



Karelia-ammattikorkeakoulu
Fysioterapia (AMK)

Manuaalipyörätuolikäyttäjän fyysisen kuormituksen mittaaminen harjoittelun suunnittelussa

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Elina Kukkonen & Suvi-Tuuli Suokas

Opinnäytetyö, huhtikuu 2025

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2025
Fysioterapeuttikoulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijät
Elina Kukkonen & Sivi-Tuuli Suokas

Nimeke
Manuaalipyörätuolikäyttäjän fyysisen kuormituksen mittaaminen harjoittelun suunnittelussa : kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Toimeksiantaja
Suomen Paralympiakomitea ry

Tiivistelmä
Paraurheilija on urheilija, jonka eri tasoiset vammat estävät henkilöä osallistumasta tasapuolisesti vammattomien urheilijoiden kilpailuihin. Fyysinen harjoittelu on pyörätuolikäyttäjille yhtä tärkeää kuin vammattomillekin henkilöille. Sydän- ja hengityselimistön, voimantuoton sekä psyykkisen hyvinvoinnin on todettu olevan korkeammalla tasolla pyörätuolilajien harrastajilla verrattuna urheilemattomiin pyörätuolin käyttäjiin.

Opinnäytetyö on kuvaileva kirjallisuuskatsaus, jonka tavoitteena oli kerätä tutkittua tietoa, miten manuaalipyörätuolikäyttäjien fyysistä kuormittumista on mitattu eri mittarein. Katsauksessa kootaan yhteen Suomen Paralympiakomitea ry:n toiveesta tietoa kuormittumisesta ja pohditaan, miten saatuja tuloksia voitaisiin hyödyntää harjoittelun optimaalisessa suunnittelussa. Tarkasti määritettyjen sisäänotto- ja poissulkukriteerien perusteella tutkimuksia työhön valikoitui seitsemän.

Tutkimusten perusteella pitkät ja tasaiset kelausliikkeet vähentävät yläraajojen kuormitusta. Lisäksi oikeanlaisella rengaskulmalla voidaan vähentää vierimisvastuksesta johtuvaa kelausvastuksen suurenemista. Kelauksen laatua ja kuormittumista voidaan mitata arki- ja harjoitteluympäristössä IMU-sensoreilla sekä muilla teknologisisilla mittareilla kuten älykelloilla. Kuormitusta voidaan mitata monipuolisilla teknologisisilla ratkaisuilla, mutta tarkennusta esimerkiksi älykellojen pyörätuoliasetukseen tarvitaan. Jatkotutkimuksia manuaalipyörätuolikäyttäjien fyysisestä kuormittumisesta sekä arki- että harjoittelutilanteissa tulisi kuitenkin vielä kehittää entisestään.

Kieli
suomi

Sivuja 49
Liitteet 2
Liitesivumäärä 4

Asiasanat
Paraurheilija, fyysinen kuormitus, manuaalipyörätuoli



THESIS
April 2025
Degree Programme in Physiotherapy

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Authors

Elina Kukkonen & Suvi-Tuuli Suokas

Title

Assessing physical exertion in manual wheelchair users for training optimisation : A descriptive literature review

Commissioned by

Finnish Paralympic Committee

Abstract

Para-athlete is a general term for an athlete whose different levels of disability prevent a person from participating equally in competitions for able-bodied athletes. Physical training is as important for wheelchair users as it is for people without disabilities. Studies have shown that individuals participating in wheelchair sports have better cardiovascular and respiratory function, muscle strength and mental well-being compared to non-athlete wheelchair users.

This thesis is descriptive literature review aiming to collect research-based information on measuring the physical load of manual wheelchair users using different measurement equipments. The review brings together the Finnish Paralympic Committee's wish for compiles information on loading and discusses how the results could be applied in the optimal planning of the training. Inclusion and exclusion criteria were well-defined and for the final work there were selected seven studies together.

The studies largely support that long and steady propulsion reduce the load on the upper limbs. In addition, the correct camber angle can reduce the load due to rolling resistance. The quality of propulsion and physical exertion can be measured in both everyday and training environments with IMU sensors, and other technological equipments example with smartwatches. Although load can be measured with multiple different technological solutions, still further development is needed, for example focusing on the wheelchair settings of smartwatches. More studies are required to better understand manual wheelchair users' physical exertion in both daily life and training situations.

Language
Finnish

Pages 49
Appendices 2
Pages of appendices 4

Keywords

Para-athlete, physical exertion, manual wheelchair

Sisältö

1. Johdanto	1
2. Manuaalipyörätuolin käyttäjä	3
2.1. Pyörätuolin käyttö ja säätöjen merkitys.....	3
2.2. Urheilussa käytettävät pyörätuolit	9
3. Manuaalipyörätuolikäyttäjän fyysinen kuormittuminen	10
3.1. Kuormittumisen määritelmä ja mittarit.....	10
3.2. Olkapään kuormitus ja merkitys kelaukseen.....	12
3.3. Hengityselimistön rakenne ja toiminta	17
4. Pyörätuolikelaajan kuormituksen huomioiminen harjoittelun suunnittelussa	20
4.1. Harjoittelun ohjelmointi ja kaksoisura.....	20
4.2. Ylikuormituksen ja palautumisen huomioiminen harjoittelussa	23
5. Opinnäytetyön tavoite ja tutkimuskysymys	25
6. Opinnäytetyön toteutus	26
6.1. Kirjallisuuskatsaus	26
6.2. Aineiston haun toteuttaminen	27
6.3. Laadunarviointi	29
6.4. Aineiston analyysi.....	32
7. Tulokset	32
7.1. Valikoitunut aineisto.....	32
7.2. Työntövoiman, -määrän ja olkapään kuormituksen mittaaminen	33
7.3. Vierimisvastuksen mittaaminen ja vaikutus kelaamiseen	35
7.4. Mittarit energiankulutukseen ja sykevaihteluun kelauksen aikana	36
8. Pohdinta.....	37
8.1. Tulosten pohdinta	37
8.2. Opinnäytetyöprosessin pohdinta.....	41
8.3. Eettisyys ja luotettavuus	42
8.4. Jatkotutkimusaiheet	43
8.5. Ammatillinen kasvu	43
Lähteet.....	45

Liitteet

- Liite 1 Aineiston haku
- Liite 2 Kirjallisuuskatsauksessa käytetyt aineistot

1. Johdanto

Paraurheilija on yleiskäsite urheilijasta, jolla on vamma. Ennen termin etuliitettä para- on käytetty vain paralympialajien urheilijoista, mutta nykyään tällä samalla termillä tarkoitetaan myös vammaisurheilua tai vammaisurheilijaa. Paralympiaurheilija termiä sen sijaan käytetään ainoastaan urheilijoista, jotka ovat osallistuneet tai osallistuvat paralympialaisiin. (Sanastokeskus ry ja Liikuntatieteellinen Seura 2023, 18.) Suomen Paralympiakomitea ry (2025a) mukaan paraurheilijat luokitellaan liikuntavammaisiin, näkövammaisiin ja kehitysvammaisiin urheilijoihin. Sanastokeskus ry ja Liikuntatieteellinen Seura (2023) on määritellyt liikuntavammaisen siten, että jokin sairaus tai vamma vaikuttaa henkilön liikkumiseen. Vaikuttava tekijä voi olla joko synnynnäinen tai seurausta sairaudesta tai tapaturmasta. Kehitysvammaisen henkilö taas määritellään samassa opissa niin, että henkilöllä on vaikeuksia ymmärtää ja oppia uusia asioita. Uusien asioiden oppimisen rajoite voi olla joko synnynnäistä tai aivojen toimintahäiriön seurausta kehitysiässä. Tällaisella henkilöllä on tyypillisesti pitkäaikaisia haasteita suoriutua tavallisesta elämästä ja normaalin arjen vaatimista toiminnoista, mutta vamma-aste voi olla lievän ja vaikean välillä. (Sanastokeskus ry ja Liikuntatieteellinen Seura 2023, 21–27.)

Urheilijalle tulee määrittää lajikohtainen minimivamma ja luokitus, jotta hänellä on mahdollista osallistua kansainvälisiin kilpailuihin sekä paralympialaisiin. Minimivamma määrittää vamman toimintakykyä rajoittavan tekijän, jonka takia urheilija ei voi tasaväkisesti osallistumaan vammattomien urheilijoiden kilpailuihin. Luokittelun määrittää Kansainvälinen Paralympiakomitea (IPC) ja tavoitteena on taata osapuolien tasapuoliset lähtökohdat kilpailemiselle. (Suomen Paralympiakomitea ry 2025a.) Luokittelussa on tärkeää testata urheilijan vamman toiminnallinen haitta lajissa, jonka parissa hän kilpailee. Vammaluokitus voi olla joko väliaikainen tai pysyvä. (Rintala, Huovinen & Niemelä 2012, 514–515.) Ilman tarkkaa luokittelua kilpailutulokset voisivat olla ennustettavissa, koska vähemmän vammautuneilla urheilijoilla on todennäköisyyksien mukaan suurempi mahdollisuus voittaa (Altmann, Hart, Vanlandewijck, Van Limbeek & van Hooff 2015).

Paraurheilulajit ovat usein muunneltuja vammattomien urheilulajeista. Nämä muutokset koskevat yleensä olosuhteita, välineitä tai sääntöjä. Osa paraurheilulajeista on kuitenkin aivan omia lajejaan, joissa on omat säännöt ja välineet. Näitä lajeja ovat muun muassa boccia ja maalipallo. (Sanastokeskus ry ja Liikuntatieteellinen Seura 2023, 17.) Suomen Paralympiakomitea ry (2025b) on sivuillaan luetellut paraurheilulajeja ja listalta löytyi myös manuaalisen pyörätuolin lajeja kuten pyörätuolirugby, -koripallo, -miekkailu, -tanssi sekä -tennis. Fyysinen harjoittelu on hyödyllistä niin liikuntarajoitteisille kuin vammattomillekin henkilöille. Esimerkiksi pyörätuolikoripalloilijoilla kestävyyskunto on korkeammalla tasolla verrattuna sellaisiin henkilöihin, jotka eivät lajia harrasta. Myös voimantuoton huomattiin olevan urheilijoilla merkittävästi paremmalla tasolla. Pyörätuoliturheilu myös laskee veren kolesterolitason, auttaa painonhallintaan ja päivittäisistä toiminnoista selviämiseen, kasvattaa lihasmassaa ja ehkäisee myös useilta kroonisilta sairauksilta. (Najafabadi ym. 2023, mukaan Garcia -Gómez 2019.) Sydän- ja hengityselimistö ja hyvä aineenvaihdunnan lisäksi pyörätuolikoripallo kehittää lihasvoimaa. Etenkin pyörätuoliturheilussa vaaditaan korkea tasoista olkapään lihasten voimantuottoa ja kestävyyttä. Näillä kyseisillä urheilijoilla siis onkin yleensä korkean tason voimantuottoa eksentrisessä ja konsentrisessä lihastyöskentelyssä kiertäjänkalvosimen lihaksistossa. (Najafabadi ym. 2023, mukaan Campos 2021.) Urheilun tuomat positiiviset vaikutukset psyykkiseen hyvinvointiin näkyvät myös pyörätuoliturheilussa. Pyörätuolikoripalloilijoilla on todettu olevan parempi psyykkinen kunto kuin niillä pyörätuolin käyttäjillä, jotka eivät urheile. (Najafabadi ym. 2023.)

Opinnäytetyössä hyödynnetään lähteitä yleisesti urheilijan kuormituksesta ja palautumisesta. Toimeksiantajana työlle toimii Suomen Paralympiakomitea. Heidän toiveenaan on, että paraurheilijan, tässä tapauksessa manuaalipyörätuolin käyttäjän fyysisestä kuormituksesta saataisiin lisää tietoa, jotta sitä voitaisiin hyödyntää harjoittelun optimaaliseen suunnitteluun. Paraurheilun ja paraurheilijan kuormitusta on tutkittu vähän ja tietoa on löydettävissä rajoitetusti, kuinka huomioidaan kokonaisvaltaisesti fyysistä kuormitusta, kun suunnitellaan harjoitusohjelmaa pyörätuolinkäyttäjille. Etenkin paraurheilun puolella tutkimuksia kuormittumisesta tai yleisesti harjoittelun suunnittelusta löytyy niukasti. Suurin

osa tehdyistä tutkimuksista käsittelee pyörätuolikelaaajien olkapäävammoja ja niiden ehkäisyä. Tästä syystä opinnäytetyössä hyödynnetään lähteitä yleisesti urheilijan kuormituksesta ja palautumisesta.

Opinnäytetyön muoto tulee olemaan kuvaileva kirjallisuuskatsaus ja sen tarkoituksena on siis koota tietoa siitä, kuinka pyörätuolinkäyttäjien fyysistä kuormitusta on mitattu ja millä mittareilla. Tavoitteena on kerätä yhteen jo olemassa olevaa tietoa, jolloin on mahdollisuus huomioida jatkossa erilaisia mittaustapoja fyysisenkuormituksen tarkkailuun pyörätuolinkäyttäjillä. Lisäksi löydettyä ja tuotettua tietoa voidaan tulevaisuudessa pyrkiä enemmän hyödyntämään myös harjoittelun suunnittelussa. Toisaalta taas opinnäytetyö voi innostaa jatkotutkimuksille pyörätuoliturheilijoiden kokonaiskuormituksesta.

2. Manuaalipyörätuolin käyttäjä

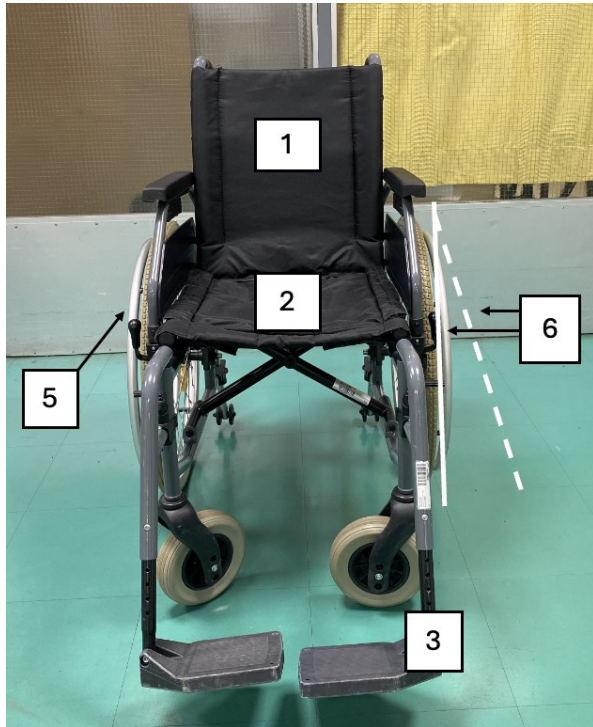
2.1. Pyörätuolin käyttö ja säätöjen merkitys

Pyörätuoli on tarkoitettu henkilöille, joiden alaraajojen toiminta on heikentynyt. Pyörätuoli mahdollistaa tällaisille henkilöille itsenäisemmän tavan liikkua ja toimia päivittäisessä elämässä. (Fritsch, Poulet, Bascou, Thoreux & Sauret 2022.) Töytäri, Koistinen, Mustonen ja Leivo (2010) ovat määrittäneet Apuvälinekirjassa pyörätuolinkäyttäjän niin, ettei kävelyapuvälineitä hyödyntäen kävely onnistu ollenkaan tai onnistuu, mutta vain lyhyillä matkoilla. Pyörätuolinkäyttäjiä voi olla hyvinkin erilaisia toimintakyvyltään ja lisäksi manuaalipyörätuoli voi olla vain kuntoilu- ja harrastusväline. Pyörätuolin säädöt ja asetelut tulee siinä vaiheessa erityisesti kysymykseen, kun arvioidaan, paljonko päivittäistä aikaa käyttäjä tulee viettämään pyörätuolissa. (Töytäri ym. 2010, 116.) International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) tarkoittaa kansainvälistä luokitusta toimintakyvylle, toimintarajoitteille ja terveydelle. ICF-luokituksen mukaan yksilön toimintakyky ei ole ainoa asia osallistumiseen vaan siihen vaikuttavat myös ympäristötekijät. Kehon fyysinen puoli jaetaan luokituksessa toimintoihin, suorituksiin ja osallistumiseen sekä asiayhteyteen luokituksessa liittyvät

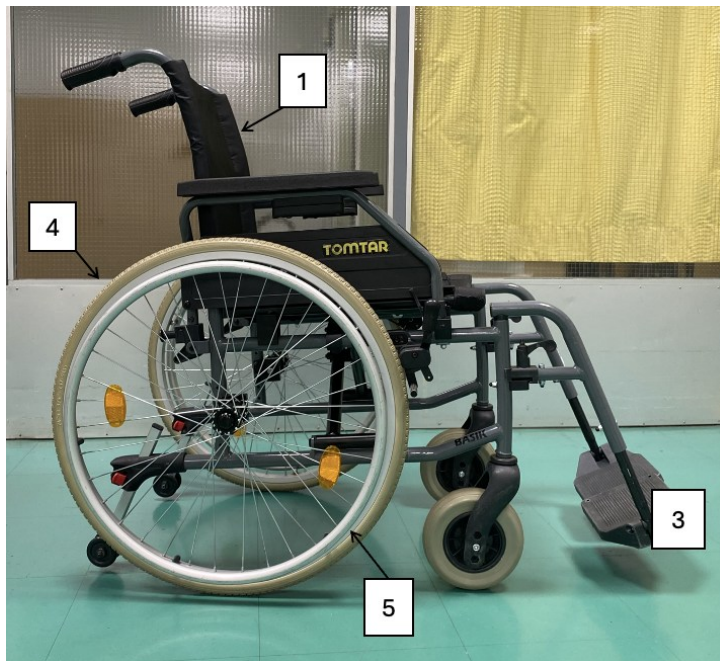
myös ympäristö ja yksilötekijät. Fyysisen ympäristön lisäksi ympäristötekijöihin kuuluvat myös ihmisten asenteet, tuki ja palvelut sekä valtion laitokset. (Rintala ym. 2012, 12–13, mukaan Stakes 2009.) Ihmisillä, joilla on jokin vamma tai he eivät muuten pysty osallistumaan vammattomien urheilulajeihin on myös heillä yhtä lailla oikeus liikunnan harrastamiseen kuin vammattomillakin yksilöillä. Yhteiskunnan vastuulla on se, että ympäristö on saavutettavissa ja, että ihmiset saavat oikeanlaista tukea. (Duvall, Satpute, Cooper & Cooper 2020.)

Apuvälineiden luovutukseen sisältyy erilaisia periaatteita, joiden perusteella apuvälineitä luovutetaan asiakkaiden käyttöön. Esimerkiksi pyörätuoli voidaan luovuttaa toistaiseksi voimassa olevalla sopimuksella asiakkaan käyttöön silloin, kun tarve on pitkäaikainen. Pyörätuolin käytön tulee tällöin tukea henkilön oma-toimisuutta ja sen käytön on oltava säännöllistä. Määräaikaisia luovutuksia tehdään yleensä silloin, kun kyseessä on esimerkiksi ollut leikkaus tai jokin tapaturma. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2023, 149–150.) Manuaalisen pyörätuolin valinta ja sen sopivuus yksilölle sekä se, että pyörätuoli vastaa käyttäjän tarpeita on erittäin tärkeää. Pyörätuolin yksilöiminen käyttäjälle voi edesauttaa keulaajan itsenäisyyttä ja osallisuutta päivittäisessä elämässä. Pyörätuolin säädöt voivat vaikuttaa käyttövoimaan, liikelaajuuksiin yläraajoissa, pyörätuolin vakautteen ja vastukseen liikkumisen aikana. Kaikki nämä edellä mainitut asiat vaikuttavat siihen, kuinka helppoa tai vaikeaa pyörätuolin käyttäminen on jokapäiväisissä toiminnoissa. (Medola, Elui, Santana & Fortulan 2013.) WHO:n (2008) mukaan pyörätuolin käyttäjille ei kuitenkaan loppupeleissä anneta paljoakaan mahdollisuuksia pyörätuolin valintaan, koska pyörätuoleja voi olla vain muutama malli saatavilla. Näistä saatavilla olevista vaihtoehdoista ei kuitenkaan välttämättä löydy käyttäjälle sopivaa pyörätuolia, joka kohtaisi käyttäjän fyysisten tarpeiden kanssa tai sopisi juuri hänen käyttötarkoituksiinsa. (World Health Organization 2008.) Pyörätuoleja on siis sekä manuaalisia että sähköllä toimivia. Tässä opinnäytetyössä kuitenkin keskitytään vain manuaalisiin pyörätuoleihin, joita voi liikuttaa joko pyörätuolin käyttäjä itse tai avustajan työntämänä. Myös manuaalisesta pyörätuolista löytyy useaa erilaista luokkaa riippuen kohderyhmän käyttötarkoituksista, näitä ovat mm. kuljetuspyörätuoli, puoliaktiivipyörätuoli, aktiivipyörätuoli, lasten pyörätuoli sekä erikoispyörätuoli (Haavisto & Himanen 2010).

Selkänöjan säädöt (Kuva 1&2, nro 1) vaikuttavat käyttäjän keskivartalon tukeen sekä yläraajojen liikkuvuuteen. Korkeampi selkänöja antaa enemmän tukea selälle ja keskivartalolle, mutta se taas puolestaan voi rajoittaa yläraajojen liikettä pyörätuolia kelatessa. Matalampi selkänöja taas antaa paremmin tilaa käsien liikkeelle, mutta ei anna niin paljon tukea selälle. Korkeammasta selkänöjasta on kuitenkin hyötyä sellaisille henkilöille, joiden keskivartalon hallinta on heikompa. (Medola ym. 2013.) Urheilijat kuitenkin voivat käyttää lisäksi erilaisia vöitä lisäämään keskivartalon vakautta ja sitä kautta myös voimantuottoa kelaukseen (Altmann, Hart, Vanlandewijck, Van Limbeek & van Hooff 2015). Keskivartalon hallinta ja sen käyttö on siis myös huomioon otettava asia pyörätuolin käyttäjillä. Keskivartalon asento vaikuttaa siihen, kuinka hyvin saadaan tuotettua voimaa käsien avulla kelaamiseen ja yläraajojen mahdolliseen liikerataan. Vakauden ja hallinnan, joka tulee keskivartalosta, on todettu vähentävän vastaliikkeitä kelauksen aikana, joka sekin vaikuttaa käsivarsien liikkeisiin ja voimantuottoon. Joten keskivartalon vamma voi vaikuttaa huomattavasti pyörätuolin käyttövoimaan, etenkin nopeaan kiihdyttämiseen kelaamisella. Kuitenkaan eroavaisuuksia ei löydetty kiihdytykseen vaikuttavasta keskivartalon voimasta sellaisten henkilöiden välillä, joilla oli hyvä keskivartalon lihasvoima ja henkilöillä, joilla oli alempi keskivartalon lihasvoima. Tässä tutkimuksessa kuitenkin suurin osa pyörätuolin käyttäjistä olivat henkilöitä, joilla on selkäydinvamma. (Altmann ym. 2015.) On kuitenkin tutkittu, että pyörätuoli koripalloilijoilla keskivartalon vakauden ja kiertoliikkeiden on havainnoitu vaikuttavan suorituskykyyn ja keskivartalon hallinta on myös yksi nykyisistä osa-alueista pyörätuoli koripallon luokitusjärjestelmässä (Najafabadi ym. 2023).



Kuva 1: Manuaalipyörätuoli edestä (kuva: Suvi-Tuuli Suokas)



Kuva 2: Manuaalipyörätuoli sivusta (kuva: Suvi-Tuuli Suokas)

Istuimen (Kuva 1, nro 2) korkeudella on vaikutusta pyörätuolin käyttöön. Liian korkealla oleva istuin mahdollistaa vain lyhyen työnnön kelaukseen, kun taas matalammalla olevan istuimen kanssa on mahdollisuus tuottaa enemmän voimaa kelaukseen laajemman liikeradan seurauksena. Optimaalinen

istuinkorkeus on määritetty siten, että käyttäjän kyynärvarsi on 100–120° kulmassa, kun hän pitää kelausvanteista kiinni käden ollessa ylimmässä asennossa. Istuinkulman säädöillä on myös merkitystä istumatasapainoon ja toiminnallisuuteen, mutta kuitenkin sen merkitystä ei tiedetä kelausvoiman tuotossa. (Medola ym. 2013.) Eri luokituksen pyörätuolikoripalloilijoilla on tehty tuolin erinäisiin säädöksiin liittyviä kenttätestejä. Muokattavia säätöjä testattaessa ovat olleet mm. istuinkorkeus, pyörätuolin massa sekä pito kelauksen aikana. Testausta suoritettiin kuusi kertaa eri säädöillä ja muutoksilla pyrittiin vaikuttamaan kelauksen suoritusnopeuteen. Massan muutoksilla sekä pidolla ei ollut juurikaan merkitystä suoritusnopeuksiin, kun taas istuin korkeutta muutettaessa saatiin merkittäviä eroja aikaan. 7,5 % pienemmällä istuinkorkeudella suoritusaikaa saatiin lyhenemään huomattavasti. (de Witte, ym. 2020.) Jalkatuilla (Kuvat 1&2, nro 3) on myös oma roolinsa pyörätuolissa ja niiden oikeanlaisilla säädöillä voidaan ehkäistä reisien painautumista istuinta vasten. Jalkatuet ovat siis syytä asettaa siten, että reisiin ei kohdistu liikaa painetta istuinta vasten. Jalkaterän etutuki voi olla myös joissakin tapauksissa tärkeää asettaa, jolloin eteenpäin kumartumisesta tulee turvallisempaa, kun jalat pysyvät paikallaan ja näin ollen puutoamisen riski pienenee. (Medola ym. 2013.)

Takapyörien (Kuva 2, nro 4) asento vaikuttaa pyörätuolin vakauteen ja kelausvoiman tuottoon. Mitä taaempina pyörät ovat sitä vakaammaksi pyörätuoli saadaan. Tämä kuitenkin vaikuttaa siihen, että kelaamiseen ei saada tuotettua niin paljon voimaa, koska kelausvanteesta (Kuvat 1&2, nro 5) ei ole mahdollista saada otetta riittävän takaa, jolloin yläraajan liike jää vajaammaksi. Takapyörien tuonti eteenpäin auttaa kelaamisen voimantuotossa siten, että pyörästä saadaan ote riittävän takaa, mikä mahdollistaa laajemman yläraajan liikkeen kelauksen voimantuotossa. Takapyörien liikuttaminen eteenpäin myös lyhentää pyörätuolia, joka helpottaa kääntöliikkeiden tekemistä. Takapyörien säädöt ovat kuitenkin asiakas riippuvaisia ja perustuu heidän omaan käsitykseensä vakauden tunteesta ja missä asennossa on helpointa tuottaa työntövoimaa kelaukseen. Takapyörät kuitenkin tulee sijoittaa vain niin eteen, ettei se vaaranna pyörätuolin kokonaisvakautta. Takapyörien kaltevuuskulmalla (Kuva 1, nro 6) on myös vaikutusta pyörätuolin käyttöön. Kuuden asteen takapyörien kaltevuus on todettu hyväksi käyttömukavuudeltaan, koska se lisää sivuttaissuunnan

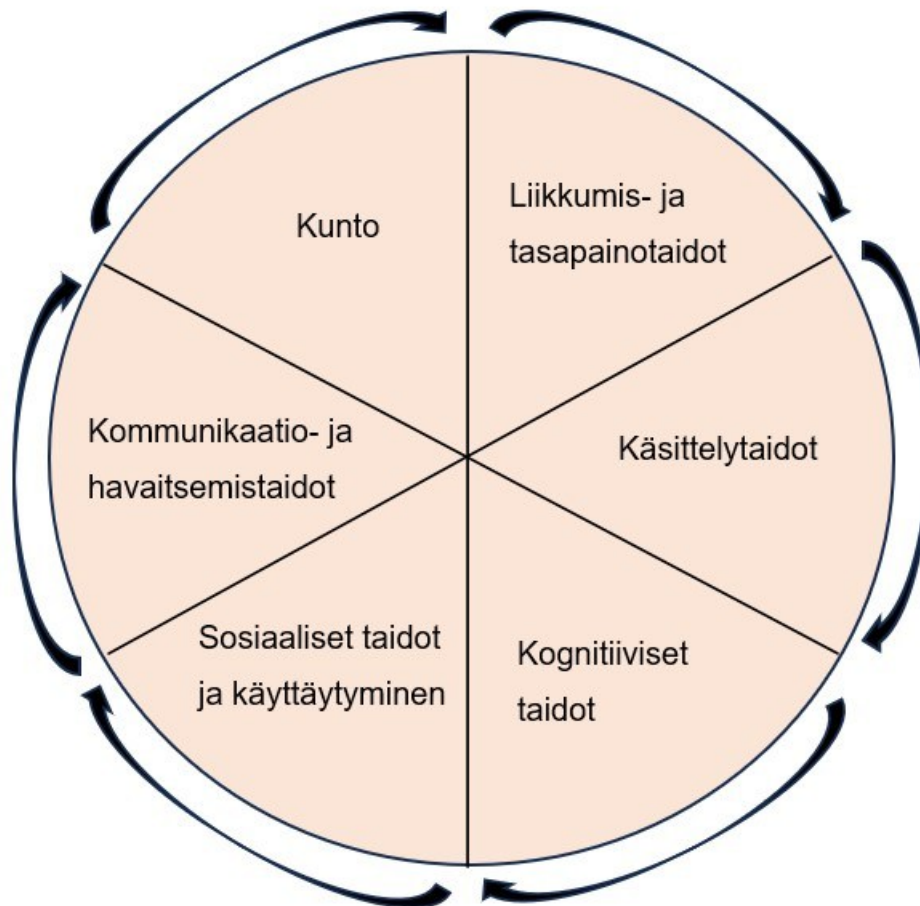
vakautta kaltevilla alustoilla ja luo mukavuutta käden asennolle kelauksessa sekä helpottaa pyörätuolin ohjauksessa. (Medola ym. 2013.) Kuitenkin liian suuri takapyörrien kaltevuuskulma (15° – 24°) vaikuttaa heikentävästi kelaus aikaan, koska pyörrien pinta-ala maakosketukseen lisääntyy (Fritsch ym. 2022).

Korkealla tasolla harjoittelevilla pyörätuoliurheilijoilla oli testattu takapyörän kaltevuuden vaikutuksia fysiologisesti ja biomekaanisesti kelaukseen. Merkittävin löydös tuli esiin suuremmalla kaltevuuskulmalla. 20° ja 25° kulmilla mekaanista tehokkuutta saatiin kasvatettua kelauksen aikana, mutta samalla hapen tarve suorituksen aikana lisääntyi ja tällöin liikkeen taloudellisuus kärsi. Myös olkanivelen koukistus ja kyynärnivelen ojennus kulmat työntövaiheessa kasvoivat. Näillä tekijöillä arvioitiin olevan myös vaikutusta lisääntyneeseen hapen tarpeeseen ja tämän takia suurempaa kaltevuuskulmaa ei suositella ergonomisesti optimaaliseksi säädöksi vaan pikemminkin pienempää kuin 15° kulmaa. (Mason, Van Der Woude & Goosey-Tolfrey 2011.) Käyttäjän pyörätuolin kelaamista voidaan myös helpottaa kelausvanteiden avulla. Kelausvanteella tarkoitetaan pyörän ulkosivulla olevaa vannetta, josta voidaan liikuttaa pyörätuolia manuaalisesti yläraajojen avulla ja josta saadaan parempi tarttumaote kuin itse renkaasta. Hieman suuremman kuin 20 millimetrin kelausvanteen halkaisijan on todettu olevan parempi tarttumaotteen kannalta, kuin ohuemman kelausvanteen. (Medola ym. 2013.)

Pyörätuolin runkomassalla on merkitystä niin käyttömukavuuteen, kuin voimantuottoonkin. Kevyemmät pyörätuolit sopivat useimmiten niille henkilöille, joilla on aktiivinen elämäntyyli. Pyörätuolin kevyempi rakenne vähentää tällöin kelaamiseen tuotettavan voiman tarvetta. Alumiini on yksi käytetyimmistä valmistusmateriaaleista, mutta valmistukseen käytetään myös titaania ja hiilikuitua. Titanissa on ominaisuuksia, jotka vaimentavat pyörätuolin iskuja ja tärinää sekä sillä on parempi lujuus-paino-suhde kuin alumiinissa. Hiilikuidusta valmistettu pyörätuoli on entistäkin kevyempi ja kuituja voidaan muokata siten, että osat ovat lujia toiseen suuntaan ja joustavia toiseen. Titaani ja hiilikuitu ovat materiaaleina kuitenkin huomattavasti kalliimpia kuin alumiini ja ne vaativat erikoistuneita valmistustekniikoita. (Medola ym. 2013.)

2.2. Urheilussa käytettävät pyörätuolit

Liikuntavammaisten mukaan houkuttelevia liikuntamuotoja ovat mukautetut lajit, joissa heidän liikuntavammansa on otettu huomioon. (Duvall ym. 2020.) Longmuirin mallia voidaan käyttää apuna toteuttamaan kaikille avointa liikuntaa ja urheilua (kuvio 1). Mallin perusteella voidaan selvittää liikuntamuodon tai -lajin vaatimuksia ja kuinka osallistuja pystyy vastaamaan näihin vaatimuksiin. Malliin sisältyy kuusi osa-alueetta: liikkumis- ja tasapainotaidot, käsittelytaidot, kognitiiviset taidot, sosiaaliset taidot ja käyttäytyminen, kommunikaatio- ja havaitsemistaidot sekä kunto. Tämä kyseinen malli auttaa ammattilaisia järjestämään olosuhteet siten, että liikunnan vaatimukset ja vammaisen henkilön kyvyt kohtaavat mahdollisimman hyvin. Liikuntalajeilla on erilaisia vaatimuksia lajista riippuen sekä onko kyseessä kilpaurheilua vai liikunnan harrastaminen. (Rintala ym. 2012, 222.)



Kuvio 1. Kykyihin pohjautuva malli (Longmuir 2003) kaikille avoimen liikunnan ja urheilun toteutuksessa (mukaillen Rintala ym. 2012, 222)

Erilaisiin urheilulajeihin on olemassa erilaisia niin sanotusti aktiivipyörätuoleja, jotka helpottavat nopeaa liikkumista ja ovat ketterämpiä kuin normaalit pyörätuolit. Suomen Paralympiakomitea ry:n (2025c) mukaan, pyörätuolikoripallossa käytetään ketterää pyörätuolia, joka on suunniteltu kyseiseen lajiin. Pyörätuolin tulee myös täyttää mitat ja ominaisuudet, jotka ovat määrätty kansainvälisellä tasolla. Säättöjen merkitys on urheilupyörätuoleissa tärkeässä roolissa ja siksi pyörätuolit tehdään usein urheilijan mittojen mukaan. Näin ollen saadaan optimoitua käyttäjän istuma-asento, tasapaino ja liikkuvuus parhaalle mahdolliselle tasolle pyörätuolin käytön aikana. (Suomen Paralympiakomitea ry 2025c.) Koripallotuolit on rakennettu hyvin kevyiksi, eikä niistä löydy erikseen jarruja ja pyörätuolin renkaat ovat kallistettu yläosasta sisäänpäin. Renkaiden suuren kaltevuuskulman ansiosta pyörätuoli kääntyy ketterästi ja sen kelaamisesta tulee ergonomisempaa eikä vastustaja pääse liian lähelle. Renkaiden kulma tuo myös turvaa siihen, etteivät pelaajan sormet jää helposti pyörien väliin, jos kaksi pyörätuolia on rinnakkain. Pelituoleista löytyy myös kaatumisesteet, jotka tekevät pyörätuolin käytöstä turvallisempaa. (Rintala ym. 2012, 302.)

Yleisurheilulajeissa kuten esimerkiksi ratakelauksessa käytetään ratakelautuoleja. Jokaisella urheilijalla on oma tapa kelata pyörätuolia, jolloin kelaustuolit on helpompi valmistaa urheilijan omien mittojen mukaan kuin, että kelaajan täytyy muuttaa kelaustyylään. Runko muodostuu alumiinista ja rungon pituus on 1,6 metristä kahteen metriin. Kelaustuolit kuitenkin eroavat normaaleista ja monissa muissa lajeissa käytettävistä pyörätuoleista siten, että ne ovat kolmipyöräisiä. (Rintala ym. 2012, 433.)

3. Manuaalipyörätuolikäyttäjän fyysinen kuormittuminen

3.1. Kuormittumisen määritelmä ja mittarit

Kuormituksella tarkoitetaan elinjärjestelmän rasittamista. Kuorma voidaan jakaa kahteen alakategoriaan, jotka ovat ulkoinen ja sisäinen. Ulkoisella kuormalla

tarkoitetaan sitä työtä, jonka urheilija tekee esimerkiksi harjoittelulla. Sisäisellä kuormalla taas sitä kuinka urheilija reagoi sisäisesti fysiologisesti ja psykologisesti harjoittelun tuottamaan ulkoiseen kuormaan. Ulkoista kuormaa voidaan mitata esimerkiksi objektiivisen mittaustiedon avulla, jota voidaan kerätä harjoituspäiväkirjan avulla. Mitattavat asiat voivat olla harjoituksen ja kilpailun aikana matka, aika ja nopeus. Muita mittausmenetelmiä ovat arvioivat testit, jotka mitaavat perus- ja lajiominaisuuksien suorituskykyä. Voimaa ja nopeusominaisuuksia sekä hermolihaskäytännön kapasiteettia voidaan mitata erilaisilla voimalevyillä ja inertiaali- ja kiihtyvyyssensoriteknologialla. (Haverinen 2021, 118–119).

Haverinen (2021) mukaan sisäiseen kuormaan liittyy fysiologinen ja psykologinen kuormitus. Fysiologista kuormitusta mitataan objektiivisesti ja psykologista kuormitusta subjektiivisesti. Yksi objektiivisen sisäisen kuorman mittaamisen menetelmä on kardiorespiratorinen seurantamenetelmä. Siinä mitataan syke- ja hengityksen avulla autonomisen hermoston säätelyä. (Haverinen 2021, 120.) Hermoston yhtenä osana on autonominen hermosto, joka jakaantuu kahteen osaan: sympaattiseen ja parasympaattiseen. Autonominen hermoston tehtäviin kuuluu muun muassa kontrolloida ja säädellä kehon sisäisiä reaktioita, kuten verenpainetta, sydämen- ja hengityksen nopeutta, kehon metabolisia reaktioita sekä lämpötilaa. Hermosto ei vaadi henkilön tietoisia toimia vaan toimii täysin automaattisesti. (Coon 2023.) Tarkoituksena on ylläpitää tasapainoa kehon fysiologisten prosessien välillä, joista tärkeimpinä toimintoina ovat sydämen syke, hengitys, verenpaine sekä ruoansulatus. (Koivisto 2024, 48.) Autonominen hermoston toimintaan vaikuttavat hypothalamus, ydinjatkoksen formatio reticularis eli aivoverkosto sekä isojen aivojen limbinen järjestelmä. Hypotalamus aktivoi sympaattista hermostoa muun muassa erilaisissa rasitustilanteissa, vaaratilanteissa, lämmönsäätelyssä tai voimakkaissa tunne-elämyksissä. Ydinjatkoksessa sijaitseva keskus sen sijaan säätelee sydämen ja verisuonten toimintaa. Tunne-elämän ja autonominen hermoston yhteyksiä toisiinsa välittää limbinen järjestelmä ja tämä tapahtuu hypothalamuksen välityksellä. (Palo, Jokelainen, Kaste, Teräväinen & Waltimo 1992, 51.)

Sympaattisen hermoston tärkein tehtävä on valmistaa kehoa muun muassa stressaaviin ja hätätilanteisiin. Kehon valmistautuminen lisää sydämen sykettä sekä supistus voimaa, samalla hengityksen helpottumiseksi hengitystiet laajenevat. Fyysisinä reaktioina sympaattinen hermosto vaikuttaa muun muassa käsien hikoamisen ja pupillien laajenemisenä. Toiminnot kuten ruoansulatus ja virtsaaminen hidastuva, sillä vaaran hetkellä nämä eivät ole välttämättömiä. Parasympaattinen hermosto toimii sympaattisen hermoston vastakohtana kontrolloimalla tavanomaisissa tilanteissa kehon toimintoja. Sydämen syke ja verenpaine laskevat, ruoansulatus aktivoituu ja ravinnosta saatu energia aloittaa lihasten ja kudosten palautumisen sekä rakentamisen. (Coon 2023.) Päättarkoituksena tällä hermoston osalla on auttaa kehoa palauttamaan homeostaasi stressiä nostattavasta tilanteesta sekä ylläpitämään lepoa ja rentoutumista (Koivisto 2024, 50).

Hyviä konkreettisia mittausmenetelmiä autonomisen hermoston säätelyyn ovat leposykkeen ja sykevälivaihtelun mittaaminen. Sykereaktiota voidaan mitata submaksimaalisesti, jolloin se on urheilijalle vähemmän kuormittavaa kuin maksimaalinen uupumiseen asti suoritettava testi. Submaksimaalinen kuormituksen testi on myös helpommin toteutettavissa useammin esimerkiksi alkulämmittelyn yhteydessä. Toinen objektiivinen sisäisen kuormituksen mittari on hormonaalinen seurantamenetelmä. Siihen sisältyy hormonimääritykset, biokemialliset mitaukset, kuten laktaatin mittaaminen ja immunologiset markerit. Subjektiviisen psykologisen sisäisen kuormituksen mittareina toimii erilaiset itsearviointikyselyt, joita urheilijat täyttävät. Kyselyistä kuten POMS (Profile of Moos States), RESTQ-Sport (Recovery-Stress Questionnaire for Athletes), TRQ (Total Recovery Scale) ja DALDA (Daily Analyses of Life Demands for Athletes) on näyttöä siihen, että ne reagoivat hyvin muutoksiin, joita tapahtuu harjoituskuormituksessa. (Haverinen 2021, 120).

3.2. Olkapään kuormitus ja merkitys kelaukseen

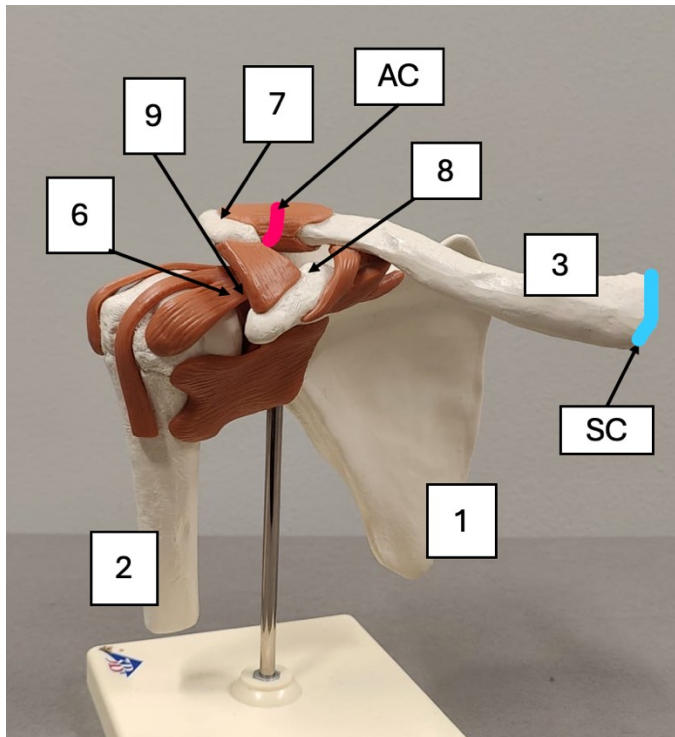
Olkapää on yleisnimitys olkanivelelle sekä nivelen liikkeisiin vaikuttaville lihaksille. Lihakset, jotka ovat mukana olkanivelen toiminnassa ovat joko suoraan tai

lapaluun (os scapula) (kuva 3 & 5, nro 1) välityksellä liikkeessä mukana. Olkapään seudun lihakset kiinnittyvät olkaluuhun (os humerus) (kuva 3 & 5, nro 2), lapaluuhun, solisluuhun (os clavícula) (kuva 3, 4, 5 & 6, nro 3), nikamien okahaarakkeisiin (os vertebrae, processus spinosus) (kuva 5, nro 4) sekä rintalastaan (os sternum) (kuva 6, nro 5). Nämä luiset osat koostavat hartiarenkaan kokonaisuuden. (Hervonen 2004, 152.) Olkanivel pitää sisällään olkaluun, joka niveltyy lapaluussa olevaan nivelkuoppaan (fossa glenoidalis) (kuva 3, nro 6). Olkanivel on toiminnallinen, elimistön liikkuvin nivel, jota useat lihakset sekä nivelsiteet tukevat erilaisten liikkeiden aikana. (Leppäluoto ym. 2024, 69.) Osaksi olkanivelen kokonaisanatomiasta liitetään varsinaisen olkanivelen lisäksi myös lapa-solisluunivel sekä solisluu-rintalastanivel. Lisäksi lapaluun ja rintakehän välistä pintaa usein ajatellaan osana olkanivelen kokonaisuutta, vaikka tämä ei koostu rustonivelestä vaan on pikemminkin liukupinta kahden rakenteen välillä. (Pohjolainen 2024.)

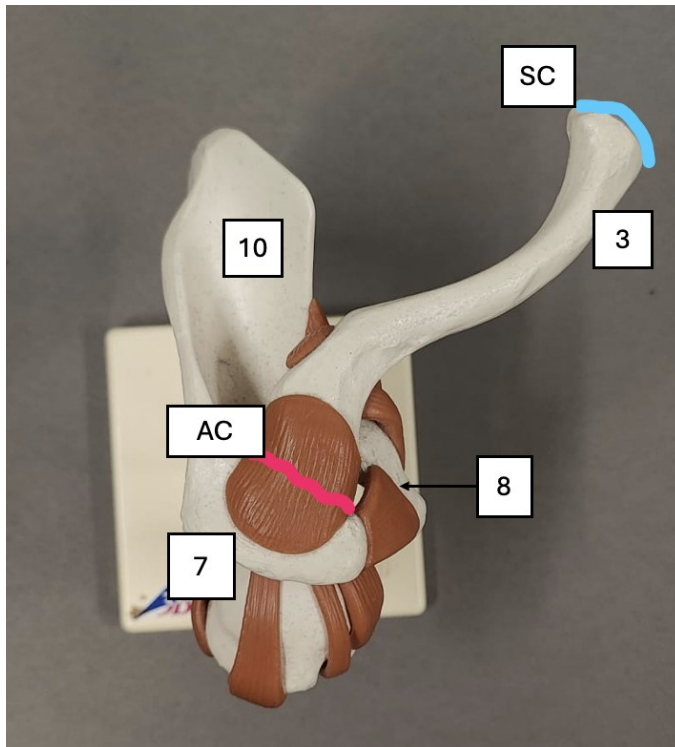
AC-nivelen (kuva 3, 4, 5 & 6, AC) eli olkalisäke-solisluunivelen muodostaa acromion (kuva 3, 4, 5 & 6, nro 7) ja clavícula. Luisten rakenteiden puolesta AC-nivel on epävaka. Muiden rakenteiden kuten staattisen nivelkapselin ja nivelsiteiden sekä dynaamisten lihasten tehtävänä on pitää kyseistä niveltä paikallaan. AC-nivelessä tapahtuva solisluun taaksepäin suuntautuva kiertymisliike etu- ja takasuunnassa sekä ylä- ja alasuunnassa mahdollistaa yläraajassa nostoliikkeen, mutta myös rintakehää vasten tapahtuvan lapaluun liikkeen. (Virtanen 2020.) SC-nivel (kuva 3, 4, 5 & 6, SC) eli rintalasta-solisluunivel on ainoa nivel, joka yhdistää yläraajan sekä ihmisen keskilinjan, johon kuuluu ranka, rintakehä sekä kallo. Nivelessä solisluu niveltyy rintalastan sekä ensimmäisen kylkiluun rustopintaan. SC-niveltä tukee AC-nivelen tavoin ympäröivät nivelsiteet ja nivel antaa myöten kohotuslaskusuunnassa sekä etu-takasuunnassa. (Dhawan, Singh, Tins & Hay 2017.)

Lisäksi tärkeitä luisia rakenteita yläraajassa on muun muassa lapaluussa, josta löytyy korppilisäke (processus coracoideus) (kuva 3 & 4 & 6, nro 8), olkalisäke (os acromion) sekä nivelrako (cavitas glenoidalis) (kuva 3, nro 9), johon olkaluun pää asettuu. Lapaluussa on myös ylemmälle lapalihakselle (m. supraspinatus) oma kuoppansa (fossa supraspinatus) (kuva 4 & 5, nro 10) sekä alemmalle

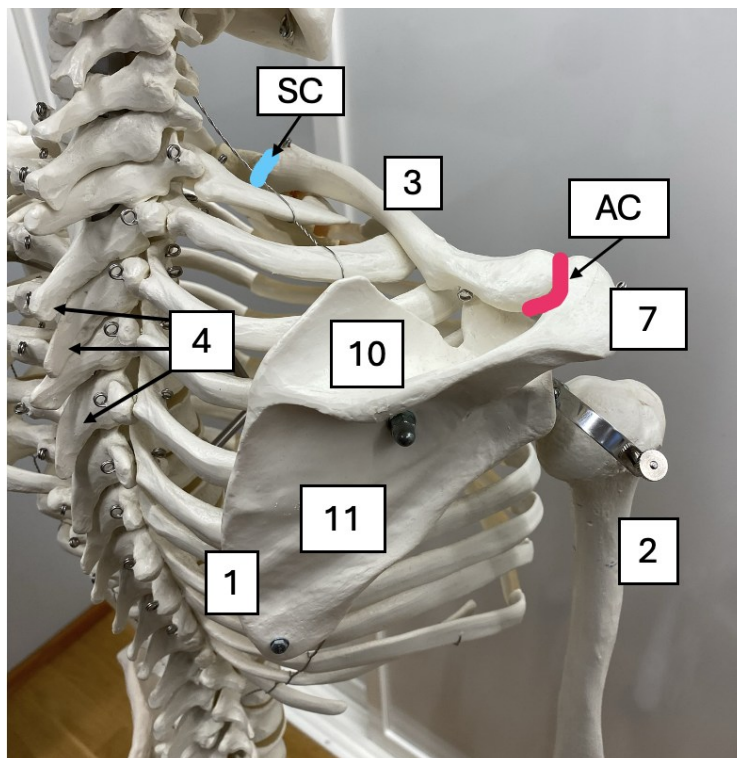
lapalihakselle (m. infraspinatus) samanlainen kuoppa (fossa infraspinatus) (kuva 5, nro 11). Olkaluussa merkittäviä luisia rakenteita ovat olkaluun pää, jossa on pieni ja iso olkakyhmy (tuberculum majus & minus humerii). Näiden kyhmyjen väliin asettuu ura (sulcus intertubercularis), josta kulkee hauislihaksen pitkän pään jänne. (Hervonen 2004, 151.)



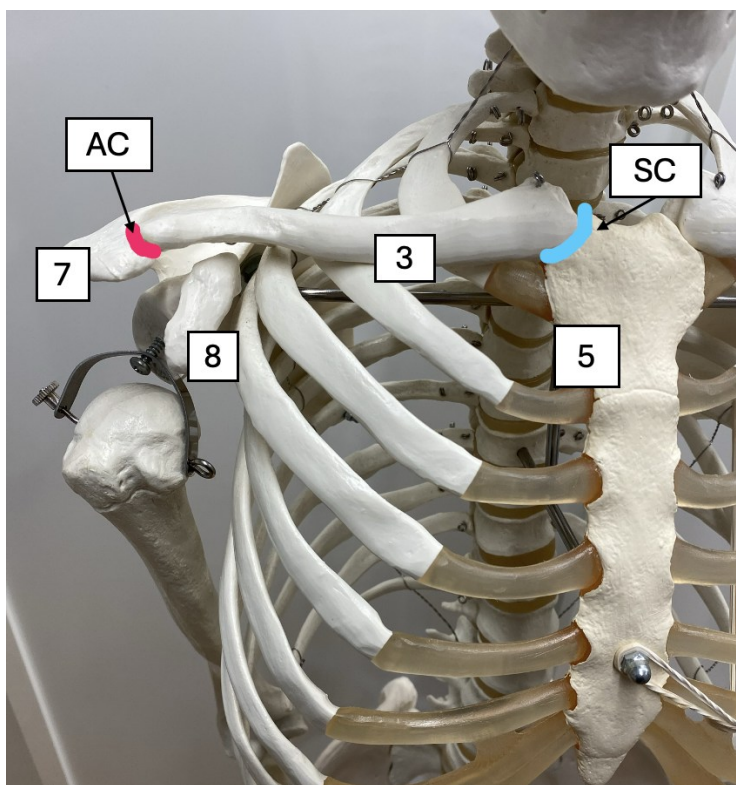
Kuva 3: Olkaniveltä ympäröivät luiset rakenteet edestä (kuva: Elina Kukkonen)



Kuva 4: Olkaniveltä ympäröivät luiset rakenteet päältä (kuva: Elina Kukkonen)



Kuva 5: Olkaniveltä ympäröivät luiset rakenteet takapuolelta (kuva: Suvi-Tuuli Suokas)



Kuva 6: Olkanivelen luiset rakenteet etupuolelta (kuva: Suvi-Tuuli Suokas)

Olkanivelen toiminnan kannalta tärkeitä lihaksia ovat iso ja pieni rintalihas (m. pectoralis major & minor), etummainen sahalihhas (m. serratus anterior), epäkäslihas (m. trapezius), lavankohottajalihas (m. levator scapulae), pieni ja iso liereälihas (m. teres minor ja major), leveä selkälihas (m. latissimus dorsi), hartialihhas (m. deltoideus), pieni ja iso suunnikaslihas (m. rhomboideus minor ja major), alempi lapalihas (m. infraspinatus), ylempi lapalihas (m. supraspinatus), korppiolkaluulihas (m. coracobrachialis) sekä lavanaluslihas (m. subscapularis). (Hervonen 2004, 151.) Kelauksen alkuvaiheessa kyynärniveli on fleksiossa eli koukistus asennossa ja suurin osa lihastyöstä tapahtuu hauslihaksella (m. biceps) sekä alemmalla ja ylemmällä lapalihaksella. Kelauksen loppuvaiheessa kyynärniveli ojentuu ja tämä työ tapahtuu pääosin ojentaja lihaksen (m. triceps) avulla. (Veeger, Rozendaal & van der Helm 2002, 214–215.) Aktiivisen työntö- vaiheen toteuttaa pääosin hartialihaksen etuosa ja isompi rintalihas. Palautus- vaiheen aktiivisen osan pääosin toteuttaa hartialihaksen keskimmäinen ja taai- mmainen osa. (Mâsse, Lamontage & O’Riain 1992, 24.) Kaikki nämä edellä mainitut lihakset osallistuvat olkavarren liikkeisiin kelauksen aikana. Lisäksi työskentelyyn osallistuvat nelikulmainen sisäänkiertäjälihas (m. pronator

quadratus), liereä sisäänkiertäjälihak (m. pronator teres) ja olkavarsilihak (m. brachialis). (Veeger ym. 2002, 214–215.)

Donald ym. (2015, 84) ja Soo hoo ym. (2021) mukaan manuaalipyörätuolia käyttävillä henkilöillä kohdistuu olkapään lihaksiin ja niveliin intensiivisesti kuormaa pyörätuolia kelatessa ja lähes kaikissa muissa päivittäisissä toiminnoissa, koska olkapään käyttö on lisääntynyt pyörätuolinkäyttäjien aktiivisen arjen myötä. Tämän seurauksena olkapääkipu on yleistä manuaalipyörätuolinkäyttäjillä, olivat he sitten pyörätuoliturheilijoita tai sellaisia henkilöitä, jotka eivät harrasta aktiiviturheilua. (Soo Hoo ym. 2021; Donald ym. 2015, 84.) Tässä kyseisessä väestöryhmässä olkapääkivun ja -vamman yleistymisen liittyy todennäköisesti siihen, että olkapään käytön vaatimukset ovat suuremmat ja tämän takia olkanivelelle tulee toistuvaa liikakäyttöä. Manuaalipyörätuolikelaajien haasteeksi siis muodostuu kyvyttömyys lepuuttaa olkapäätä tarpeeksi, koska liikkuminen vaatii kelaamista käsien avulla. (Soo Hoo ym. 2021.) Olkapääkivun jatkudessa pidempään kivun seurauksena voi esiintyä toiminnallisia haittoja, kuten nopeaa väsymystä, kestävyuden heikkenemistä, liikkeen tehottomuutta sekä työtai vapaa-ajalla toimintojen suorittamisen heikkenemistä (Donald ym. 2015, 84). Donald ym. (2015, 84) mukaan olkapään voima- ja venyttelyharjoituksilla oli positiivisia vaikutuksia olkapääkipuun ja toiminnalliseen suorituskykyyn pyörätuolinkäyttäjillä, joilla on alaraajahalvaus. Harjoittelujakso oli kestoltaan neljä viikkoa ja harjoituskertojen kesto oli 45 minuuttia kolme kertaa viikossa. (Donald ym. 2015, 84.) Soo Hoo ym. (2021) mukaan taas urheilijoilla on osoitettu olevan parempi suojaus olkapääkipuja vastaan harjoittelun seurauksena, mutta osassa tutkimuksissa ei olla kuitenkaan löydetty eroja urheilijoiden ja ei-urheilijoiden välillä.

3.3. Hengityselimistön rakenne ja toiminta

Hengityselimistö on hengityselimistö, hengityselimistö sekä keuhkoista koostuva kokonaisuus, jonka rakenne koostuu ylä- ja alahengityselimistöistä. Hengityselimistön yläosaan kuuluu suuontelo, nenäontelo sekä nielu- ja kurkunpää. Sen sijaan alaosaan muodostavat henkitorvi sekä keuhkot, jossa on keuhkoputket,

ilmatiehyet, keuhkorakkulat sekä soluvälikudos. Ylähengitystiet muokkaavat hengitettyä ilmaa lämmittämällä ja kosteuttamalla, niin että se on kaasujenvaihtopinnoille sopivaa. Samalla hengitysteiden pinnoilla olevat värekarvat ja lima suodattavat vieraspartikkelien pääsyä elimistöön. (Hynynen 2016, 117–118)

Hengittäminen on autonominen toiminto. Sisäänhengitys tapahtuu pääasiassa pallean ja ulompien kylkiluulihasten avulla, kun taas uloshengitys on passiivinen tapahtuma lepotilassa ollessa. Hengitys kuitenkin voidaan herkästi rytmittää ja synkronoida liikkeeseen. Esimerkiksi liikkumisen muodot, joissa tulee vahvoja eteentaivutuksia, keho herkästi yhdistää tehokkaan keuhkojen tyhjennyksen, kun taas vartalon ojentuessa keuhkot jälleen täytetään. Kovalla intensiteetillä tehtävä kestävyysharjoittelu lisää keuhkojen kapasiteettiä ja hengityslihasten kestävyttä, mutta toisaalta keuhkotuuletuksen ja hengityslihasten maksimaalista kapasiteettiä voidaan myös vahvistaa hengityslihasten spesifeillä harjoitteilla. (Hynynen 2016, 119–123.)

Hengityselimistöä voidaan harjoitella tehostamalla sekä sisään- että uloshengitystä. Voimaharjoittelussa hengitetään lisääntyvää vastusta vastaan ja pyritään toiminnalla yleiseen ylikuormituksen harjoitusperiaatteeseen, joko harjoittelemalla kovalla intensiteetillä tai hyödyntämällä normaalia pidempiä kuormitusjaksoja. Alun alkaen hengitysharjoittelu on suunnattu hengitysvaikeuksista kärsiville henkilöille, mutta sen on todettu lisäävän myös terveiden ihmisten sekä urheilijoiden hengityskapasiteettiä. (Katz ym. 2020.)

Hengityselimistöä voidaan myös testata. Tyypillisimmin testaus suoritetaan toiminnallisesti esimerkiksi spirometria-, oskillometria-, diffuusiokapasiteetti- ja typpioksiditutkimuksilla (Terveyskylä 2023). Spirometriatutkimuksen avulla voidaan saada selville poikkeamia keuhkotilavuudessa tai virtauksessa, joka tapahtuu hapen kulkiessa keuhkoihin sisään sekä ulos. Spirometriassa ei kuitenkaan saada mitattua keuhkojen jäännöstilavuutta. Suorituskyvyn arvioinnissa voidaan myös hyödyntää spiroergometriä, jossa on yhdistetty sekä rasituskoe että hengityskaasuseuranta. Spiroergometria käytetään suorituskyvyn arvioinnin lisäksi myös työkyvyn testaamisessa sekä arvioidessa onko hengenahdistus sydän- vai keuhkoperäistä. Rasituskokeessa saadaan kerättyä tietoa myös rasituksen

aikaisesta hengitysmekaniikasta. (Piirilä 2021, 22–36.) Jos mietitään urheilijaa, on rasituskokeiden tekeminen varmasti avuksi suorituskykyä arvioitaessa ja hengitystekniikoilla on mahdollista lisätä keuhkojen käyttökapasiteettia sekä tätä kautta kehittää hengittämistä myös suorituksen aikana.

Verenkiertoelimistöön kuuluu veri, verisuonisto sekä rintalastan takana sijaitseva sydän, joka jakaantuu oikeaan ja vasempaan eteiseen sekä oikeaan ja vasempaan kammioon. Eteisten välillä on sydänläpät, jotka pumpaavat verta eteenpäin. Veri kuljettaa happea ja ravinteita verenkiertoelimistön avulla sydämen, keuhkojen sekä eri kudosten välillä. Lisäksi energia-aineenvaihdunnasta syntyneitä kuona-aineita ja lämpöä pyritään kuljettamaan kudoksista pois päin. Sydämen syke kasvaa kuormitusintensiteetin kasvaessa, mutta maksimaalista sykettä lähestyessä sykkeen kasvu alkaa loiventua. Yleensä maksimisyke aikuisilla on 190–210 krt/min välillä, mutta pitkäaikainen kestävyys harjoittelu laskee sykettä noin 5–10 lyönnillä. (Hynynen 2016, 123–125.)

Katz, Arish, Rokach, Zaltzman ja Marcus (2018) ovat systemaattisessa katsauksessa pyrkineet löytämään hengitykseen liittyviä eroja eri kehon asennoissa. Katsaukseen on otettu mukaan tutkimuksia, joissa on sekä terveitä että eri potilasryhmään kuuluvia henkilöitä. Tutkimuksissa on arvioitu maksimaalista uloshengityksen sekuntikapasiteettia (FEV1), maksimaalista vitaalikapasiteettia (FVC), vitaalikapasiteettia (VC), toiminnallista jäännöskapasiteettia (FRC), maksimaalista uloshengityspainetta (PE_{max}) sekä sisäänhengityspainetta (PI_{max}), uloshengityshuippuvirtausta (PEF), keuhkojen kokonaistilavuutta (TLC) sekä diffuusiokapasiteettia (DLCO). Tutkimuksia otettiin yhteensä 43 kappaletta ja näistä seitsemässä esiintyi selkäydinvammaisia henkilöitä. Selkäydinvammaisilla henkilöillä näkyi eroja FVC:tä tutkiessa siinä, kuinka korkealla vammataso esiintyi. Kaularangan tasoisissa vammoissa makuuasennossa tapahtuva hengitys oli tuloksiltaan korkeampi kuin istuma-asennossa. Sen sijaan henkilöillä, joilla vammataso sijaitsi rinta- tai lannerangan tasolla, istuma-asennossa saatiin lisättyä pakotettua vitaalikapasiteettia. Samantyyllisiä löydöksiä esiintyi PEF-mittauksissa. PE_{max} testauksessa merkittävästi korkeampia tuloksia saatiin, kun suoritettiin testaus istuma-asennossa makuuasennon sijaan. Yleisesti seisoma- ja istuma-asentoa verrattaessa, istuminen pienentää keuhkojen tilavuutta jonkin

verran. Näihin vaikuttaa muun muassa se, että istuma-asennossa vatsan elimet ovat korkeammalla, jolloin pallean liikkeille jää vähemmän toimintatilaa. Vatsalihakset eivät pääse myöskään optimaalisesti aktivoitumaan verrattuna seisoma-asentoon sekä lisäksi tuolin selkänoja voi rajoittaa jonkin verran rintakehän laajenemista. Eniten nämä tekijät vaikuttavat PEmax ja PEF-arvoihin. Lähtökohtaisesti selkäydinvammaisilla henkilöillä hengityksen ja keuhkojen toiminnan arviointi on hieman erilaista sillä vammantaso vaikuttaa yleisesti henkilön toimintakykyyn ja täten myös hengitykseen. (Katz ym. 2018.)

4. Pyörätuolikelajaan kuormituksen huomioiminen harjoittelun suunnittelussa

4.1. Harjoittelun ohjelmointi ja kaksoisura

Harjoittelun ohjelmoinnissa tulee ottaa huomioon harjoittelun periaatteet, lajinalalyysi sekä yksilölliset tekijät, jotta harjoittelulla saadaan riittävää kehittymistä ja elinjärjestelmän sopeutumista ulkoiseen ärsykkeeseen. Ohjelmointia tehtäessä tulee ymmärtää perusteet harjoittelun sekä perus- ja lajiominaisuuksien kehittämistä, kilpailtavan lajin vaatimuksista urheilijalle sekä kilpailu- että harjoittelutilanteissa. Urheilijan yksilölliset tekijät ja ominaisuudet suhteutetaan lajianalyysissä määriteltyihin vaatimuksiin laji- sekä kilpailutilanteissa ja tätä hyödynnetään harjoitteluohjelmia tehtäessä. (Haverinen 2021,100.)

Urheilussa pyritään tasapainottelemaan harjoituksista ja arjesta syntyvän kuormituksen sekä palautumisen aiheuttamien positiivisten ja negatiivisten vaikutusten välillä. Harjoituksissa tarvitaan kuormitusta kehittymiseen, mutta liiallinen kuormitus, lisätynä heikkoon palautumiseen saattaa aiheuttaa suorituskyvyn laskua sekä negatiivisia terveysvaikutuksia. (Haverinen & Leppänen 2023.) Haverinen (2021, 102) mukaan harjoitusärsykkeen tulee ylittää kehon elinjärjestelmän tasapainotilan eli homeostaasin, jotta positiivinen harjoitusärsyke pääsee syntymään. Leppäluoto ym. (2024, 10–12) mukaan ihmisen elinjärjestelmä

muodostuu soluista, kudoksista ja elimistä ja näiden tehtävänä on pitää elintointomme tasapainossa ja sellaisina, että ne vastaavat sen hetkisiä suoritusarpeitamme. Oli kyseessä sitten paraurheilija tai vammaton urheilija on kuormituksen säätely ja sen havainnointi tarpeellista. Arjessa paraurheilijoilla täytyy myös ottaa huomioon mahdolliset rajoitteet ja haasteet, jotka luovat kuormitusta entisestään arkeen. Palautuminen voi olla haastavaa esimerkiksi sellaisilla paraurheilijoilla jotka käyttävät pyörätuolia, koska pyörätuolia kelatessa myös vapaaajalla ylävartalon lihasten kuormitus on huomattavaa eikä fyysistä palautumista pääse tapahtumaan. (Szabo & Kennedy 2022).

Harjoittelu voidaan jakaa kolmeen eri tasoon, jotka ovat: makro eli pitkän aikavälin jakso, meso eli keskipituinen jakso ja mikro eli lyhyt jakso tai jopa päivätasoinen suunnitelma. Valmistautuminen, kisaaminen, huippukunnon saavuttaminen ja siirtymä tai aktiivinen lepojako ovat makro ja mesotasoon sisältyviä vaiheita, mutta esimerkiksi mesotaso voi koostua vain yhdestä vaiheesta. Mikro-taso on taas puolestaan lyhin toistettavissa oleva jakso ja se mielletään yleensä yhden viikon jaksoksi, mutta voi olla myös lyhyempi. Näillä erilaisilla jaksotuksilla siis pyritään vaikuttamaan harjoitteluohjelman suunnittelemiseen ja vaihtelevuuteen. Kuitenkin aina on otettava huomioon yksilöllisesti urheilijan tarpeet ja tavoitteet harjoittelun suunnittelussa. (DeWeese, Hornsby, Stone & Stone 2015.)

Edistyneemmät urheilijat tarvitsevat enemmän vaihtelua harjoitteiden volyymin ja intensiteetin suhteen sekä millaisia harjoitteita tehdään milloinkin. Edistyneemmällä urheilutasolla raskaat ja voimakkaat harjoituskuormitukset ovat välttämättömiä kehityksen kannalta, koska keho adaptoituu ja näin ollen raskaammilla kuormilla voidaan stimuloida elimistöä enemmän, jotta saadaan aikaan kehitystä. Kuitenkin toistuva raskas kuormitus harjoittelussa lisää harjoittelusta syntyvää raskautta ja voi saada aikaan myös negatiivisia tuloksia sekä lisätä loukkaantumisen riskiä. Tätä voidaan ehkäistä esimerkiksi mikrosyklien avulla, jolloin voidaan suunnitella harjoitusjaksoon kevyempiä harjoituspäiviä raskaampien harjoituspäivien väliin. Näin ollen voidaan vähentää mahdollista kertynyttä väsymystä ja vähentää ylikuormituksen ja loukkaantumisen riskiä. Harjoittelun periaatteisiin siis kuuluvat ylikuormitus, erilaiset harjoitus variaatiot ja

harjoittelun spesifisyys. Harjoittelussa käytetään myös niin sanottua jaksotusta erilaisten harjoittelumuotojen välillä. Harjoittelua voidaan spesifioida tiettyyn osa-alueeseen kerralla. Nämä osa-alueet voidaan jakaa esimerkiksi kestävyyteen, voimaan ja nopeuteen. Esimerkiksi, jos keskitytään kestävyuden kehittämiseen ovat silloin voima ja nopeus harjoittelu vähemmällä osalla harjoitusmäärissä. Nämä ominaisuudet eivät kuitenkaan katoa, mutta taustalla olevien ominaisuuksien harjoittelusta voidaan silloin puhua ylläpitävänä. (DeWeese ym. 2015.)

DeWeese ym. (2015) mukaan urheilijan seuranta ja testaaminen on yksi tärkeimmistä asioista ohjelmoinnissa. Testit tulisi sisällyttää harjoitteluun ja niiden tulee olla riittävän tarkkoja. Erilaisilla testeillä siis halutaan vastauksia urheilijan kuormituksesta, harjoittelun tasosta ja siitä onko sen hetkiselällä harjoitteluohjelmalla ollut vastetta ja onko sillä saatu haluttuja tuloksia. Testaaminen myös antaa valmentajalle tietoa siitä miksi toinen harjoitusohjelma toimii ja toinen ei. Seurantaan siis kuuluvat esimerkiksi harjoittelu, palautuminen ja adaptaatio sekä seurantaohjelma sisältäen esimerkiksi erilaiset testit, kuten kehittynyt fyysinen kapasiteetti, kehittyneet urheilu taidot ja urheilijan urheilu suoritukset. (DeWeese ym. 2015.)

Urheilijaa suojaa vammoilta kovakuormitteisen harjoittelujakson sekä kilpailukauden aikana ennalta suunniteltu ja toteutettu, riittävän korkeakuormitteinen krooninen harjoittelu, joka kehittää urheilijan fyysistä kapasiteettiä. Suojaavia fyysisiä kapasiteetteja ovat muun muassa VO₂max- sekä maksimivoimatasojen kehittäminen, mutta myös lajityypillinen nopeus- ja nopeuskestävyysominaisuuksien kehittäminen. Tärkeää on kuitenkin pyrkiä tasapainottelemaan kuormituksen ja palautumisen välillä, niin ettei vaihteluväli kasva kroonisen ja akuutin kuormituksen välillä liian suureksi. (Haverinen 2021, 99.)

Urheilun sekä koulun tai työn yhdistämistä kutsutaan kaksoisuraksi. Kaksoisuralla pyritään huomioimaan urheilijan kokonaisuus, jotta hän voisi saavuttaa sekä urheilun että muun elämän osa-alueiden tavoitteita ja haaveita. (Nikander 2021.) Kaksoisuran haasteiksi muodostuu yleensä työn aikataulujen joustamattomuus sekä kilpailuaikataulujen ja matkojen yhdistäminen, niin työntekijälle

kuin työnantajallekin. Yleensä koetaan helpommaksi yhdistää urheilu ja opiskelu, koska opiskelu on vapaampaa eikä välttämättä niin aikaan, paikkaan tai tiettyyn aikatauluun sidonnaista. Työssä ollessa työnantaja taas määrittää työajat, jolloin urheilun yhdistäminen siihen voi olla haastavaa. Joskus myös urheilijat voidaan nähdä ja määritellä siten, että he osaavat ainoastaan urheilla. Kuitenkin on tunnustettu urheiluarvojen siirtymistä työkentälle. Tällöin urheilun kautta tulevat arvot ilmentyvät urheilijassa ja hänen toiminnassaan. Näiden arvojen on muun muassa tiedostettu ajavan urheilijoita työntekijöinä eteenpäin, jolloin he yleensä menestyvät työnvaatimuksissa. Kun urheilijan osaaminen tunnustetaan urheilu-uralla, se antaa myös mahdollisuuden urheilijalle hyödyntää hänen taitojaan työelämässä ja tämä on nähty voimaannuttavana asiana työpaikoilla. Yleensä organisaatiot, jotka toimivat urheilualalla ovat suostuvaisempia sopimuksiin, jotka palvelevat urheilijan kaksoisuraa. (Moreno, Chamorro & López de Subijana 2021.)

Urheilijat, joilla on kaksoisura, on heillä suurempi todennäköisyys ja riski sairastua helpommin, kuin niillä, joilla ei kaksoisuraa ole. Tämä johtuu siitä, että heidän kokonaiskuormituksensa nousee suuremmaksi verrattuna henkilöön, joka ei urheile tai urheiliiaan, joka keskittyy vain urheiluun, koska on yhdistettävä opiskelu tai työ huippu-urheiluun. Joten kaksoisuraa tekevillä urheilijoilla stressin ja fyysisen terveyden suhde on merkittävää ottaa huomioon. Etenkin sellaisilla urheilijoilla, jotka kohtaavat useita fyysisiä ja psykososiaalisia stressitekijöitä. Stressitekijöihin lukeutuvat tässä tapauksessa siirtymiset koulun/työn ja kodin välillä, matkustaminen, akateeminen kuormitus ja urheilusta tuleva kuormitus. (Drole, Pravlic, Steffen & Doupona 2023.)

4.2. Ylikuormituksen ja palautumisen huomioiminen harjoittelussa

Ylikuormitus on tila, jolloin keho ei pääse palautumaan harjoituksesta tai kilpailusta. Ylikuormittumisen syynä on siis alipalautuminen, joka voi johtua esimerkiksi sairaudesta tai siitä ettei yksilöllä ole riittävästi aikaa palautua harjoituksesta. Lyhyt aikaisena ylikuormitustila on aivan normaalia ja suorituskyvyn kehittyminen vaatii ylikuormitusta. Normaalisti tästä kuitenkin palaututaan 2-4 viikon

sisällä. Kuitenkin ylikuormittumisen jatkuessa pidemmän aikaa, alkaa se laskemaan suorituskykyä ja tästä palautuminen kestää useita kuukausia jopa vuosia. Ylikuormituksen oireisiin kuuluu aina suoritus- ja harjoittelukyvyyn heikkenemistä, väsymystä, lihasvoiman puutetta, reaktiivisuuden heikkenemistä, mielialan vaihtelua etenkin negatiiviseen suuntaan. Usein voi esiintyä myös päänsärkyä sekä pahoinvointia. (Uusitalo 2015.)

Ylikuormitustilassa elimistö käy ylikerroksilla, jolloin usein palautuminen heikentyy ja kehon stressitasot nousevat. Ylikuormitukseen ja uupumiseen johtanutta alipalautumista tapahtuu sekä urheilijoilla että yhtä lailla kuntoilijoilla tai ikäihmisillä. Elimistön normaalin säätelymekanismin pettäessä ensimmäisenä kehon omana pelastuskeinona on nostaa verenpainetta ja syketasoja. Epätasapainon jatkuessa tästä tilasta on vaikea päästä pois, mistä johtuen nukkuminen heikentyy ja stressitasot nousevat entisestään sekä samalla elimistön puolustusmekanismit romahtavat. Stressihormonien ollessa korkealla oireilu voi olla sekä fyysistä että psyykkistä. Fyysisiä oireita tyypillisesti ovat uniongelmät ja väsymys, verenpaineen kohoaminen ja korkea leposyke, vapina, rytmihäiriöt, hikoilun lisääntyminen, muutokset ruokahalussa sekä kohonnut infektioherkkyys. Psykkisiä oireita taas tyypillisesti ovat mielialanlasku, saamattomuus, välinpitämättömyys sekä erilaiset pelko- ja ahdistustilat. (Tuomilehto 2021, 144.)

Ylikuormitustila on yleistä urheilijoiden keskuudessa. Ainakin yhden harjoituskauden aikana noin 10-20 % urheilijoista on ilmoittanut olleensa ylikuormitustilassa ja jopa noin 60 % koko urheilu-uransa aikana. Ylikuormituksen hoito on haastavaa ja siksi ennaltaehkäisy on sitäkin tärkeämpää. Urheilijan ja valmentajan on hyvä pyrkiä luomaan heille sopivat mittarit kuormituksen tarkkailuun. On myös syytä pyrkiä reagoimaan mittareiden antamiin merkkeihin nopeasti. Paras mittareista on kuitenkin urheilijan omat tuntemukset kuormittumisesta. Helpompia mittareita tulkita voivat kuitenkin olla urheilijalle ja valmentajalle erilaiset kipujanen tyylliset asteikot. Toinen hyvä mittari voi olla lepo- tai aamusykkeen mittaaminen. (Uusitalo 2015.)

Riittämättömän unen on tutkittu vaikuttavan heikentävästi muun muassa testosteronin sekä kasvuhormonin eritykseen, kun taas katabolisten hormonien,

kuten kortisolin ja myostatiinin erityis kasvaa. Kataboliset hormonit altistavat tuki- ja liikuntaelimestön vammoille. Tämän takia univaje on yhdistetty lisääntyneeseen loukkaantumisriskiin. On kuitenkin vielä vähän tutkittua näyttöä unen vaikutuksesta vammoihin tai sairastumisiin paraurheilijoiden keskuudessa. (Silva ym. 2022.) Palautumisesta 90 % tapahtuu unen aikana. Syvänunen aikana aivot latautuvat ja täten myös energiavarastot täydentyvät. Samalla muis-tia valikoidaan, turhaa tietoa poistetaan ja tärkeää muistijälkeä vahvistetaan myös päivän aikana aivoihin kertyneet toksiinit ja kuona-aineet poistuvat unen aikana. (Tuomilehto 2021, 141.) Palautumiseen sisältyy unen lisäksi muutakin. Esimerkiksi palautumista voidaan edistää kylmävesi hoidoilla, cryoterapialla, kontrasti terapialla eli kylmän ja kuuman lämpötila vaihtelulla, hieronnalla ja kompressio hoidoilla. Ravintoa ei tule myöskään unohtaa ja siinä tärkeää on ravinnon saannin ajoitus, sen sisältö sekä tarvittaessa lisäravinteiden käyttö. Palautumiseen siis sisältyy pääasiassa uni, ravitsemus ja nesteytys. (Doherty, Madigan, Nevill, Warrington & Ellis 2021.)

5. Opinnäytetyön tavoite ja tutkimuskysymys

Tavoitteena on tuottaa tietoa siitä, kuinka voidaan mitata manuaalisen pyörätuolin käyttäjän fyysistä kuormitusta ja kuinka siitä saatua dataa voidaan hyödyntää harjoittelun suunnittelussa. Tarkoituksena on pyrkiä tuottamaan toimeksiantajalle tiivistettynä kaikista uusinta tutkittua tietoa manuaalipyörätuolin käyttäjien fyysisestä kuormittumisesta, jotta sen seurauksena voitaisiin paremmin huomioida tätä osa-aluetta harjoittelun suunnittelussa. Tavoitteena ei ole pelkästään huomioida henkilön fyysistä kuormittumista urheilun ja liikunnan parissa, vaan etsiä myös mahdollisia mittausmenetelmiä ja -tutkimuksia arkikuormitusta huomioitaessa. Opinnäytetyön tutkimuskysymys on: Miten ja millä mittareilla pyörätuolikelaajien fyysistä kuormitusta on mitattu? Tutkimuskysymykseen löydettyjen vastausten perusteella voi kehittää harjoittelun ohjelmointia henkilön fyysinen kuormitus huomioiden.

Tutkimuskysymyksen asettelussa hyödynnettiin PICO-mallia. Oulun yliopisto (2024a) mukaan PICO-mallin avulla on tarkoitus tunnistaa tutkimuskysymykseen liittyvät eri osat. PICO sana tulee kirjaimista potilasryhmä (Patient/Population), interventio (Intervention), vertailu (Comparison) ja lopputulosmuuttuja (Outcome) (Oulun yliopisto 2024a). Opinnäytetyössämme potilasryhmää vastaa manuaalipyörätuolinkäyttäjät, interventiota fyysisen kuormituksen mittaaminen, vertailuryhmää ei tässä tapauksessa ole ja lopputulosmuuttujaa vastaa tulokset, joita saadaan fyysisen kuormituksen testaamisesta.

6. Opinnäytetyön toteutus

6.1. Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsauksella voidaan tarkoittaa kahta eri asiaa, kuten tutkimus menetelmää tai teoreettista viitekehystä. Teoreettisena viitekehystenä opinnäytetyössä tarkoitetaan yleensä teoriaperustaa. Menetelmänä taas kirjallisuuskatsaus on tutkimusmetodi ja siinä tutkitaan jo olemassa olevaa tutkimusta. Tiedonhankinta on syvällisempää ja systemaattisempaa sekä vaatii menetelmän vaiheiden läpikäymistä. Kirjallisuuden kerääminen kirjallisuuskatsaukseen on järjestelmällistä, kriittistä ja analysoitua. Kirjallisuuskatsauksen etenemistä ohjaa tutkimuskysymys ja tutkimusten hakuprosessi on suunniteltu tarkasti ja se on kuvattu katsaukseen, jolloin menetelmä on toistettavissa. (Marjamaa & Sinisalo 2022.)

Kirjallisuuskatsaus on hyvä menetelmä, kun halutaan rakentaa, arvioida ja kehittää teoriaa. Näiden avulla voidaan luoda kokonaiskuvaa tutkimusongelmasta ja tunnistaa ongelmia. Yksi tärkeimmistä asioista kirjallisuuskatsauksessa on tavoittaa tutkimuskysymyksen kannalta tärkeitä lähteitä sekä löytää niitä riittävästi. (Marjamaa & Sinisalo 2022.) Salmisen (2011) mukaan systemaattinen kirjallisuuskatsaus on tiivistelmä aiemmin tehtyjen tutkimusten olennaisesta sisällöstä ja sillä pyritään etsimään tieteellisten tulosten kannalta merkittäviä tutkimuksia (Salminen 2011, 9). Opinnäytetyön muoto tulee olemaan narratiivinen

eli kuvaileva kirjallisuuskatsaus. Sen tarkoituksena on tiivistää aiempien tutkimusten tuloksia ja järjestää tietoa uudelleen sekä mahdollisesti tunnistaa lisätutkimusten tarvetta tutkittavaa aihetta kohtaan (Vilka 2023, luku 1.2.1, mukaan Kangasniemi ym. 2013; Salminen 2011). Tarkoituksena on siis etsiä tutkimustietoa paraurheilijoiden, tarkemmin manuaalipyörätuolikelaajien fyysisestä kuormittumisesta sekä siitä millä menetelmillä ja mittareilla kuormitusta on mitattu. Tutkimuksia tästä aihealueesta on tehty ymmärryksemme mukaan hyvin vähän, jos oikeastaan ollenkaan.

Käytettävät kirjallisuus ja tietokannat valitaan, kun tutkimuskysymys on asetettu. Seuraavaksi on vuorossa hakutermien määrittäminen, josta seuraava vaihe on seulonta, jolloin hakutuloksia aletaan karsia. (Salminen 2011, 10.) Ennen kuin työtä lähdetään enemmän tuottamaan, on myös laadittava sisäänotto- sekä poissulkukriteeristö (Oulun yliopisto 2024b).

6.2. Aineiston haun toteuttaminen

Sisäänottokriteereihin on määritelty (Taulukko1.), että aineiston kielen tulee olla joko englanti tai suomi. Aineiston tulee myös olla vertaisarvioitu ja julkaistu kymmenen vuoden sisällä, koska tätä vanhemmat tutkimukset eivät välttämättä ole enää ajantasaisia ja tieto on muuttunut. Aineiston koko teksti tulee olla myös saatavilla ilmaisena ja manuaalipyörätuoli on mainittu aineiston otsikossa ja/tai abstraktissa sekä potilasryhmänä on aikuiset manuaalipyörätuolinkäyttäjät. Tutkimuksen tulee myös vastata asetettuun tutkimuskysymykseen ja pyörätuolin tulee olla vanteista kelattava pyörätuoli. Tutkimuksen täytyy saada JBI- kriteeristön mukaan vähintään puolet pisteytyksestä, jotta se voidaan ottaa mukaan. Valitsimme tietokannoiksi CINAHL Complete (EBSCOhost):n, PubMed:n ja ScienceDirect:n.

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
----------------------------	---------------------------

Kieli: suomi/englanti	Kieli: muu kuin suomi/englanti
Vertaisarvioitu	Ei vertaisarvioitu
Julkaistu 10 vuoden sisällä	Julkaistu yli 10 vuotta sitten
Saatavilla kokonaisena tekstinä ilmaisena	Ei saatavilla kokonaisena tekstinä ilmaisena
Tutkimuksessa tulee olla potilasryhmänä aikuiset manuaalipyörätuolin käyttäjät	Tutkimus ei sisällä kyseistä potilasryhmää, alle 18-vuotiaat
Manuaalipyörätuoli on mainittu otsikossa ja/tai abstraktissa	Manuaalipyörätuoli ei esiinny otsikossa ja/tai abstraktissa
Löytyy seuraavista tietokannoista: CINAHL Complete (EBSCOhost), PubMed, ScienceDirect	Jokin muu tietokanta
Saanut JBI-kriteeristöä vähintään puolet käytetyn taulukon pisteistä	Ei saanut riittäviä pisteitä JBI-kriteeristön mukaan
Vastaa asetettuun tutkimuskysymykseen	Ei vastaa asetettuun tutkimuskysymykseen
Vanteista kelattava pyörätuoli	Muu tapa liikuttaa pyörätuoli (esim. Lisäkahva, toispuolinen kelaus)

Taulukko 1. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Tämän jälkeen määritellään hakusanat. Hakusanojen määrittelyssä on tärkeää käyttää ammattiterminologiaa arkipäiväisten käsitteiden sijaan. Näin ollen tutkimuksia mahdollisesti löytyy enemmän, koska terminologia ja käsitteistö on tärkeässä osassa hakua tehdessä. Hakusanojen laajentamiseen voidaan käyttää asiasanasto Fintoa, josta voi hakea sanojen synonyymeja ja asiasanoja. (Vilka 2023, luku 2.1.2.) Avain- ja asiasanojen lisäksi tietokannoissa kannattaa hyödyntää Boolean-logiikkaa, mikä yhdistelee hakusanoja eri tavalla. OR- operaattorilla voidaan yhdistää samankaltaisia termejä, AND- operaattori huomioi molempien käytettyjen sanojen tutkimukset ja NOT- operaattorilla voidaan sulkea pois tutkimuksia. NOT- operaattorin käyttöä kannattaa harkita tarkkaan, koska se voi myös sulkea pois mahdollisesti potentiaalisia hakutuloksia. (Vilka 2023, luku 2.1.2, mukaan Lawless & Foster 2020; Machi & McEvoy 2022; Booth ym. 2023.)

Käytimme hakusanojen etsimiseen eri tutkimusten avainsanoja sekä Finto palvelua. Hyödynsimme myös Boolean-logiikkaa tietokannoista haettaessa. Tiedonhaku toteutettiin 1.4.2025 ja hakusanoina käytimme Manual wheelchair AND Wheelchair propulsion OR Wheelchair locomotion AND Load NOT Shoulder pain. Valitsimme käyttää lopulta NOT toimintoa sulkemaan pois olkapääkipuja koskevat tutkimukset, koska näitä tutkimuksia on tehty useita pyörätuolinkäyttäjien keskuudessa. Rajasimme myös tietokannoista julkaisuaikojen 10 vuoden sisälle ja teksti tuli olla saatavilla kokonaan ilmaisena tietokannasta. CINAHL Complete (EBSCOhost) tietokannassa oli myös mahdollisuus valita hakuun rajaukseksi vertaisarvioituidut tutkimukset. Haku prosessi on kuvattu liitteessä 1.

6.3. Laadunarviointi

Opinnäytetyölle tehdään laadunarviointia eli tutkimusten kriittistä arviointia. Laadunarviointi tehdään yleensä sen jälkeen, kun tutkimusten haut, sisäänotto- sekä poissulkukriteerit on määritelty ja tutkimukset työhön valittu. Arvioinnissa voi hyödyntää erilaisia kriteeristöjä, joista yleisimmin käytettyjä ovat muun muassa Hotuksen suomeksi kääntämä JBI-kriteeristö, JBI: Critical appraisal tools (englanniksi), Käypä hoidon hoitosuositusryhmien käsikirja, AMSTAR joka

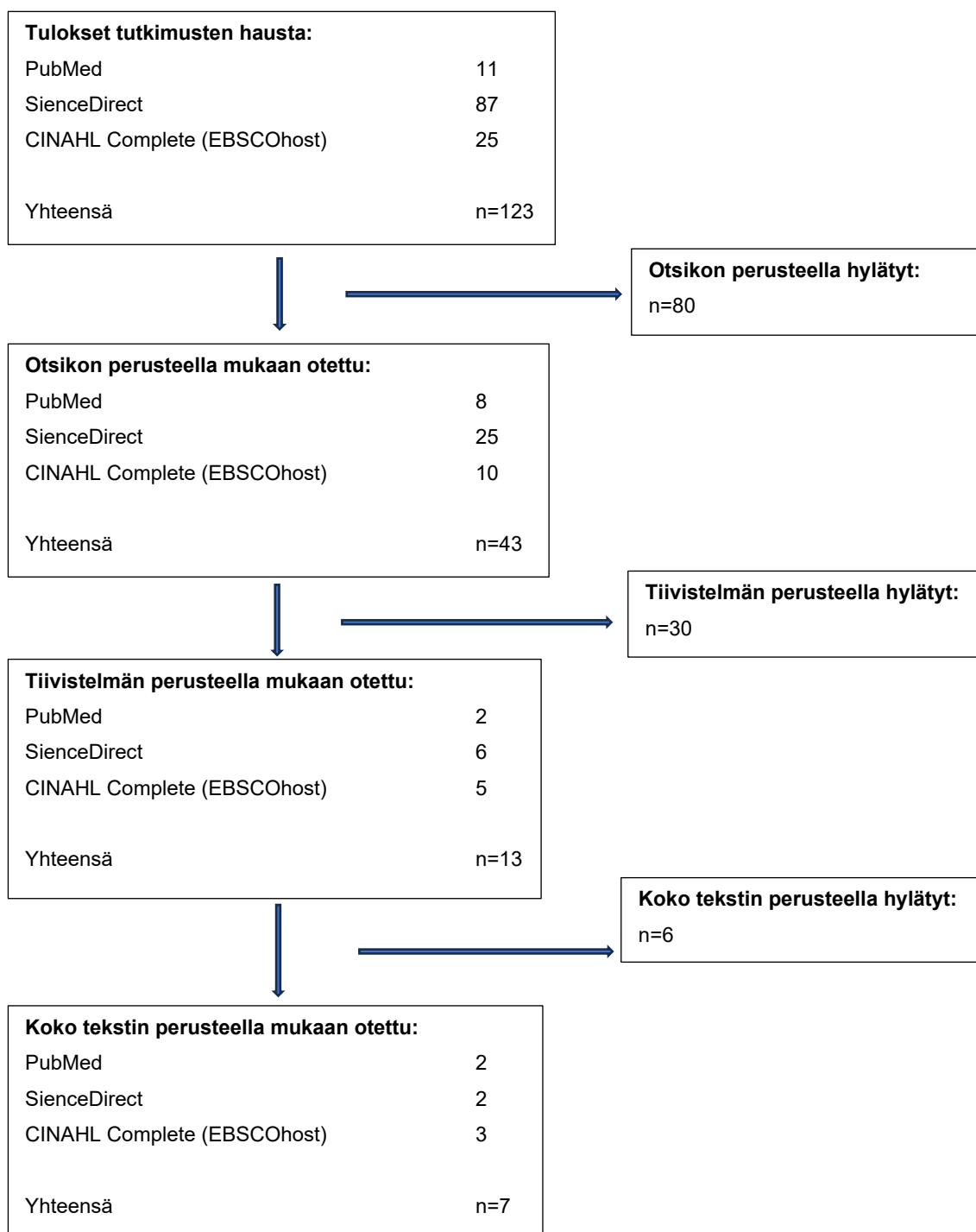
on systemaattisen katsauksen laadunarviointiin tarkoitettu, CASP checklist, Risk of bias in non-randomized studies (ROBINS-I), joka taas on satunnaistamattomien kliinisten tutkimusten sekä havainnoivien tutkimusten arviointiin, Risk of bias in randomized trials (RoB 2), joka on satunnaistetuille, kontrolloiduille kliinisille tutkimuksille. Laadunarvioinnissa tarkastellaan ja arvioidaan yksittäisiä tutkimuksia siitä näkökulmasta, miten hyvin tutkimus on menetelmällisesti tehty. (Tampereen yliopiston kirjasto 2024.) Tässä opinnäytetyössä käytetään tutkimusten laadunarvioinnissa JBI-kriteeristöä.

Vertaisarvioinnin tarkoitus on puolestaan ylläpitää ja varmistaa tieteellisten kirjoitusten laatua. Jokainen tutkimus ja käytetyt menetelmät on tarkoitus esittää niin täsmällisesti, että on mahdollisuus toistaa tutkimus täysin samankaltaisesti. (Savilaakso 2020.) Vertaisarviointi on prosessi, missä arvioidaan aineiston kattavuutta, kuinka teoreettinen viitekehys on hallinnassa. Siinä arvioidaan myös sitä, kuinka luotettavasti ja tarkasti tutkimus on toteutettu, sekä kuinka omaperäisiä tuloksia on saatu ja tutkimuksen uutuusarvoa suhteessa aiempaan tutkimukseen (Tieteellisten seurain valtuuskunta 2022.) Opinnäytetyössä käytettiin tutkimuksia, joille on suoritettu vertaisarviointi, jotta pystyttiin varmistamaan tutkimusten laadukkuus.

Kaikki PubMed:ssä julkaistut tutkimukset ovat vertaisarvioituja ja EBSCO:ssa taas puolestaan voidaan asettaa rajausta hakua tehdessä siitä, onko tutkimus vertaisarvioitu vai ei (Oulun yliopisto 2025). ScienceDirect:n kohdalla käytimme vertaisarvioinnin tekemiseen JUFO-portaalia. JUFO on lyhenne Julkaisufoorumista ja se on palvelu, joka tukee tutkimusten laadunarviointia (Tieteellisten seurain valtuuskunta 2025). Koko tekstin perusteella valitut tutkimukset ScienceDirect tietokannasta olivat kaikki vertaisarvioituja ja luokitukseltaan 0-1. Tasoluokat on esitetty pisteytyksellä 0-3 ja 0 vastaa arvioitua kanavaa, joka ei täytä 1 tason kriteereitä, 1 vastaa perustasoa, 2 taas puolestaan johtavaa tasoa ja 3 on asteikon korkein taso (Tieteellisten seurain valtuuskunta 2025).

Kirjallisuuskatsaus tulisi lopulta arvioida laadultaan kahteen otteeseen. Ensimmäisen kerran laadunarviointi tehdään alkuperäistutkimuksia valittaessa. Toisen kerran laadunarviointia tehdään, kun arvioidaan kirjallisuuskatsausta itsessään.

(Vilkkä 2023, 3.2.1.) Jokainen katsauksessa käytetty artikkeli tai tutkimus tulee erikseen arvioida ja käsitellä sen perusteella mitkä ovat tärkeitä asioita oman katsauksen kannalta ja kuinka se liittyy käsitteisiin, malleihin tai teorioihin. Kaikki käytetyt aineistot täytyy olla valinnoiltaan tarkoituksenmukaisia sekä tutkimukset vertaisarvioituja. (Vilkkä 2023, 3.2.1. mukaan Booth ym. 2022; Efron & Ravid 2019.)



Kuvio 2. Aineiston valintaprosessi

6.4. Aineiston analyysi

Tieteen termipankki (2016) määrittää synteessin analyysiin perustuvana yhteenvedona tai kokonaisnäkemysnä, jonka tarkoituksena on yhdistää erilaisia aineistoja. Tavoitteena opinnäytetyölle on saada laaja kattaus eri tutkimuksia, joista kootaan yhtenäinen katsaus manuaalipyörätuoli käyttäjän fyysiseen kuormitukseen liittyen. Olennaista on kuitenkin valita kirjallisuuskatsaukseen tutkimukset, jotka ovat merkityksellisiä katsauksen kannalta. Tämän jälkeen seuraava olennainen askel on tehdä sisältöanalyysi tutkimuksiin, vastaavatko tutkimukset tutkimuskysymykseen ja käsittelevätkö tutkimukset katsauksen kysymyksellä määritellyjä asioita. Ensin tunnistetaan ja seulotaan tarpeelliset teokset. Tämän jälkeen on aineiston järjestämisvaihe, jota yleensä helpottaa hahmottamaan jonkinlaisen taulukon, kuvion tai kaavion tekeminen. Tarkoituksena on yhdistää seulotuista tutkimuksista tutkimuksen aihe, teoria ja menetelmä, tutkimuksen tavoite sekä mikäli tutkimuksessa pyritään selittämään asioita, niin mikä on sen riippuva muuttuja. Toisessa vaiheessa aineistoista löytyneistä tuloksista ja päätelmistä kerätään ne, jotka ovat tutkimuskysymyksen kannalta olennaisia. Kolmannen vaiheen tarkoituksena on taas rakentaa kirjallisuuskatsauksesta uudelleen toistettava raportoinnin muodossa. (Vilka 2023, 3.1, mukaan Lawless & Foster 2020; Hiebl 2021; Dwyer 2020; Wong ym. 2013; Knopf 2006.)

7. Tulokset

7.1. Valikoitunut aineisto

Kirjallisuuskatsauksen aineisto koostui yhteensä seitsemästä ($n=7$) valikoidusta tutkimuksesta, jotka vastasivat tutkimuskysymykseen. Tutkimukset koostuivat kokeellisista-, poikkileikkaus-, validointi-, ja kvantitatiivisista tutkimuksista sekä kaikki kyseisistä tutkimuksista läpäisivät JBI-kriteeristön saaden vähintään puolet käytettävän kriteeristön kokonaispisteistä. Tutkimukset vastasivat

tutkimuskysymykseemme, millä mittareilla on mitattu pyörätuolikelaaajien fyysistä kuormitusta. Kohderyhmänä olivat aikuiset manuaalipyörätuolin käyttäjät. Tutkimuksissa potilasryhmien koot olivat pienimmillään 10 ja suurimmillaan 222 henkilöä. Valikoidut tutkimukset on toteutettu Norjassa, Yhdysvalloissa ja Kanadassa.

7.2. Työntövoiman, -määrän ja olkapään kuormituksen mittaaminen

Aissaoui ja Gagnon (2022) tutkimuksen mukaan pyörätuolia eteenpäin liikuttava voimantuotto kasvoi jokaisen osallistujan kohdalla simulaattorissa tehtävän harjoittelujakson aikana. Mekaaninen tehokkuus kasvoi myös ilman, että se lisäsi olkapään kuormitusta sille tasolle, ettei se olisi enää turvallista. Pyörätuoli oli myös varusteltu älypyörillä (SmartWheel), jotka mittaavat reaaliaikaisesti pyöriin kohdistuvia voimia. (Aissaoui & Gagnon 2022). Requejo ym. (2015) selvittivät ergometritestin ja CODA- liikeanalyysijärjestelmän avulla, että pitkät ja tasaiset työnnöt ovat tehokkaimpia ja vähentävät yläraajojen kuormitusta verrattuna lyhyisiin ja tiheisiin työntöihin. Kuitenkin liian pitkälle viety työntö ja liian edessä tapahtuva irrotus kelausvanteesta saattaa lisätä olkapään kuormitusta (Requejo ym. 2015). Chen, Klaesner, Zwir ja Morgan (2023) tutkimuksen mukaan Inertial Measurement Unit (IMU) sensorit mahdollistavat kelaustavan seurannan ja arvioinnin arjessa. Tutkimuksessa sensorit ja koneoppimismalli tunnisti 85 % tarkkuudella suositellun kelaustavan henkilön omasta tavasta kelata. Ulkona saman mittauksen tarkkuus oli 75,4 %. (Chen ym. 2023.)

Aissaou ja Gagnon (2022) tutkimuksessa osallistujat kelasivat ensin pyörätuolia ilman haptista eli tuntoaistin kautta annettavaa palautetta, joka annetaan teknologian avulla. Tämän jälkeen he suorittivat viisi erillistä harjoitusjaksoa, jotka olivat kaikki pituudeltaan kolme minuuttia ja jokaisen jakson jälkeen oli kahden minuutin lepo. Näissä harjoitusjaksoissa annettiin palautetta tuntoaistin kautta kelaukseen siten, että voimankäytön haluttiin olevan 10 % tehokkaampaa. Harjoitusjaksojen intensiteettiä myös kasvatettiin joka kerralla ja vastustasot olivat 5 %, 10 %, 15 %, 20 % ja 25 %. Prosentuaalinen vastustaso määriteltiin ennen tutkimusta jokaisen osallistujan vapaavalintaisesta maksimaalisesta

työntövoimasta. Osallistujia ohjattiin myös sanallisesti kelaamaan enemmän eteenpäin vievästi ja matalimmalla mahdollisella kuormituksella. (Aissaoui & Gagnon 2023.) Requejo ym. (2015) tutkimuksessa testipyörätuolin asetukset asetettiin vastaamaan käyttäjän oman pyörätuolin asetuksia ja jokainen osallistuja käytti omaa istuintyynyä. Pyörätuoli oli sijoitettu paikallaan olevaan ergometriin ja osallistujia pyydettiin kelaamaan pyörätuolia niin kauan kunnes he totuivat testaustilanteeseen ja kelaamiseen ergometrissä. Osallistujien oli siis tarkoitus kelata pyörätuolia omaa normaalia vauhtia mittaus tilanteessa. Yhtäjaksoisen kelauksen tuli olla vähintään 30 sekunnin mittainen ja siitä tallennettiin tietoa kahdessa 10 sekunnin jaksossa. (Requejo ym. 2015.) Chen ym. (2023) tutkimuksessa puolestaan suoritettiin kelaaminen sisällä, sisällä WheelMill (WMS) laitteessa ja ulkona parkkipaikalla. Jokainen testikerta kuvattiin ja sisätiloissa se tapahtui teknologialla, joka pystyy lämpökameroiden avulla mallintamaan liikettä. Ulkotiloissa käytettiin normaalia GoPro kameraa. Sisällä kelaus tapahtui osallistujan itselle luonnollisella vauhdilla. Lattiaan oli merkattu 10 metrin matkalta suora viiva ja tätä pitkin heidän oli tarkoitus kelata edes takaisin kolme kertaa. WMS laitteessa osallistujien tuli kelata 1 tai 3 minuuttia heidän omalla kelausvauhdillaan. Ulkona osallistujaa pyydettiin taas kelaamaan omalla luonnollisella vauhdillaan, matkana tällä kertaa 200 metriä. (Chen ym. 2023.)

Glasheen, Domingo ja Kressler (2021) tutkimuksessa mitattiin kelausten määrää pyörätuolilla suoritettavissa tehtävissä ja käsiergometrillä poljettaessa silmällä havainnoiden ja Apple Watch 1 älykellon avulla. Osallistujia oli 30, joista puolet olivat pyörätuolin aktiivikäyttäjiä ja toinen puolisko vammattomia henkilöitä. Yksi kokonainen kelaustyöntö pyörätuolilla tai kierros käsiergometrillä laskettiin yhdeksi työnnöksi. Apple Watch 1:stä asetettiin askelten mittauksen tilalle kelaustyöntöjen mittaaminen. Ennen jokaista testiä osallistujan tiedot asetettiin yhdistettyyn puhelimeen ja sieltä löytyvään applikaatioon sekä kello asetettiin dominoivaan käteen. Testit oli tarkoitus suorittaa submaksimaalisen kuormituksen tasolla. Testit sisälsivät kelaamista pyörätuolilla juoksumatolla, esteradalla, kahden kartion kiertävän kahdeksikkokuvion ja käsiergometrillä polkemista. Juoksumatolla ja käsiergometrillä tehdyt testit alkoivat viiden minuutin hiljaisella lepo hetkellä. Itse testi sisälsi neljä kertaa kolmen minuutin työskentelyjakson keskinkertaisella intensiteetillä, joiden välissä oli yhden minuutin lepo.

Nämä sisälsivät vielä kuusi 30 sekunnin mittaista kohdennettua kelaustehojaksoa. Kadenssi määritettiin metronomin avulla siten, että kyseiset tahdit olivat mahdollisia vauhteja arjentoiminnoissa. Esterata ja kahdeksikko kuvion kelaamisen jälkeen osallistujia kehoitettiin olemaan liikuttamatta kättään, missä älykello oli, jotta kello ei laske liikkeestä erikseen oletettuja kelauksia. (Glasheen ym. 2021.)

7.3. Vierimisvastuksen mittaaminen ja vaikutus kelaamiseen

Ott, Henderson, Wilson-Jene, Koontz ja Pearlman (2021) pyrkivät selvittämään tutkimuksessaan kuinka yleistä on takapyörien virheasennot ja miten asento vaikuttaa vierimisvastukseen sekä toistuvaan rasitukseen ja rasitusvammojen riskiin. Tutkimus tehtiin kaksiosaisena, joista ensimmäisessä osassa pyrittiin suunnittelemaan mittaus systeemi takapyörän epäsuhdan havaitsemiseen. Toisessa vaiheessa ruvettiin rekrytoimaan manuaali pyörätuolinkäyttäjiä sekä keräämään tietoa osallistujista ja tutkimustuloksista. 200 aktiivista manuaalipyörätuolin käyttäjää osallistui laboratorioympäristössä toteutettuun testaukseen. Kulmapoikkeama eli niin sanottu "varvas kulma" mitattiin pyörätuolista kuormitettuna eli niin, että testattava istui pyörätuolissa ja ilman kuormaa mitattiin pienin sekä suurin kulmapoikkeama. Tätä poikkeamien erotusta kutsutaan SLOP:ksi. (Ott ym. 2021.)

Mittauksilla todettiin vierintä vastuksen kasvavan epälineaaraisesti samalla, kun poikkeama renkaan kulmassa kasvaa. Testausta varten kehitettiin interaktiivinen mittausjärjestelmä, joka pyrkii keräämään takapyörien kohdistusvirheitä henkilöiltä, jotka käyttävät pyörätuolia pääasiallisessa liikkumisessa ja vähintään viitenä päivänä viikossa. Osallistujat ryhmiteltiin heidän pyörätuolin valmistajien perusteella, rengastyypin sekä -valmistajien mukaan. Mittauksia tehtiin kahden kuukauden ajan urheilutapahtumissa suorituksia ennen ja niiden jälkeen. Kohdistusvirheiden todettiin olevan hyvinkin yleisiä ja toistotyö väärin kohdistetuilla takapyörillä on kohonnut riski rasitusvammoihin. (Ott ym. 2021.)

7.4. Mittarit energiankulutukseen ja sykevaihteluun kelauksen aikana

Danielsson, Vergeer, Plasqui ja Baumgart (2024) tutkimuksessa selvitettiin Apple Watch Series 4:n ja Fitbit Versan tarkkuutta kelauksen aikana tapahtuvasta energiankulutuksesta sekä sykevälivaihtelusta niin pyörätuolikäyttäjillä kuin vammattomilla henkilöillä. Henkilöitä testattiin kolmen testipäivän ajan eri juoksumaton kaltevuuskulmilla ja nopeusyhdistelmillä. Testausten välillä piti olla vähintään 24 tuntia ja testaus tapahtui samaan vuorokauden aikaan. Testaukset alkoivat 5 minuutin lämmittelyllä 0,5 %:n kaltevuuskulmalla ja omalla valitulla nopeudella. Itse testissä 4 minuutin mittaisia suorituksia tehtiin kolme, ennakoon standardoidulla kaltevuuskulmalla, jotka olivat 0,5 %, 2,5 % tai 5 % ja näiden lisäksi kasvavalla nopeudella. (Danielsson ym. 2024.)

Lynch ym. (2015) pyrkivät tutkimuksellaan selvittämään pyörätuolikäyttäjien energiankulutusta sekä hapenottokykyä arjentoiminnoissa, kuten alaraajojen pukemisessa, ponnahdussiirroissa sekä kelauksessa. Tuloksia mitattiin laboratorioympäristössä ja ennen virallista testausta osallistujalle tehtiin fyysinen tutkimus. COSMED K4b2 -laitetta käytettiin sydämen sykkeen, hapenottokyvyn (VO₂) ja kalorien mittaukseen lepojaksoiden aikana sekä testaustilanteiden yhteydessä. Testauksen ensimmäisen 3 minuutin aikana pyrittiin saavuttamaan VO₂ arvon vakaatila ja testauksen toisen 3 minuuttisen aikana tulokset kerättiin ylös. Vakaatila on arvioitu aiemmista tehdyistä testituloksista. Johdonmukaisuuden takia myös alaraajojen pukeminen ja siirrot suoritettiin samalla periaatteella, vaikka ne eivät ole suoraan verrattavissa aerobiseen ja jatkuvaan aktiivisuuteen. Kaikki osa-alueet testattiin kahteen otteeseen ja välissä pidettiin 10 minuutin tauko, jolloin testihenkilö istui pyörätuolissaan hiljaa. (Lynch ym. 2015.)

Danielsson ym. (2024) tutkimusten tulokset energiankulutuksesta sekä sykevaihtelusta olivat samankaltaisia molemmilla testiryhmillä. Apple Watch aliarvioi testitilanteessa energiankulutusta, kun taas Fitbit-älykello yliarvioi tuloksia. Intensiteettiä kasvattaessa myös erot laitteiden välillä kasvoivat. Apple Watch:n tarkkuus heikentyi kuorman kasvaessa ja tuloksissa näkyi selkeä aliarviointi. Sen sijaan vertailulaitteen Fitbit'in tarkkuus parani ja yliarviointia tuloksissa tapahtui vähemmän. (Danielsson ym. 2024.) Lynch ym. (2015) osoittivat

energiankulutuksen eroja levossa ja suorituksissa T3-T12 –tasoisilla selkäydin-
vammaisilla henkilöillä. Tulokset antoivat merkittäviä eroja kulutuksessa verrat-
tuna standardoituihin tuloksiin vammattomien henkilöiden energiankulutuksesta.
Eroja ponnahdussiirron tai alavartalon pukemisen välillä ei juurikaan ollut, mutta
kelaaminen osoittautui mittauksissa vähemmän energiaa kuluttavaksi toimin-
noksi. Testauksessa huomattiin, että naisten levossa mitattu energiankulutus oli
pienempi, kun taas fyysisessä aktiivisuudessa kulutus oli suurempaa kuin mie-
hillä. Tulokset eivät muuten merkittävästi eronneet toisistaan iän, BMI:n tai kulu-
tuksen välillä. (Lynch ym. 2015.)

8. Pohdinta

8.1. Tulosten pohdinta

Aissaoui ja Gagnon (2022) kertovat tuloksissaan, että osallistujat pystyivät
omaksumaan uuden kelaustavan tuntoaistin kautta saamansa palautteen
avulla. Tutkitut IMU-sensorit osoittautuivat myös käytettävyydeltään hyödyllisiksi
arkipäiväisissä toiminnoissa kelaustapojen arvioimiseen. Tutkimuksessa siis to-
dettiin, että, vaikka olkapään kuormitus kasvoi kelaustavan muuttuessa voiman-
tuotollisesti tehokkaammaksi saattaa kelaustapa kuitenkin vähentää työntöjen
määrää saman pituisella matkalla. Tulevaisuudessa tulisi siis keskittyä tutki-
maan enemmän pidempiä harjoitusjaksoja tällä kyseisellä simulaattori menetel-
mällä. Simulaattorin nähdään kuitenkin olevan tässä vaiheessa hyvä tapa har-
joittaa kelausten tehokkuutta, vaikka sen pitkäaikaisesta käytöstä ei olekaan
vielä oikeastaan tietoa. (Aissaoui & Gagnon 2022.) Donald ym. (2015, 84) ja
Soo hoo ym. (2021) mukaan pyörätuolin kelaaminen kuormittaa olkapään lihak-
sia ja niveliä intensiivisesti, mikä taas johtaa olkapääkipujen yleisyyteen tässä
väestöryhmässä. Tästä päätellen kelaustavan harjoittelu ja sen optimoiminen
olisi tärkeää, jotta voitaisiin tehdä liikkumisesta mahdollisimman tehokasta ja
eteenpäin vievää.

Requejo ym. (2015) tutkimustuloksissa huomattiin olkapään voiman käytön ko-
hoaminen, mikäli ote kelausvanteesta vapautettiin etuasennossa myöhemmin.
Otteen ottaminen kauempaa vanteen takaosasta sen sijaan lisäsi suurempaa
takasuuntaista voimaa ja olkapään koukistusliikettä. Aiempiin tutkimuksiin ver-
rattuna huomattiin työntökaaren kasvussa olevan saman kaltaisia löydöksiä; no-
peus lisääntyy ja työntötaajuus vähenee. Tulokset vahvistivat sekä alkukoske-
tuksen että irti päästämisen merkityksen kadenssiin. Kelausvanteen alkukoske-
tuskulmalla ei ollut niin suurta merkitystä kelaus syklin etäisyyden ja työntöno-
peuden kasvuun toisin kuin loppuvaiheen käsien irrottamisella todettiin olevan.
Lisäksi taaempaa haettu alkukontakti kelausvanteeseen lisää olkapään koukis-
tajien tarvetta, kun taas myöhempi vanteesta irrottaminen lisää lähennystä ja si-
särotaatiota tekevien lihasryhmien tarvetta. Nämä tulisi ottaa huomioon kelaus-
tekniikoita harjoitellessa. (Requejo ym. 2015.)

Chen ym. (2023) tuloksillaan näyttivät, että sekä suositeltuja että ei-suositeltuja
kelaustapoja voidaan ennustaa koneoppisesti puettavilla antureilla. Sisätiloissa
tehtyjen mittausten lisääminen patteristoon lisää ulkona tapahtuvan mittauksen
tarkkuutta, muttei kuitenkaan merkittävästi. Sisällä tehtävät mittaukset ovat huo-
mattavasti tarkempia ja siksi ulkona tapahtuvaa testausta tulisi kehittää esimer-
kiksi kohdekohtaisen mallinnuksen avulla. Suuri variaatio mittaustuloksissa voi
johtua myös kelauksen liikkeestä, joka tapahtuu jokaisella yksilöllä hieman eri
tavalla. Suurimmat rajoitukset tutkimuksella olivat testiryhmän verrattain pieni
koko ja se, että suositeltuja kelaustyylejä on vain yksi. Lopulta kuitenkin niin sa-
notuissa ei-suositelluissa kelaustyyleissä voi olla samoja kelauksen hyviä ele-
menttejä kuin suositellussa. Lisäksi tulokset osoittavat, että seurantaohjelma on
vielä kaukana automatisoinnista, sillä tuloksia täytyi ryhmitellä ja suodattaa ma-
nuaalisesti. Tutkimuksia täytyisi myös suorittaa erilaisissa ympäristöissä ja olo-
suhteissa, mitkä voivat vaikuttaa kelaukseen. Mikäli halutaan toteuttaa monito-
rintilalaitteisto, jota voidaan käyttää arjessa tulisi lisäksi tutkia myös kelauksen
ulkopuolisia arjen tapahtumia kuten ruoanlaittoa, syömistä tai siirtymisiä. (Chen
ym. 2023.)

Glesheen ym. (2021) löydökset tutkimuksesta puolsivat Apple Watch:n heikkoa
luotettavuutta ja yhtäläisyyttä matalatehoisen kelauksen aikana. Tulokset olivat

yliarvioituja sekä ylittivät yleisesti hyväksytyyn virhemarginaalin eli 10 %. Virhemarginaali kuitenkin pienentyi kelaustaajuuden kasvaessa, mutta tulokset jäivät silti luotettavuudeltaan heikoiksi. Yleisesti pienemmillä nopeuksilla on todettu olevan suurempi virhemarginaali kuntoa seuraavilla laitteilla ja myös tämä tutkimus osoitti samoja tuloksia. Käsiergometrin tulokset antoivat sen sijaan korkea tasoista tarkkuutta kaikilla taajuuksilla. Korkeimmilla taajuustasoilla suoritetuilla testeillä saatiin tarkimmat tulokset niin pyörätuolilla kuin ergometrillakin. Tulevaisuuden tutkimuksissa olisi hyvä keskittyä siihen, kuinka tarkasti älykello pystyy tallentamaan tietoa realistisessa tutkimusympäristössä, kuten ihmisen omassa arjessa. Apple Watch voi kuitenkin tarjota motivaatiota ja kasvattaa aktiivisuutta sellaisten pyörätuolinkäyttäjien keskuudessa, joilla aktiivisuustaso on muutenkin alhaisempi. (Glesheen ym. 2021.) Harjoittelun seurauksena osalla urheilijoilla on todettu olevan parempi suojaus olkapääkipuja vastaan verrattuna sellaisiin, jotka eivät harrasta mitään (Soohoo ym. 2021). Jos älykellolla saataisiin motivoitua pyörätuolinkäyttäjää liikkumaan enemmän voisi se myös samalla ehkäistä yläraajojen kiputiloja.

Ott ym. (2021) tutkimuksellaan tunnisti jopa 122 testattavalla eli 61 %:lla olevan kohdistusvirhe, joka oli kuormitettuna yli $0,5^\circ$. Kulmapoikkeama oli keskiarvoltaan tuloksissa $0,92^\circ$ ja poikkeamien välinen ero $0,61^\circ$.

Poikkeamat lisäävät erityisesti kelausvastusta jo $0,5^\circ$ ja siitä suuremmilla kulmapoikkeamilla. Tulosten antamalla keskiarvoilla voimaa kelaukseen vaadittiin 3.0 N mikäli kyseessä oli vain toinen kohdistusvirheistä. Jos kyseessä taas oli molemmat kohdistusvirheet, kelattaessa voiman tarve kasvoi 3.9 N:iin. Kelausvastuksen kasvaessa riski yläraajojen rasitusvammoihin kasvaa. Lisäksi rengaspaineen 40 % aleneminen maksimipaineesta lisää kelaajan painoa 9 kilogrammalla kelauksen aikana. Pelkkä kulmapoikkeama tai poikkeamien välinen ero ei takaa merkittävää eroa kelauksen kuormittavuuteen, nämä kaksi asiaa yhdistettynä lisäkuorma voi kuitenkin vastata 21 kilogrammaa. Mikäli vaikuttavia tekijöitä on useampi kuin yksi, esimerkiksi renkaan kulmapoikkeama, poikkeamien välinen ero, rengaspaine sekä kallistus on vastaavaa lisäpainoa tällöin jo 33,6 kg. Tuloksissa tulee ottaa huomioon, että testaus tapahtui uudentyyppisillä laitteilla, kyse lylomakkeilla, tiedonkeruun aikana tehdyillä säädöksillä, staattisten olosuhteiden mittauksilla, tulosten ryhmittelyllä. Kyseessä on vielä mukavuusnäyte eli

urheilutapahtumiin osallistuvat, jotka halusivat osallistua, valittiin tutkimukseen. Tarkempaa tutkimusta tulisi vielä tehdä, jotta saataisiin kattava edustus manuaalisen pyörätuolinkäyttäjistä. Lisäksi kehitystyötä tulisi tehdä viitearvojen sekä yleisesti hyväksytyjen virhemarginaalien määrittämiseksi. Tutkimustyötä voitaisiin kehittää edelleen niin, että mitattaisiin työntövoimia, kun kulmapoikkeama ja poikkeaman välinen ero on asetettu tarkoituksella poikkeamaan optimaalisesta pyörän kulmasta. Näin ollen voitaisiin verrata näitä tuloksia kelausvoiman tarpeeseen, kun renkaat ovat optimaalisessa asennossa. (Ott ym. 2021.) Teoriatiedossa Fritsch ym. (2022) mukaan liian suuri kaltevuuskulma, joka on määriteltä 15°-24° välille lisää takarenkaiden vierintävastusta, jonka takia kelaus aika heikentyy. Tarkastellessa tämän tutkimuksen tuloksia ja teoriatietoa voidaan todeta, että molemmat ovat samaa mieltä siitä, että takapyörien asennolla voidaan vaikuttaa pyörätuolin kelausvoiman tuottoon ja vierintävastukseen.

Danielsson ym. (2024) tutkimustuloksissa saatiin tietoa kahden eri urheilukellon Apple Watch Series 4:n ja Fitbit Versan tarkkuudesta energiankulutuksen ja sykevaihtelun arvioinnissa. Tulokset osoittivat molempien laitteiden osalta riittävää epätarkkuutta siitä, ettei pyörätuolikäyttäjien tulisi käyttää näitä energiakulutuksen arviointiin. Parempaa tarkkuutta sen sijaan laitteet antoivat sykevaihtelun mittauksesta. Vain Apple Watch kuitenkin pysyi hyväksyttävän tarkkuuden rajoissa ja mitä korkeampaan intensiteettiin mentiin, sitä epävarmemmiksi tulokset muuttuivat molemmissa laitteissa. Lisäksi pyörätuolinkäyttäjien sykevaihtelua havaittiin aliarvioitavan noin –5 lyöntiä/min enemmän mitä vammattomilla henkilöillä. Lopputulemana kumpikaan mittausväline ei ole soveltuva arvioimaan energiankulutuksen muutoksia eikä sykevaihtelua luotettavasti. (Danielsson ym. 2024.)

Lynch ym. (2015) raportoivat tutkimuksellaan selkäydinvammaisilla henkilöillä olevan alhaisempi hapenottokyvyn levossa (3,0 ml O₂/kg/min) verrattuna vammattomien standardoituun arvioon hapenottokyvystä (3,5 ml O₂/kg/min). Tulokset ylittivät hieman aiempien tutkimusten tulokset selkäydinvammaisten lepo hapenottokyvystä. Hapenottoa mitattiin tässä tutkimuksessa COSMED-nimisellä laitteella. (Lynch ym. 2015.) Hengityselimistöä voidaan testata myös toiminnallisesti spirometria-, oskillometria-, diffuusiokapasiteetti- ja typpioksiditutkimuksilla

(Terveyskylä 2023). Hengityselimistön harjoittamista voidaan tehdä sisään- ja uloshengitys harjoituksilla. Voimaharjoittelussa on tarkoitus siis hengittää vastusta vastaan ja sillä pyritään yleiseen ylikuormituksen harjoitusperiaatteeseen. Istuminen myös pienentää keuhkojen tilavuutta jonkin verran verrattuna seisoma-asentoon. (Katz ym. 2020.) Tämä voisi selittää yhtenä asiana sen miksi selkäydinvammaisilla tässä tutkimuksessa on alhaisempi hapenottokyky. Selkäydinvammaiset voisivat todennäköisesti hyötyä hengitysharjoittelusta, jotta hapenottokyky kasvaisi.

8.2. Opinnäytetyöprosessin pohdinta

Opinnäytetyön prosessi alkoi aiheen valinnalla, jonka jälkeen olimme yhteydessä toimeksiantajaan Suomen Paralympiakomiteaan 27.10.2023. Saimme toteutettua ja esitettyä ideapaperin ja alustavan opinnäytetyösuunnitelman 2023 joulukuussa. Varsinaisen suunnitelman saimme tehtyä kesäkuuhun 2024 mennessä ja lähetimme tämän toimeksiantajalle. Samana keväänä aloimme jo keräämään tietoperustaa työhömmme.

Otimme tasaisin väliajoin yhteyttä ohjaavaan opettajaan koko prosessin ajan lähettämällä työtä luettavaksi sekä pitämällä yhteisiä tapaamisia, joissa pääsimme kyselemään pohdituttavia asioita tai ideoimaan seuraavaa vaihetta. Tammikuun 2025 alussa pidimme tapaamisen tietoasiantuntijan kanssa, missä kävimme läpi tietokantojen käyttämistä sekä mahdollisia hakusanoja, joita käytämme tutkimusten hakemiseen työssämme. Tämän jälkeen teimme tiedonhakuja ja arvioimme määrittelemiemme kriteerien perusteella tutkimusten laadullista puolta. Kevään mittaan kävimme läpi tutkimuksia ja rajasimme niitä ulos työstämme kriteerien pohjalta, kirjasimme saatuja tuloksia ja omaa pohdintaa sekä tutkimustuloksista että opinnäytetyön teosta.

Opinnäytetyön loppupuolella pidimme suhteellisen tiiviisti yhteyttä toisiimme ja teimme muutaman kerran opinnäytetyötä paikan päällä yhdessä. Yhdessä tekemisessä oli hyötyä esimerkiksi siitä, että toinen pystyi tarkistamaan toisen kirjoittamaa tekstiä ja antamaan palautetta. Koimme myös tärkeänä, että pystyimme

keskustelemaan opinnäytetyön teon aikana toteutuksesta ja vaihtamaan ajatuksia mieleen tulevista asioista. Näin pääsimme aina vaihe vaiheelta eteenpäin, vaikka välillä saattoikin tuntua haastavalta.

8.3. Eettisyys ja luotettavuus

Hyvään tieteelliseen käytäntöön kuuluu muun muassa se, että lähteinä käytetyt materiaalit on merkitty opinnäytetyöhön eikä toisen kirjoittamaa tekstiä esitetä omana (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023, 17). Olemme sitoutuneet noudattamaan hyvää tieteellistä käytäntöä opinnäytetyössämme, mikä lisää sen eettisyyttä ja luotettavuutta. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (2024) mukaan jokainen tutkija ja tutkimusryhmä vastaa itse hyvän tieteellisen käytännön noudattamisesta. Lisäksi koulumme Karelia-ammattikorkeakoulu on sitoutunut noudattamaan hyvää tieteellistä käytäntöä (Karelia-ammattikorkeakoulu 2024).

Olemme tekemässä ensimmäistä kertaa opinnäytetyötä, joka voi vaikuttaa osittain negatiivisesti luotettavuuteen. Ohjaajaltamme saatu palaute on arvokasta ja pyrimme tarkastelemaan saatua palautetta avoimesti ja tekemään tarvittaessa muutoksia sen pohjalta. Lopulta kuitenkin on meidän vastuullamme haluamme tehdä kaikkia ehdotettuja muutoksi opinnäytetyöhömmе. Riskinä voi myös olla, ettemme löydä tarvittavia tietoja tai jätämme osan olennaisista artikkeleista ulkopuolelle. Englannin kieli voi osoittautua myös osittain haasteeksi, mikäli emme ymmärrä täysin lukemaamme tai suoraa suomenkielistä käännöstä ei löydy kyseiselle sanalle. Kääntäjän käyttö voi olla tällaisessa tilanteessa hyödyllistä, mutta myös silloin täytyy varmistua siitä, että kääntäjä on luotettava ja kääntää hakusanan oikein. Poissuljimme ruotsinkieliset tutkimukset, koska kielitaitomme ei riitä kyseisten tutkimusten läpikäymiseen ja arvioimiseen.

Toimeksiantajanamme toimii Suomen Paralympiakomitea, jolloin meillä on mahdollisuus hyödyntää myös heidän ammattitaitoaan ja tietoa opinnäytetyössämme. Pyrimme tarkastelemaan opinnäytetyöhön valikoituja tutkimuksia mahdollisimman objektiivisesti ja siten, että omat mielipiteemme eivät vaikuta saattuihin tuloksiin. Tuloksien ja niiden raportoinnin suhteen pyrimme olemaan

mahdollisimman läpinäkyviä ja esitämme ne rehellisesti niin kuin ne ilmenevät. Emme tarvinneet erikseen tutkimuslupaa, koska emme haastattele ihmisryhmiä tai yksittäisiä henkilöitä. Kyseessä on siis kirjallisuuskatsaus, jossa perehdymme jo olemassa oleviin tutkimuksiin. Teemme opinnäyteyötä parina, jolloin tutkimusten läpikäymisessä on kaksi ihmistä arvioimassa niiden soveltuvuutta opinnäytetyöhömmme.

Valitsimme JBI-kriteeristön laadunarviointiin, koska siitä on Hoitotyön tutkimussäätiö (Hotus) tehnyt suomennetun versio. Tällä pyrimme lisäämään opinnäytetyömme luotettavuutta, että ymmärrämme täysin mitä laadunarviointilomakkeessa kysytään.

8.4. Jatkotutkimusaiheet

Katsottaessa tutkimustuloksia voidaan todeta, että tulevaisuudessa älykelloilla olisi mahdollisuuksia mitata arjessa pyörätuolin käyttäjän aktiivisuutta ja energiankulutusta. Älykellojen toimintaa tulisi vielä tarkentaa enemmän pyörätuolin käyttäjille sopivammiksi. IMU-sensorit sen sijaan näyttävät tarkempaa dataa pyörätuolin käyttäjän kelaustavasta ja on käytettävissä mittaamaan pyörätuolin käyttäjän kelaustapoja arkitilanteissakin. Tutkimustuloksissa todettiin myös pyörien vierimisvastuksella olevan merkitystä kelaukseen ja sen kuormittavuuteen ja voimantuottoon. Pyörien oikeanlaisilla kulma-asteen asetuksilla pystyttäisiin vähentämään vierimisvastuksen määrää, jolloin fyysinen kuormitus mahdollisesti vähenisi ja kelauksen eteenpäin vievän voiman tehokkuus kasvaisi. Olkapääkipuja on manuaalipyörätuolin käyttäjien keskuudessa tutkittu runsaasti, mutta olkalihasten voimantuotto voisi olla yksi osa-alue mitä olisi hyvä tutkia lisää.

8.5. Ammatillinen kasvu

Opinnäytetyön aiheen valinta tapahtui hyvässä yhteisymmärryksessä ja mielenkiinnosta paraurheilun maailmaan. Aihe ei ollut kummallekaan ennestään tuttu.

Aloitimme ensin tutkimalla Karelia AMK:n vaihtoehtoja opinnäytetöistä, mutta pian löysimme Suomen Paralympiakomitean sivuilta eri vaihtoehtoja lopputyöhön ja löysimme sitä kautta meidän mielenkiintoamme kohtaavan aiheen. Lähdimme ensin itse rajaamaan aihetta, jonka jälkeen otimme yhteyttä Paralympiakomiteaan, josta saimme kuulla vielä heidän toiveitaan työhön sekä lähteitä mistä voisi olla apua katsauksen teossa. Koemme, että ammatillista kasvua on tapahtunut myös tämän aiheen ympärillä ja nyt meillä molemmilla on aika paljon enemmän tietoa manuaalipyörätuolin käyttäjistä kuin ennen tämän työn aloittamista.

Prosessin alussa koimme etenkin haasteita ymmärtää opinnäytetyön ja kirjallisuuskatsauksen periaatteita sekä kokonaisuutta, sillä emme kumpikaan olleet aiemmin tehneet vastaavanlaista isompaa lopputyötä. Työtä tehdessä ja luottaessa kokonaisuus alkoi kuitenkin hahmottua ja oivalluksia työn sekä prosessin suhteen ilmaantui aina työn edetessä. Työmme eteni alkuun rauhallisempaan tahtiin, mutta täysin aikataulussa. Prosessia helpotti päiväkirjan pitäminen, mihin laitoimme ylös tärkeitä linkkejä sekä vaihdoimme ajatuksia työstämme. Päiväkirja siis piti meidät ajan tasalla, koska emme pystyneet aikataulusyistä tekemään työtä useastikaan yhdessä samaan aikaan. Lisäksi tätä kautta näimme aina viimeisimmät muutokset mitä toinen on työhön tehnyt. Meidän kohdallamme työnjako meni aika mutkattomasti kirjoittamisen suhteen ja toisesta oli apua tekstien korjaamisessa ja analysoinnissa. Yhdessä pystyimme myös pohtimaan askarruttavia asioita, jakamaan kokemuksia ja mietteitä työn varrella. Opinnäytetyötä tehdessä etenkin tiedonhaku sekä tutkimusten kriittinen analysointi pääsivät kehittymään. Mikäli jatkossa on tarvetta tehdä jonkinlaista lopputyötä, antaa tämän opinnäytetyön teko hyvän pohjan myös kriittiseen arviointiin.

Lähteet

- Aissaoui, R. & Gagnon, D. 2022. Effect of Haptic Training During Manual Wheelchair Propulsion on Shoulder Joint Reaction Moments. *Front Rehabil Sci.* <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9397983/>. 8.4.2025.
- Altmann, V.C., Hart, A.L., Vanlandewijck, Y.C., van Limbeek, J. & van Hooff, M.L. 2015. The impact of trunk impairment on performance of wheelchair activities with a focus on wheelchair court sports: a systematic review. *Sports Med Open* 1(1). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26284163/>. 18.12.2024.
- Chen, P-W., Klaesner, J., Zwir, I. & Morgan, K.A. 2023. Detecting clinical practice guideline-recommended wheelchair propulsion patterns with wearable devices following a wheelchair propulsion intervention. *Assist Technol* 35(2), 193-201. <https://doi.org/10.1080/10400435.2021.2010146>. 8.4.2025.
- Coon, E. 2023. Overview of the Autonomic Nervous System. <https://www.msmanuals.com/professional/neurologic-disorders/autonomic-nervous-system/overview-of-the-autonomic-nervous-system>. 11.4.2025.
- Danielsson, M.L., Vergeer, M., Plasqui, G. & Baumgart, J.K. 2024. Accuracy of the Apple Watch Series 4 and Fitbit Versa for Assessing Energy Expenditure and Heart Rate of Wheelchair Users During Treadmill Wheelchair Propulsion: Cross-sectional Study. *JMIR Formative Research* 8. <https://doi.org/10.2196/52312>. 8.4.2025.
- DeWeese, B.H., Hornsby, G., Stone, M. & Stone, M.H. 2015. The training process: Planning for strength-power training in track and field. Part 2: Practical and applied aspects. *Journal of Sport and Health Science* 4(4), 318-324. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2015.07.002>. 16.12.2024.
- de Witte, A.M.H., van der Slikke, R.M.A., Bergen, M.A.M., Hoozemans, M.J.M., Veeger, H.E.J. & van der Woude, L.H.V. 2020. Effect of seat height, wheelchair mass and additional grip on a field-based wheelchair basketball mobility performance test. *Technology and Disability.* <https://doi.org/10.3233/TAD-190251>. 25.3.2025.
- Dhawan, R., Singh, R. A., Tins, B. & Hay, S. M. 2017. Sternoclavicular joint. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6134528/pdf/10.1177_1758573218756880.pdf. 14.2.2025.
- Doherty, R., Madigan, S.M., Nevill, A., Warrington, A. & Ellis, J.G. 2021. The Sleep and Recovery Practices of Athletes. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33920560/>. 9.12.2024.
- Donald, K., Kulkarni, V., Patole, R., Rarikar, S. Shyam, A. & Sancheti, P. 2015. Effect of Shoulder Exercises on Functional Performance in Paraplegic Wheelchair users having Shoulder pain. 84-86. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijpot&volume=9&issue=1&article=018&type=pdf>. 20.5.2024.
- Drole, K., Paravlic, A., Steffen, K. & Doupona, M. 2023. Effects of physical, psychosocial and dual-career loads on injuries and illnesses among elite handball players: protocol of prospective cohort study.

- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36863744/>. 11.12.2024.
- Duvall, J., Satpute, S., Cooper, R. & Cooper, R.A. 2020. A review of adaptive sport opportunities for power wheelchair users. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology* 16(4), 407-413. <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1767220>. 20.1.2025.
- Fritsch, C., Poulet, Y., Bascou, J., Thoreux, P. & Sauret, C. 2022. How Was Studied the Effect of Manual Wheelchair Configuration on Propulsion Biomechanics: A Systematic Review on Methodologies. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9397681/>. 15.12.2024.
- Glasheen, E., Domingo, A. & Kressler, J. 2021. Accuracy of Apple Watch fitness tracker for wheelchair use varies according to movement frequency and task. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 64(1). <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2020.03.007>. 8.4.2025.
- Haavisto, M. & Himanen O. 2010. Opas pyörätuolin hankintaan. Tampereen ammattikorkeakoulu. Fysioterapia (AMK). Opas osana opinnäytetyötä. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/22193/opas_pyoratuolin_hankintaan.pdf?sequence=4. 8.8.2024.
- Haverinen, M. 2021. Urheiluvammojen ehkäisyn toteuttaminen omassa valmennusryhmässä. Teoksessa Pasanen, K., Haapasalo, H., Halén, P. & Parkkari, J. (toim.) *Urheiluvammojen ehkäisy, hoito ja kuntoutus*. Lahti: VK-Kustannus Oy, 97–128.
- Haverinen, M. & Leppänen, M. 2023. Kuormituksen seuranta. Terve urheilija. <https://terveurheilija.fi/harjoittelu/kuormituksen-seuranta/>. 4.12.2023.
- Hervonen, A. 2004. Tuki- ja liikuntaelimestön anatomia. 7. painos. Tampere: Kirjapaino Virtaset Oy. 151–152.
- Hynnen, E. 2016. Huippu-urheiluvalmennus – Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy. 117-127.
- Karelia-ammattikorkeakoulu. 2024. Karelian opinnäytetyö ohje: hyvä tieteellinen käytäntö. <https://libguides.karelia.fi/c.php?g=679019&p=4841504>. 3.6.2024.
- Katz, L.M., Stallard, J., Holtby, A., Hill, E.W., Allen, K. & Sweeney, J. 2020. Inspiratory muscle training in young, race-fit Thoroughbred racehorses during a period of detraining. *PLoS One* 15(4). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7147778/>. 7.1.2024.
- Katz, S., Arish, N., Rokach, A., Zaltzman, Y. & Marcus, E.L. 2018. The effect of body position on pulmonary function: a systematic review. *BMC Pulm Med* 18(1). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6180369/>. 4.4.2025.
- Koivisto, E. 2024. Autonominen hermosto. Käytännön neurotiede tuki- ja liikuntaelinterapiassa. Mäntsälä: VK-Kustannus. 48, 50.
- Leppäluoto, J., Rintamäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H., Lauri, T. & Mäkelä, K. 2024. *Anatomia ja fysiologia rakenteesta toimintaan*. Helsinki: Sanomapro Oy.
- Lynch, M.M., McCormick, Z., Liem, B., Jacobs, G., Hwang, P., Hornby, T.G., Rydberg, L. & Roth, E.J. 2015. Energy Cost of Lower Body Dressing, Pop-Over Transfers, and Manual Wheelchair Propulsion in People with Paraplegia Due to Motor-Complete Spinal Cord Injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 21(2), 140-148.

- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4568095/>. 8.4.2025.
- Marjamaa, M. & Sinisalo, R. 2022. Kirjallisuuskatsauksen ohjaus- perustana tutkimuskysymys ja ohjaushaastattelu. Ohjauksen ja oppimisen teemanumero 2. [Kirjallisuuskatsauksen ohjaus – perustanatutkimuskysymys ja ohjaushaastattelu - Kreodj](#). 19.5.2024.
- Mason, B., Van Der Woude, L., De Groot, S. & Goosey-Tolfrey, V. 2011. Effects of camber on the ergonomics of propulsion in wheelchair athletes. *Med Sci Sports Exerc* 43(1), 19-26. https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2011/02000/effects_of_camber_on_the_ergonomics_of_propulsion.17.aspx. 13.3.2025.
- Mâsse, L.C., Lamontagne, M. & O’Riain, M.D. 1992. Biomechanical analysis of wheelchair propulsion for various seating positions. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 29(3), 12-28. <https://scispace.com/pdf/biomechanical-analysis-of-wheelchair-propulsion-for-various-55qgmbicoq.pdf>. 26.2.2025.
- Medola, F., Elui, V., Santana, C. & Fortulan, C. 2013. Aspects of Manual Wheelchair Configuration Affecting Mobility: A Review. *J Phys Ther Sci* 26(2), 313-318. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3944313/>. 9.12.2024.
- Moreno, R., Chamorro, J.L. & López de Subijana, C. 2021. Employee-Athletes: Exploring the Elite Spanish Athletes’ Perceptions of Combining Sport and Work. *Front Psychol* 12. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7959751/>. 11.12.2024.
- Najafabadi, M.G., Shariat, A., Anastasio, A.T., Khah, A.S., Shaw, I. & Kavianpour, M. 2023. Wheelchair basketball, health, competitive analysis, and performance advantage: a review of theory and evidence. *J Exerc Rehabil* 19(4), 208-218. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10468293/>. 20.12.2024.
- Nikander, A. 2021. Kaksoisura korkeakouluissa - kansainvälinen tutkimuskatsaus. Suomen Olympiakomitea. 9.8.2024.
- Ott, J., Henderson, T., Wilson-Jene, H., Koontz, A. & Pearlman, J. 2023. A high prevalence of manual wheelchair rear-wheel misalignment could be leading to increased risk of repetitive strain injuries. *Disabil Rehabil Assist Technol* 18(5), 544-552. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8435044/>. 8.4.2025.
- Oulun yliopisto. 2024a. Systemaattinen tiedonhaku: 1. Aiheesta tutkimuskysymyksiin. <https://libguides oulu.fi/c.php?g=689390&p=4939471>. 3.6.2024.
- Oulun yliopisto. 2024b. Systemaattinen tiedonhaku: Etusivu. <https://libguides oulu.fi/c.php?g=689390&p=4934735>. 3.6.2024.
- Oulun yliopisto. 2025. E-lehdet: Tieteelliset lehdet. <https://libguides oulu.fi/elehdet/tieteelliset#s-lg-box-wrapper-19017526>. 1.4.2025.
- Palo, J., Jokelainen, M., Kaste, M., Teräväinen, H. & Waltimo, O. 1992. *Neurologia*. Porvoo: WSOY. 7.5.2024.
- Piirilä, P. 2021. Keuhkojen toiminnan tutkiminen. Teoksessa Kaarteenaho, R., Halme, M., Koskela, H. & Saaresranta, T. (toim.) *Keuhkosairaudet diagnostiikka ja hoito*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 22.
- Requejo, P.S., Mulroy, S.J., Ruparel, P., Hatchett, P.E., Haubert, L.L., Eberly, V.J. & Gronley, J.K. 2015. Relationship Between Hand Contact Angle and Shoulder Loading During Manual Wheelchair Propulsion

- by Individuals with Paraplegia. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 21(4), 313-324. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4750816/>. 8.4.2025.
- Rintala, P., Huovinen, T. & Niemelä, S. 2012. *Soveltava liikunta*. Tampere: Tammerprint Oy.
- Pohjolainen, T. 2024. Kipeä olkapää - kiertäjäkalvosinoireyhtymä. *Lääkärikirja Duodecim*. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01041>. 8.3.2025.
- Salminen, A. 2011. *Mikä kirjallisuuskatsaus?* Vaasan yliopisto. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-476-349-3>. 11.12.2023.
- Sanastokeskus ry ja Liikuntatieteellinen Seura. 2023. *Soveltavan liikunnan ja paraurheilun sanasto*. [Soveltavan liikunnan ja paraurheilun sanasto \(lts.fi\)](https://www.sanasto.fi). 6.5.2024, 11.4.2025.
- Savilaakso, S. 2020. *Tiedon synteesi on tärkeää, mutta laadussa on parantamista*. Helsingin yliopisto. <https://www.helsinki.fi/fi/maatalous-metsatieteellinen-tiedekunta/ajankohtaista/tiedon-synteesi-tarkeaa-mutta-laadussa-parantamista>. 24.6.2024.
- Silva, A., Pinto Pinheiro, L.S., Silva, A., Andradade, H., Pereira, A.G., Rodrigues da Silva, F., Guerreiro, R., Barreto, B., Resende, R. & Túlio de Mello, M. 2022. Sleep in Paralympic athletes and its relationship with injuries and illnesses. *Physical Therapy in Sport* 56, 24-31. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2022.06.001>. 9.12.2024.
- Sosiaali- ja terveysministeriö. 2023. *Valtakunnalliset lääkinnällisen kuntoutuksen apuvälineiden luovutusperusteet 2023*. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164725/STM_2023_13_J.pdf?sequence=4&isAllowed=y. 20.1.2025.
- Soo Hoo, J. A., Kim, H., Fram, J. Lin, YS., Page, C., Easthausen, I. & Jayabalan, P. 2021. Shoulder pain and ultrasound findings: A comparison study of wheelchair athletes, nonathletic wheelchair users, and nonwheelchair users. *PM R*. 14(5), 551-560. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9444331/>. 13.5.2024.
- Suomen Paralympiakomitea ry. 2025a. *Luokittelu*. <https://www.paruheilu.fi/fi/67/luokittelu>. 12.4.2025.
- Suomen Paralympiakomitea ry. 2025b. *Lajit*. <https://www.paruheilu.fi/fi/2/lajit>. 11.4.2025.
- Suomen Paralympiakomitea ry. 2025c. *Koripallo*. <https://www.paruheilu.fi/fi/106/koripallo>. 11.4.2025.
- Szabo, S.W. & Kennedy, M.D. 2022. Practitioner perspectives of athlete recovery in paralympic sport. *International Journal of Sports Science & Coaching* 17(2), 274-284. <https://doi.org/10.1177/17479541211022706>. 4.12.2023.
- Tampereen yliopiston kirjasto. 2024. *Systemaattinen tiedonhaku: Laadunarviointi*. <https://libguides.tuni.fi/systemaattinen-tiedonhaku/Laadunarviointi>. 24.6.2024.
- Terveyskylä. 2023. *Keuhkojen toimintatutkimukset*. <https://urly.fi/3OYx>. 7.1.2024.
- Tieteellisten seurain valtuuskunta. 2022. *Lisätietoa vertaisarvioinnista*. <https://www.tsv.fi/fi/palvelut/tunnus/lisatietoa-vertaisarvioinnista>. 24.6.2024.
- Tieteellisten seurain valtuuskunta. 2025. *JUFO-portaali*.

- <https://ifp.csc.fi/jufoportaaali>. 1.4.2025.
- Tieteen termipankki. 2016. Synteesi.
<https://tieteentermipankki.fi/wiki/Filosofia:synteesi>. 9.8.2024.
- Tuomilehto, H. 2021. Uni ja palautuminen. Pasanen, K., Haapasalo, H., Halén, P. & Parkkari, J. (toim.) Urheiluvammojen ehkäisy, hoito ja kuntoutus. Lahti: VK-Kustannus Oy. 141–146.
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2023. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa.
https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje_2023.pdf.
3.6.2024.
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2024. Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK).
<https://tenk.fi/fi/hyva-tieteellinen-kaytanto-htk>. 3.6.2024.
- Töytäri, O., Koistinen, A-K., Mustonen, M. & Leivo, H. 2010. Liikkuminen. Teoksessa Salminen A-L. (toim.) Apuvälinekirja. Solver Palvelut Oy: Kouvola. 116.
- Uusitalo, A. 2015. Urheilijan ylikuormitustila. Suomalainen lääkäriseura Duodecim. <https://www.duodecimlehti.fi/duo12901>. 4.12.2023.
- Veeger, H.E., Rozendaal, L.A. & van der Helm, F.C. 2002. Load on the shoulder in low intensity wheelchair propulsion. Clin Biomech 17(3), 211-218. [https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(02\)00008-6](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(02)00008-6).
13.2.2025.
- Vilkkä, H. 2023. Kirjallisuuskatsaus metodina, opinnäytetyön osana ja tekstilajina. Helsinki: Art House Oy. Ellibs Webkirjasto. 3.12.2024,
14.1.2024.
- Virtanen, K. 2020. Olkalisäke-solisluunivelen sijoiltaanmenon hoitolinjat. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim.
<https://www.duodecimlehti.fi/duo15571>. 12.2.2025.
- World Health Organization. 2008. Guidelines on the Provision of Manual Wheelchairs in Less Resourced Settings.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK143782/#ch1.s18>.
20.12.2024.

Aineiston haku

Tietokanta	Hakulauseke	Rajaukset	Tulokset	Hyväksytyt otsikon perusteella	Hyväksytyt tiivistelmän perusteella	Koko tekstin perusteella hyväksytyt
ScienceDirect	Manual wheelchair AND Wheelchair propulsion OR Wheelchair locomotion AND Load NOT Shoulder pain	2015-2025, open access	87	25	6	2
PubMed	Manual wheelchair AND Wheelchair propulsion OR Wheelchair locomotion AND Load NOT Shoulder pain	2015-2025, Free full text	11	8	2	2
CINAHL Complete (EBSCOhost)	Manual wheelchair AND Wheelchair propulsion OR Wheelchair locomotion AND Load NOT Shoulder pain	Viimeiset 10 vuotta, koko teksti, vertaisarvioitu	25	10	5	3

Kirjallisuuskatsauksessa käytetyt aineistot

Tutkimuksen tekijät, tutkimusvuosi ja -paikka	Tarkoitus	Otos	Menetelmä	Päätulos	Laadunarviointi (JBI)
Aissaoui, R. & Gagnon, D. 2022. Canada.	Arvioida voidaanko pyörätuolinkäyttäjän kelaustapaan vaikuttaa tuntoaistin avulla annetulla palautteella kelauksen aikana ja vaikuttaako 10 prosentin voimankäytön lisäys olkapään kuormitukseen.	16 miestä ja 2 naista, joilla selkävainvamma. (n=18)	Kvasikokeellinen tutkimus	Osallistujat oppivat simulaattorin avulla uuden kelaustavan ja mekaaninen tehokkuus sekä liikuttavan voimantuotto kasvoi kuormittamatta liikaa olkapäätä.	6/8
Ott, J., Henderson, T., Wilson-Jene, H., Koontz, A. & Pearlman, J. 2023. USA.	Mitata kustomoidulla mittalaitteella pyörätuolin takapyörien virheasentoja ja arvioida sen vaikutusta vierintävastukseen sekä tästä johtuvan mahdollisen kuormituksen ja rasituksen lisääntymiseen.	Itsenäisesti kelaavat pyörätuolinkäyttäjät, jotka käyttävät pyörätuolia vähintään viitenä päivänä viikosta. (n=200)	Kvantitatiivinen tutkimus	Takapyörien virheasennon ja kulman todettiin lisäävän vierintävastusta kustomoidulla mittausmenetelmällä mitattuna.	5/8
Danielsson, M., Vergeer, M., Plasqui, G. & Baumgart J. K. 2024. Norway.	Arvioida Apple Watch 4 ja fitbit Versa älykellojen tarkkuutta energiankulutuksen ja sydämen sykkeen arvioinnissa pyörätuolike-laajilla eri intensiteeteillä.	20 vammautonta ja 20 pyörätuolinkäyttäjää. (n=40)	Diagnostisen testin tarkkuustutkimus	Kumpikaan älykelloista ei ollut riittävän tarkka arvioimaan energiankulutusta ja molemmat arvioivat sydämen sykkeen liian alhaiseksi.	9/10
Glasheen, E., Domigo, A. & Kressler, J. 2021. USA.	Tutkia Apple Watch 1 älykellon fyysisen	15 vammautonta ja 15 pyörätuolinkäyttäjää. (8 selkäydinvammaista, 3 CP-	Diagnostisen testin tarkkuustutkimus	Apple Watch 1 yliarvioi työntöjen määrän matalatehoises-	8/10

	aktiivisuuden mittaamisen tarkkuutta, kun siihen on asennettu ohjelmisto manuaalipyörätuolin käyttäjälle.	vammaista, 2 AVH-potilasta, 1 aivovamman saanut ja 1 selkärankahalkion omaava) (n=30)		kelaamisessa, mutta oli luotettavampi nopeatehossa kelaamisessa.	
Requejo, P. S., Mulroy, S. J., Ruparel, P., Hatchett, P. E., Lighthall Haurbert, L., Eberly, V. J. & Gronley, J. K. 2015. USA.	Määrittää käden kosketuskulma alkukosketuksesta työnnön loppuvaiheeseen asti ja kuinka tämä vaikuttaa etenemiseen ja työntövoimaan sekä olkapään kuormitukseen.	198 miestä ja 24 naista, jotka ovat alaraajahalvaantuneita. (Vamma T2 tasolla tai alempana) (n=222)	Kvasikokeellisen tutkimus	Ergometritestin ja CODA- liikeanalyysijärjestelmän avulla todettiin, että pitkät ja taasiset työnnöt ovat tehokkaita ja vähentävät yläraajojen kuormitusta verrattuna tiheisiin ja lyhyisiin töihin.	7/9
Chen, P-W., Klaesner, J., Zwir, I. & Morgan. K. A. 2023. USA.	Kerätä mitattavilla antureilla dataa kelaus interventiosta sisällä ja ulkona sekä verrata tuloksia pyörätuolike-lauksen biomekaniikan kansainvälisiin suosituksiin.	8 miestä ja 2 naista, joilla selkäydinvamma tai MS-tauti. (n=10)	Kokeellinen tutkimus	WheelMill System testauslaitteella, IMUs sensoreilla ja kameroilla mitattuna todettiin, että puettavat anturit ja konetekninen mittausmenetelmä soveltuu suositusten mukaiseen pyörätuolike-laa-misen tunnistamiseen.	5/9
Lynch, M. M., McCormick, Z., Liem, B., Jacobs, G., Hwang, P., Hornby, T. G., Rydberg, L. & Roth, E. J. 2015. USA.	Kerätä data pyörätuolilla liikkuvien energiankulutuksesta ja maksimaalisesta hapenottokyvystä päivittäisissä toiminnoissa, kuten alavartalon pukemisessa	13 miestä ja 3 naista, joilla T2 tason alapuolella täydellinen selkäydinvamma. (n=16)	Kvantitatiivinen tutkimus	COSMED- laitteen avulla mitattuna jalkojenkautta siirtymiset ja alavartalon pukeminen vaativat enemmän energiaa kuin pyörätuolin kelaaminen.	5/8

	ja jalkojen kautta siirtymisissä sekä tarjota lisää tietoa kelauksen kuormittavuudesta.				
--	-----------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--