keskenään yhteensopivat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ovatko tutkimuksen metodologia ja tutkimuskysymys tai tavoitteet keskenään yhteensopivat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ovatko tutkimuksen metodologia ja aineiston keruumenetelmät keskenään yhteensopivat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ovatko tutkimuksen metodologia, aineiston kuvaus ja analyysi keskenään yhteensopivat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ovatko tutkimuksen metodologia ja tulosten tulkinta keskenään yhteensopivat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Onko tutkijan kulttuuriset tai teoreettiset lähtökohdat kuvattu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Onko tutkijan vaikutus tutkimukseen ja tutkimuksen vaikutus tutkijaan kuvattu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Onko tutkimukseen osallistujat ja heidän äänensä (alkuperäiset ilmaisut) kuvattu asiaankuuluvasti ja riittävällä tasolla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Onko tutkimus toteutettu noudattaen nykyisiä eettisiä periaatteita, ja onko tutkimuksella eettisen toimikunnan hyväksyntä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Perustuvatko tutkimuksen johtopäätökset aineiston analyysiin ja tulosten tulkintaan?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kokonaisarviointi: Hyväksy Hylkää Lisätietoja tarvitaan

Kommentteja (mukaan lukien hylkäyksen syy):

Liite 4. Joanna Briggsin arviointikriteerit järjestelmälliselle katsaukselle



29.11.2018

JBI: Arviointikriteerit järjestelmälliselle katsaukselle

Tätä tarkistuslistaa käytetään järjestelmällisen katsauksen metodologisen laadun arviointiin. Arvioinnin tarkistuslistaan sisältyy yhteensä 11 arviointikriteeriä, joiden yksityiskohtaiset sisällöt on lyhyesti kuvattu alhaalla. Arvioijan on hyvä tutustua myös Joanna Briggs Instituutin julkaisemaan katsauksen tekijöiden [käsikirjaan](#) arviointia tehdessään. Tarkistuslistan alkuperäinen englanninkielinen versio löytyy tästä [linkistä](#). Kunkin kriteerin toteutuminen arvioidaan asteikolla: Kyllä (K), Ei (E), Epäselvä (?), Ei sovellettavissa (NA).

Arvioija_Jussi Juntunen _____ Päiväys 09.09.2023

Tekijä(t) _____ Vuosi _____ Nro _____

Arviointikriteeri	K	E	?	NA
1. Onko katsauksen kysymys esitetty selvästi ja yksiselitteisesti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ovatko mukaanottokriteerit asianmukaiset verrattuna tutkimuskysymykseen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Onko hakustrategia asianmukainen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ovatko käytetyt tiedonlähteet riittäviä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ovatko tutkimusten laadun arvioinnissa käytetyt kriteerit asianmukaiset?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Onko vähintään kaksi arvioijaa itsenäisesti toteuttanut tutkimusten kriittisen laadun arvioinnin?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Onko tietojen uuttamisvaiheessa käytetty menetelmiä virheiden minimoimiseksi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Onko tutkimustulosten yhdistämisessä käytetty tarkoituksenmukaisia menetelmiä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Onko katsauksessa arvioitu julkaisuharhan todennäköisyyttä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ovatko katsauksessa esitetyt käytännön suositukset linjassa katsauksen tulosten kanssa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ovatko katsauksessa esitetty jatkotutkimusehdotukset linjassa katsauksen tulosten kanssa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kokonaisarviointi: Hyväksy Hylkää Lisätietoja tarvitaan

Kommentteja (mukaan lukien syy hylkäykseen):

Liite 5. Esimerkki teemoittelusta

Tutkimus	Esimerkki	Alateema	Pääteema
Fernandez, ym.	“Hypoteesina, fyysisen harjoittelun sisällyttäminen on voinut parantaa sukeltajan vedenalaisen uinnin taloudellisuutta; kuitenkin tätä ei ole mitattu tässä tutkimuksessa. Toinen tutkimus (Nadel, 1974) ehdottaa että, harjaantuneet uimarit kulltavat vähemmän happea verrattuna harjaantumattomiin uudessa samalla nopeudella”	Taloudellisuus	Harjoittelu
Kjeld, T., Isbrand, A. ym.	“Tulokset on verrattavissa aikaisempiin tutkimuksiin ja yhteenvetona glukoosi vähenee vapaasukellessa. Johtopäätöksenä eliittivapaasukeltajan maksimaalisessa vapaasukellessuorituksessa (1) sukellusvaste on maksimaalinen 3–4 minuutin jälkeen, (2) nouseva glukoosi voi indikoida laktaattiaineenvaihdunnasta, joka sopii yhteen aikaisempien tuloksien kanssa, ja (3) äärimmäinen hypoksia, ei hypoglykemia aiheuttaa samankaltaisia bradyarytmioita eliittivapaasukeltajissa kuin merinisäkkäillä.”	Laktaatti Energia-aineenvaihdunta Sukellusvaste	Energiantuotto
Kjeld, T., Isbrand, A. ym.	“Vapaasukeltajan luurankoliihakset adaptoituvat säästämään happea, tämä voi ainakin osittain selittää äärimmäiset hengityksenpidätysuoritukset: yli 11 minuuttia, yli 300 m pituutta ja yli 200 m syvyyttä yhdellä hengityksellä”	Luurankolihas Hapen säästäminen	Adaptaatio
Kjeld, T., Stride, N., ym.	“Tutkimuksen havainnot vapaasukeltajien alhaisemmasta rasvattomasta massasta, verrattuna kontrolliryhmään indikoi alhaisemmasta hapenkulutuksesta sukeltajilla, kuin verrokeilla. Sen lisäksi verrokkeja alhaisempi luun mineraalitiheys, on linjassa aikaisempien tutkimuksien kanssa osoittaen luun mineraalitiheyden olevan alhaisempi vapaasukeltajilla ja uimareilla kuin ei sukeltavalla kontrolliryhmällä. Tämä johtuu todennäköisesti veden kannattelevista ominaisuuksista, joka aiheuttaa luun mineraalitiheyden vähenemistä ja riippuu vedessä vietetystä ajasta”	Rasvaton massa Luun mineraalitiheys Luurankolihas	Kehon koostumus

Liite 6. Tutkimustaulukko

Tutkimus	Otanta/tutkimustapa	Mitä tutkittiin	Keskeiset tulokset	JB1
Amara, S., Crowley, E., Sammoud, S., Negra, Y., Hammami, R., Chortane, O. G., Khalifa, R., Chortane, S. G., & van den Tillaar, R. 2021. What Is the Optimal Strength Training Load to Improve Swimming Performance? A Randomized Trial of Male Competitive Swimmers. <i>International journal of environmental research and public health</i> , 18, 22. https://doi.org/10.3390/ijerph182211770	Kvasikokeellinen tutkimus N= 33 (33 nuorta miesuimaria)	Verrata suuren, kohtalaisen ja pienen harjoitus kuormamäärän vaikutusta maksimivoimaan ja uintisuoritukseen kilpailullisilla uimareilla.	Pienilläkin harjoituskuormamäärillä voima ja uinnin suorituskyky kehittyi.	7/8 Kvasi. Tutk. Arviointikrit.
Bosco, G., Rizzato, A., Martani, L., Schiavo, S., Talamonti, E., Garetto, G., Paganini, M., Camporesi, E. M., & Moon, R. E. 2018. Arterial Blood Gas Analysis in Breath-Hold Divers at Depth. <i>Frontiers in Physiology</i> , 9. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01558	Kvasikokeellinen tutkimus N=8 (8 miessukeltajaa)	Arvioida valtimoveren kaasujen osapaineita kokeneilla vapaasukeltajilla, suoritusta ennen, sen aikana ja sen jälkeen 40 m syvyydessä.	Suhteellista hypoksiaa voi tapahtua maksimisyvyydessä, oletettavasti hengityskaasujen vaihdon epänormaalista tilasta, johtuen keuhkojen kompressiosta. Hyperkapniaa esiintyy syvyydessä, vähemmän mitä oletettiin, todennäköisesti hiilidioksidin imeytymisen ja varastoitumisen vuoksi.	6/7 Kvasi. Tutk. Arviointikrit.
Bouten, J., De Bock, S., Bourgois, G., de Jager, S., Dumortier, J., Boone, J., & Bourgois, J. G. 2021. Heart Rate and Muscle Oxygenation Kinetics During Dynamic Constant Load Intermittent Breath-Holds. <i>Frontiers in</i>	Kvasikokeellinen tutkimus N=10 (10 naissukeltajaa)	Tutkia hengitys- ja verenkiertoelimistön sekä aineenvaihdunnan reaktioita dynaamiselle kuivalle hengityksenpidätykselle ja märkä hengityksenpidätykselle	Molemmassa menetelmissä huomattiin voimakasta sykkeen ja lihaskudoksen hapettumisen alenemista. Voimakkaampaa bradykardiaa havaittiin kasvot vedessä, mutta hapettuminen	6/7 Kvasi. Tutk.

Physiology, 12. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.712629			pysyi samana. Lisäksi havaittiin, että laktaattien nousu oli hitaampaa kasvot vedessä ensimmäisessä hengityksen pidätyksessä, todennäköisesti voimakkaamman bradykardian vuoksi.	Arviointikrit.
Cialoni, D., Brizzolari, A., Sponsiello, N., Lancellotti, V., Lori, C., Bosco, G., Marroni, A., & Barassi, A. 2021. Serum Cardiac and Skeletal Muscle Marker Changes in Repetitive Breath-hold Diving. Sports Medicine - Open, 7, 1. https://doi.org/10.1186/s40798-021-00349-z	Kvasikokeellinen tutkimus N= 12 (9 miestä ja 3 naista)	Tutkia sydän- ja luurankolihasen markerimuutoksia ennen ja jälkeen vapaasukelluksen.	Sydän- ja luurankolihas reagoi vapaasukellukseen vapauttamalla stressihormoneita. Epäselväksi jäi, johtuuko tämä fyysisestä harjoituksesta, akuutista hypoksiasta vai molemmista.	6/7 Kvasi. Tutk. Arviointikrit.
Elia, A., Gennser, M., Harlow, P. S., & Lees, M. J. 2021. Physiology, pathophysiology and (mal)adaptations to chronic apnoeic training: a state-of-the-art review. European Journal of Applied Physiology, 121, 1543-1566. https://doi.org/10.1007/s00421-021-04664-x	Laadullinen katsaus	1. Määrittää fysiologiset ja perusteelliset mekanismit mitkä vaikuttavat yksilön apneakykyyn. 2. tutkia yksilöllisten välisiä eroja apneakyvyssä mitkä johtuvat harjoittelusta ja/tai genetiikasta 3. määrittää fysiologiset ja patofysiologiset adaptaatiot johtuen kroonisesta apnea harjoittelusta	Vapaasukeltajilla on voimakkaampi sukellusrefleksi verrattuna ei sukeltaviin, eliitti sukeltajilla näyttäisi olevan hyödyllisiä adaptaatioita vessa ja luurankolihasessa pääasiallisesti harjoittelun vaikutuksesta. Vapaasukeltajilla on kyky kestää akuutteja neurologisia ja aivoverenkierron stressitekijöitä, jonka fysiologinen perusta on epäselvää.	8/8 Laad. Tutk. Arviointikrit.
Elia, A., Wilson, O. J., Lees, M., Parker, P. J., Barlow, M. J., Cocks, M., & O'Hara, J. P. 2019. Skeletal muscle, haematological and splenic volume characteristics of elite breath-hold	Kvasikokeellinen tutkimus N= 21 (11 eliittivapaasukeltajaa 10 ei sukeltajaa)	Arvioida hapen kuljetus, vaihto ja varastointikyky eliittivapaasukeltajalla, verraten ei sukeltaviin fyysisesti aktiivisiin verrokkeihin.	Eliittivapaasukeltajalla havaittiin laajemmat happivarastot vessa ja luurankolihasessa sekä tehokkaampi hapenvaihtokapa-	8/8 Kvasi. Tutk.

divers. <i>European Journal of Applied Physiology</i> , 119, 11–12, 2499–2511. https://doi.org/10.1007/s00421-019-04230-6			siteetti veren ja luurankolihasen välillä verrattuna ei sukeltaajaan.	Arviointikrit.
Fernandez, F. A., Martin-Martin, R., García-Camacha, I., Juarez, D., Fidel, P. & González-Ravé, J. M. 2019. Medium term effects of physical conditioning on breath-hold diving performance. <i>Respiratory Physiology & Neurobiology</i> , 259, 70–74. https://doi.org/10.1016/j.resp.2018.07.013	Kvasikokeellinen tutkimus N=29 (29 miessukeltajaa)	Analysoida fyysisen harjoittelun vaikutusta apneakykyyn.	Fyysisen harjoittelun sisällyttäminen apneaharjoitteluun lisäsi vapaasukeltajien vitaalikapasiteettiä sekä VO_{2max} , lisäksi fyysinen harjoittelu yhdistettynä hypoksiaharjoitteluun lisäsi suorituskkyä DNF	8/8 Kvasi. Tutk. Arviointikrit.
Fone, L., & van den Tillaar, R. 2022. Effect of Different Types of Strength Training on Swimming Performance in Competitive Swimmers: A Systematic Review. <i>Sports Medicine - Open</i> , 8, 1. https://doi.org/10.1186/s40798-022-00410-5	Systemaattinen katsaus	Tutkia kuinka 1. erilaiset lähestymistavat voimaharjoitteluun kilpauimareilla voi parantaa suoritusta. 2. jonka tyyppinen voimaharjoittelu parantaa uintisuoritusta parhaiten	Yhdistetyllä uinti ja voimaharjoittelulla näyttäisi olevan suorituskkyä parantava vaikutus. Kuitenkaan ei ole selvää, joka voimaharjoittelumenetelmä on tehokkain, sillä kaikilla	11/11 Järj. kats. kriteeristö.
Keil, V. C., Eichhorn, L., Mutsaerts, H. J. M. M., Träber, F., Block, W., Mädler, B., van de Ven, K., Siero, J. C. W., MacIntosh, B. J., Petr, J., Fimmers, R., Schild, H. H., & Hattingen, E. 2018. Cerebrovascular Reactivity during Prolonged Breath-Hold in Experienced Freedivers. <i>American Journal of Neuroradiology</i> , 39, 10, 1839–1847. https://doi.org/10.3174/ajnr.a5790	Kvasikokeellinen tutkimus N=15 (15 miessukeltajaa)	Tutkia 1: Akuuttia aivoverenkierron reaktiivisuutta pitkässä hengenpidätyksessä ASL avulla (Valtimon magneettikuva). 2. Aivoverenkierron riittävyttä ylläpitämään aivojen aerobista energiometabolismia magneettispetroskopian avulla. Lisäksi tutkittiin, onko olemassa olevalla kokemuksella pitkittyneissä hengityksen pidätyksissä vaikutusta aivoverenkiertoon tutkimuksen aikana.	Kokeneet vapaasukeltajat kehittävät aivoverenkierron, joka pystyy ylläpitämään fysiologista aivojen energia-aineenvaihduntaa yli 5 minuutin hengityksenpidätyksen ajan ja merkittävästi vähentyneellä veren happimäärällä.	6/7 Kvasi. Tutk. Arviointikrit.

<p>Kjeld, T., Isbrand, A. B., Linnet, K., Zerahn, B., Højberg, J., Hansen, E. G., Gormsen, L. C., Bejder, J., Krag, T., Vissing, J., Bøtker, H. E., & Arendrup, H. C. 2021. Extreme Hypoxia Causing Brady-Arrhythmias During Apnea in Elite Breath-Hold Divers. <i>Frontiers in Physiology</i>, 12. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.712573</p>	<p>Kvasikokeellinen tutkimus</p> <p>N=17 (9 vapaasukeltajaa ja 8 judourheilijaa, kaikki miehiä)</p>	<p>Määrittää valtimoveren glukoosi, happisaturaatio, syke ja valtimoverenpaineen keskiarvo eliitti vapaasukeltajissa maksimaalisissa suorituksissa.</p>	<p>Glukoosi vähenee vapaasukeltaessa. Sukellusvaste on maksimissaan 3-4minuutin kohdalla. 2. Kohoava glukoosi voi ilmaista laktaatti aineenvaihdunnasta ja äärimmäinen hypoksia eikä alhainen verensokeri aiheuttaa saman kaltaisia rytmihäiriöitä eliitti vapaasukeltajissa kuin merinisäkkäissä.</p>	<p>8/8</p> <p>Kvasi. Tutk. Arviointikrit.</p>
<p>Kjeld, T., Møller, J., Fogh, K., Hansen, E. G., Arendrup, H. C., Isbrand, A. B., Zerahn, B., Højberg, J., Ostefeld, E., Thomsen, H., Gormsen, L. C., & Carlsson, M. 2021. Cardiac hypoxic resistance and decreasing lactate during maximum apnea in elite breath hold divers. <i>Scientific Reports</i>, 11, 1. https://doi.org/10.1038/s41598-021-81797-1</p>	<p>Kvasikokeellinen tutkimus</p> <p>N=6 (6 miessukeltajaa)</p>	<p>Demonstroida onko eliitti vapaasukeltajilla samankaltaisia mekanismeja hypoksia adaptaatioon kuin merinisäkkäillä.</p>	<p>Tutkimuksessa huomattiin eliittivapaasukeltajien sydämen hypoksiansietokyky ja kohonnut verenkierron nopeus sydänlihaksessa, yli 5 min kestävässä hengityksenpidätyksessä ja alentunut laktaattipitoisuus. Tutkimus osoittaa eliittivapaasukeltajan sydämen suuremman anaerobisen ja rasva-aineenvaihdunnan kyvyn olevan saman kaltainen kuin hylkeellä. Eliittivapaasukeltajan sydämellä on vastaavanlaisia adaptaatioita hypoksialle kuin ilmaa hengittäville sukeltavilla nisäkkäillä.</p>	<p>6/7</p> <p>Kvasi. Tutk. Arviointikrit.</p>
<p>Kjeld, T., Stride, N., Gudiksen, A., Hansen, E. G., Arendrup, H. C., Horstmann, P. F., Zerahn, B., Jensen, L. T., Nordsborg, N., Bejder, J., & Halling, J. F. 2018. Oxygen conserving mitochondrial adaptations in the skeletal muscles of breath hold divers. <i>PLOS ONE</i>, 13, 9, e0201401.</p>	<p>Kvasikokeellinen tutkimus</p> <p>N=16 (8 vapaasukeltajaa ja 8 judourheilijaa, kaikki miehiä)</p>	<p>Tutkia happiaineenvaihdunnan kapasiteettiä vapaasukeltajan luurankolihasessa verrattuna vastaavaan kontrolliryhmään.</p>	<p>Vapaasukeltajien luurankolihasissa on alhaisempi mitokondrioiden hapenkulutus verrattuna vastaavaan kontrolliryhmään. Tämä tukee aikaisempia havaintoja sukeltavissa nisäkkäissä, millä on alhai-</p>	<p>8/8</p> <p>Kvasi. Tutk. Arviointikrit.</p>

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201401			sempi aerobinen mitokondrioiden kapasiteetti luurankolihasessa pitkien sukelluksien aiheuttaman hapetta säästävän adaptaation vaikutuksesta.	
Massini, D. A., Scaggion, D., DE Oliveira, T. P., Macedo, A. G., Almeida, T. F., & Pessôa Filho, D. M. 2023. Training methods for maximal static apnea performance: a systematic review and meta-analysis. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 63, 1, 77-85. https://doi.org/10.23736/s0022-4707.22.13621-2	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi.	Tutkia jonkalainen harjoittelu pidentää maksimaalisen hengityksen pidätyksen aikaa.	Kaikki kolme menetelmää paransi staattisen hengityksenpidätyksen aikaa, mutta kyseisellä menetelmällä ei voida todentaa optimaalista menetelmää parantamaan aikaa ja vapaasukelluksen suorituskykyä.	11/11 Järj. kats. kriteeristö.
Schagatay, E., van Kampen, M., Emanuelsson, S. & Holm B. 2000. Effects of physical and apnea training on apneic time and the diving response in humans. Eur J Appl Physiol, 82, 3, 161-169. https://doi.org/10.1007/s004210050668	Kvasikokeellinen tutkimus N=24 (13 miessukeltajaa ja 11 naissukeltajaa)	Tutkia erikseen fyysisen harjoittelun ja apneaharjoittelun vaikutuksia sukellusvasteeseen ja apnea-aikaan ihmisissä.	Fyysinen- ja apneaharjoittelu ovat aktiivisen sukeltamisen komponentteja ja tutkimus osoittaa toistuvan apneaharjoittelun on tärkein tekijä viivästyttämään fysiologista katkeamis-pistettä ja edistämään bradykardiaa.	8/8 Kvasi. Tutk. Arviointikrit.