



Miikka Mikkonen, Carolina Vesander

Pyörätuolikelauksen lajianalyysi ja asiantuntijaopas fysioterapeuteille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Fysioterapeutti (AMK)

Fysioterapian tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

23.5.2025

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Miikka Mikkonen, Carolina Vesander
Otsikko:	Pyörätuolikelauksen lajianalyysi ja asiantuntijaopas fyysioterapeuteille
Sivumäärä:	76 sivua + 0 liitettä
Aika:	23.5.2025
Tutkinto:	Fysioterapia (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Fysioterapian tutkinto-ohjelma
Ohjaaja(t):	Lehtori Sanna Garam Lehtori Krista Lehtonen

Paraurheilun kehityksen ja menestyksen turvaaminen edellyttää nykyistä vahvempaa asiantuntijuutta kentällä. Suomessa pyörätuolikelauksesta ei ole saatavilla systemaattista lajianalyysiä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia pyörätuolikelauksen lajianalyysi sekä sen pohjalta fysioterapeuteille suunnattu asiantuntijaopas. Työn tavoitteena on tukea pyörätuolikelauksen laadukasta harjoittelua ja edistää ammattimaista osaamista lajin parissa. Lisäksi opinnäytetyössä pyrittiin tunnistamaan ja tuomaan esiin tiedonkeruun aikana ilmenneitä tutkimuskentän puutteita.

Opinnäytetyö on toteutettu yhteistyössä Huippu-urheilun instituutin (KIHU) kanssa, joka on suomalaisen urheilututkimuksen ja valmennusosaamisen keskeinen toimija. Lajianalyysi rajautuu selkäydinvammaisten urheilijoiden 100 metrin sprinttiin, kelausluokkiin T51–T54. Lajianalyysissä tarkastellaan myös selkäydinvamman vaikutuksia urheilijan kehon toimintaan. Opinnäytetyön tietoperusta muodostuu tieteellisistä tutkimusartikkeleista ja tutkimuskatsauksista, fysioterapian, huippu-urheilun, biomekaniikan ja anatomian kirjallisuudesta sekä KIHU:n Kapula-projektin aineistoista.

Opinnäytetyön lopullinen tuotos, asiantuntijaopas, tarjoaa tiiviin ja helposti omaksuttavan tietolähteen pyörätuolikelauksen parissa työskenteleville fysioterapeuteille. Opas kokoaa yhteen fysioterapian kannalta keskeisiä teemoja lajianalyysistä, kuten kelauksen biomekaniikkaa, lihastoimintoja ja fyysistä harjoittelua, sekä syventää ymmärrystä lajin ominaispiirteistä ja selkäydinvamman vaikutuksista yksilön toiminta- ja suorituskykyyn. Opas ei tarjoa valmiita vastauksia, vaan toimii asiantuntijan tukena käytännön työssä, kannustaen soveltamaan sen sisältöä oman ammattiosaamisen pohjalta.

Opinnäytetyöprosessin aikana nousi esiin lajin tutkimustiedon hajanaisuus ja rajallisuus, mikä hidasti tietoperustan kokoamista mutta samalla vahvisti käsitystä työn tarpeellisuudesta. Työtä voidaan hyödyntää jatkossa paitsi käytännön työssä myös pohjana tuleville opinnäytetöille.

Avainsanat: pyörätuolikelaus, lajianalyysi, fysioterapia, paraurheilu, vammaisurheilu, selkäydinvamma

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author(s): Miikka Mikkonen, Carolina Vesander
Title: Wheelchair Racing - A Technical and Tactical Analysis and an Expert Guide for Physiotherapists
Number of Pages: 76 pages + 0 appendices
Date: 23 May 2025

Degree: Bachelor of Social Services and Health Care
Degree Programme: Physiotherapy
Instructor(s): Sanna Garam, Senior Lecturer
Krista Lehtonen, Senior Lecturer

The aim of the bachelor's thesis is to enhance physiotherapists' understanding of the specific features of wheelchair racers training and to support high-quality training in para-sport. We also highlight the knowledge gaps that emerged during the data collection phase of the thesis. As far as we know, the training of wheelchair athletes is largely based on the conventional athletics training methods. A systematic analysis of wheelchair racing has not previously been conducted in Finland, although the requirements of the sport differ considerably from other athletics.

In this bachelor's thesis, we developed a technical and tactical analysis of wheelchair racing and used it as a basis for a guide for physiotherapists. We carried out the thesis in collaboration with the Finnish Institute of High Performance Sport (KIHU), a key player in Finnish sport research and coaching expertise.

We limited the analysis to the 100 m sprint for athletes with spinal cord injury, categories T51-T54, and focused on how spinal cord injuries affect performance and functional ability. We focused the content of the guide on three key areas: muscle function, physical training, and both functional and performance capacity. The content of our thesis consists of scientific research articles and research reviews and sources related to physiotherapy, elite sports, biomechanics and anatomy and knowledge from the Kapula project at KIHU.

The guide produced as a result of the thesis provides a concise and easily accessible source of information for physiotherapists working with wheelchair athletes. The guide highlights the relevant themes for physiotherapy and deepens the understanding of the characteristics of the sport and the effects of spinal cord injury on an individual's function and performance. The guide does not provide ready-made answers but supports professionals in their practical work, encouraging them to apply its contents on the basis of their own professional knowledge.

Keywords: wheelchair racing, tactical and technical analysis, physiotherapy, parasports, spinal cord injury.

The originality of this thesis has been checked using Turnitin Originality Check service.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite	2
3	Opinnäytetyön prosessi	3
3.1	Toiminnallinen opinnäytetyö	3
3.2	Aiheen valinta ja rajaus	4
3.3	Aineistonkeruu	5
3.4	Lajianalyysin suunnittelu ja toteutus	6
3.5	Oppaan suunnittelu ja toteutus	7
4	Selkäydinvamman seuraukset	10
4.1	Selkäytimen ja selkäydinhermojen rakenne	10
4.2	Selkäydinvamma: fysiologiset vaikutukset ja komplikaatiot	11
4.2.1	Lämmönsäätely	11
4.2.2	Hengityslihasten toiminta	13
4.2.3	Hengitys- ja verenkiertoelimistön vasteet	14
4.2.4	Spastisuus	16
4.2.5	Autonominen dysrefleksia ja osteoporoosi	16
4.3	Selkäydinvamman vaikutus toimintakykyyn	18
5	Kansainvälinen luokittelujärjestelmä	20
5.1	Luokittelujärjestelmä ja luokittelun arviointiprosessi	20
5.2	Kelausluokat T51-T54 ja luokittelun haasteet	21
6	Pyörätuolikelaus: lajin esittely, luonne ja erityisvaatimukset	22
6.1	Lajin esittely	22
6.1.1	Pyörätuolikelauksen historia ja levinneisyys	22
6.1.2	Lähimenneisydessä tapahtuneet muutokset lajissa	23
6.1.3	World Para Athleticsin tunnustamat kilpailut ja kilpailusykli	25
6.1.4	Lajin keskeiset kilpailusäännöt	26
6.2	Lajin luonne	27
6.2.1	100 metrin sprintti -kilpailusuorituksen rakenne	27
6.2.2	Kilpailusuorituksen kesto ja palautusajat	28
6.3	Lajin erityisvaatimukset	29
6.3.1	Kilpailuvälineet	29
6.3.2	Kilpailuolosuhteet	30

7	Pyörätuolikelauksen biomekaniikka, hermolihasjärjestelmän toiminta ja energiantuotto	31
7.1	Lajin biomekaniikka	31
7.1.1	Kinematiikka	31
7.1.2	Kinetiikka	33
7.1.3	Liikettä vastustavat voimat	34
7.1.4	Erot tetraplegia- ja paraplegiaurheilijoiden välillä	35
7.2	Lajissa kuormittuvat lihakset ja lihasryhmät	37
7.3	Lihaskäyttö	38
7.3.1	Lihaskäyttö arjessa	38
7.3.2	Lihaskäyttö harjoitus- ja kilpailutilanteissa	39
7.3.3	Vartalon lihaskäyttö	41
7.4	Energiantuotto	42
7.4.1	Anaerobinen energiantuotto	42
7.4.2	100 metrin sprintti -kilpailusuorituksen energiantuotto	43
7.4.3	Anaerobinen teho ja -kapasiteetti	43
7.4.4	Motoriset yksiköt ja lihassolujakauma	44
8	Pyörätuolikelauksessa vaadittavat ominaisuudet	45
8.1	Lajin fyysiset vaatimukset: nopeus- ja voimaominaisuudet	45
8.1.1	Nopeus	45
8.1.2	Nopeusvoima -merkitys ja harjoittaminen	46
8.1.3	Maksimivoima -merkitys ja harjoittaminen	47
8.1.4	Harjoitettavat lihakset ja lihasryhmät	48
8.1.5	Voimaharjoittelussa huomioitavaa	50
8.2	Lajin fyysiset vaatimukset: liikkuvuusominaisuudet	51
8.3	Lajin fyysiset vaatimukset: kestävyysominaisuudet	52
8.3.1	Anaerobinen harjoittelu	52
8.3.2	Aerobinen harjoittelu	54
8.4	Lajin taktiset vaatimukset	55
8.5	Lajin psyykkiset vaatimukset	56
8.5.1	Urheilun merkitys paraurheilijalle	56
8.5.2	Psyykkiset taidot	56
8.5.3	Psyykkiset kuormitustekijät	58
9	Pohdinta	59
9.1	Työprosessi, asetetut tavoitteet ja tulosten kiteytys	59
9.2	Työn luotettavuus ja eettisyys	60
9.3	Huomioita tiedon saatavuudesta	62

1 Johdanto

Suomessa arvioidaan olevan noin 450 kansainvälisen tason ja 1200 kansallisen tason paraurheilijaa. Tarkkoja lukuja lajikohtaisesti ei kuitenkaan tunneta. Viimeisen 20 vuoden aikana sekä Suomen paralympiajoukkueen koko, että lajien määrä ovat merkittävästi vähentyneet. Paraurheilun tulevaisuuden keskeinen haaste on uusien urheilijoiden rekrytointi. Arvioiden mukaan Suomessa on noin 800 000 toimintarajoitteista henkilöä (15 % väestöstä), joista jopa 1 % eli noin 8000 voisi olla potentiaalisia paraurheilijoita. Tällä hetkellä tätä potentiaalia ei hyödynnetä riittävästi. Jotta paraurheilun kehitys ja menestys voidaan turvata, tarvitaan parempia rekrytointimalleja, systemaattisempia tukijärjestelmiä sekä lisää asiantuntemusta (Remahl & Wennman & Kuorikoski & Kuutamoinen & Kuorikoski 2024: 22, 75). Tällä opinnäytetyöllä pyritään lisäämään ymmärrystä paraurheilun toimintakentälle.

Tavoitteellinen harjoittelu ja urheiluvalmennus perustuvat kokonaisvaltaiseen lajiantalyysiin, joka yhdistää kokemusperäisen valmennusopillisen tiedon ja tutkimustiedon. Lajiantalyysi kattaa fysiologiset ja fyysiset ominaisuudet, kuten kestävyys, nopeuden ja voiman, sekä biomekaaniset, psykologiset ja tekniset tekijät. Näitä tarkastellaan suhteessa harjoitteluun, kilpailutilanteisiin ja valmennukseen. (Mero & Nummela & Keskinen & Häkkinen 2004: 410.) Tämä opinnäytetyö tukee fysioterapeuttista lähestymistapaa, jossa lajiantalyysin merkitys tunnistetaan keskeisenä osana urheilijan suoritus- ja toimintakyvyn tukemista, vammojen ennaltaehkäisyä sekä kuntoutuksen ja laadukkaan harjoittelun suunnittelua.

Pyörätuolikelauksen tutkimus on viime vuosikymmeninä keskittynyt erityisesti mittausmenetelmiin sekä biomekaniikan mallintamiseen ja simulointiin. Uusien mittaustekniikoiden myötä lajin biomekaniikasta saadaan yhä tarkempaa tietoa, ja ymmärrys lajin teknisestä suorituksesta sekä kehon liikkeiden vaikutuksesta nopeuteen on kasvanut. Viime aikoina tutkimus on käsitellyt aiempaa monipuolisemmin myös tetraplegia- ja naisurheilijoita. Kattavin kooste lajin biomekaniikasta on kuitenkin edelleen vuodelta 2001. (mm Vanlandewijck & Theisen & Daly 2001; Lewis & Phillips & Robertson & Grimshaw & Portus 2018; Forte & Barbosa & Marinho 2015; Guo ym. 2023; Hikosaka & Kodachi & Yamamoto & Kawashima 2024.) Tutkimuskentän kattavasta kehityksestä huolimatta Suomesta puuttuu edelleen systemaattinen lajiantalyysi pyörätuolikelauksesta.

Fysioterapian tutkinto-ohjelmissa on toteutettu useita vammaisurheiluun liittyviä opinnäytetöitä (THESEUS-tietokanta), mutta yksikään ei ole käsitellyt pyörätuolikelausta. Myös lajin fysioterapeuttiset ja valmennukselliset erityispiirteet ovat jääneet ilman kattavaa, jäseneltyä tietolähdettä. Tämä voidaan nähdä merkittävänä puutteena. Yksi keskeisistä taidoista paraurheilijoiden kanssa työskennellessä on urheilijan toimintakyvyn parantaminen arkea helpottavalla tavalla. Tämä ei ainoastaan vahvista urheilijan elämänlaatua, vaan heijastuu suoraan urheilulliseen suorituskyykyyn vähentäen harjoittelun suhteellista kuormittavuutta ja parantamalla urheilijan mahdollisuuksia jatkaa lajinsa parissa pidempään. (Flanagan & Murphy & Gardner & Singh & O’Riordan 2024.)

Tämä opinnäytetyö kokoaa olemassa olevan tutkimustiedon ja kirjallisuuden lajianalyysiksi, jonka tarkastelun kohteena ovat selkäydinvammaiset urheilijat, kelausluokissa T51–T54. Opinnäytetyö keskittyy 100 metrin sprinttimatkaan ja kattaa lajianalyysin keskeiset osa-alueet, huomioiden pyörätuolikelauksen erityisvaatimukset. Lisäksi analyysi käsittelee selkäydinvamman vaikutuksia yksilön toiminta- ja suorituskyykyyn sekä vammankeskeisiä fysiologisia vaikutuksia. Vaikka lajianalyysi ei sisällä yksityiskohtaista harjoittelu- ja urheilija-analyysia, työssä käydään läpi keskeiset suorituskyykyominaisuudet ja kuvataan yleisellä tasolla, mitä näiden ominaisuuksien harjoittelusta selkäydinvammaisten urheilijoiden kohdalla tiedetään. Lisäksi on annettu esimerkkiharjoitteita havainnollistamaan, miten lajia tukevia ominaisuuksia voidaan harjoittelulla kehittää.

Opinnäytetyö on toteutettu yhteistyössä Huippu-urheilun instituutin (KIHU) kanssa, joka on suomalaisen urheilututkimuksen ja valmennusosaamisen keskeinen toimija. KIHU edistää urheilijoiden ja joukkueiden valmiuksia laadukkaaseen harjoitteluun sekä vahvistaa valmennuksen vaikuttavuutta asiantuntijatyön, tutkimuksen ja kansallisen sekä kansainvälisen yhteistyön avulla. KIHU:n asiantuntemus on tarjonnut arvokasta tukea opinnäytetyöprosessille.

2 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia pyörätuolikelauksen lajianalyysi ja sen pohjalta fysioterapeuteille suunnattu opas, joka tiivistää lajianalyysistä fysioterapian kannalta keskeisimmät asiat.

Opinnäytetyön tavoitteena on tukea pyörätuolikelauksen laadukasta harjoittelua ja edistää ammattimaista osaamista lajin parissa. Lajianalyysin tavoitteena on luoda kattava kuva pyörätuolikelauksesta lajina sekä tunnistaa tutkimuskentältä ne osa-alueet, joista

tietoa on rajoitetusti. Oppaan tavoitteena on tarjota fysioterapeuteille tiivis ja selkeä tietolähde, josta he voivat nopeasti löytää keskeiset tiedot selkäydinvamman vaikutuksista pyörätuolikelajaan toiminta- ja suorituskyykyyn.

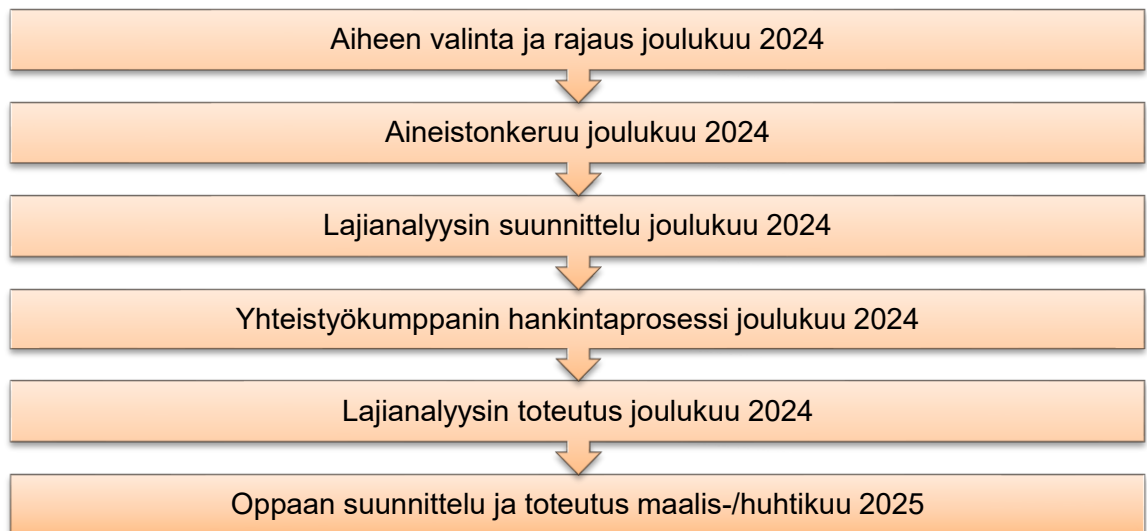
3 Opinnäytetyön prosessi

3.1 Toiminnallinen opinnäytetyö

Toiminnallinen opinnäytetyö on käytännönläheinen opinnäytetyön muoto, jonka tavoitteena on kehittää tai selkeyttää ammatillisen kentän toimintaa tuottamalla konkreettinen lopputuotos, kuten ohjeistus, tietopaketti tai opas. Vaikka toiminnallisen opinnäytetyön ytimessä on nimenomaan varsinainen tuotos, työhön sisältyy aina myös kirjallinen raportti. Raportissa kuvataan tuotoksen suunnittelu- ja toteutusprosessi, käytetyt menetelmät sekä työn teoreettinen viitekehys. Raportointi dokumentoi työskentelyn kulkua ja osoittaa opinnäytetyön tutkimuksellista otetta. Toiminnallinen opinnäytetyö tehdään usein yhteistyössä toimeksiantajan kanssa, mikä tarjoaa opiskelijalle mahdollisuuden soveltaa osaamistaan käytännössä ja vahvistaa asiantuntijuuttaan aidossa työelämäkontekstissa (Vilkkä & Airaksinen 2004: 9, 16, 51, 65–66.)

Tämän opinnäytetyön lopullisena tuotoksena syntyi fysioterapeuteille suunnattu opas pyörätuolikelauksesta. Lajianalyysi tarjoaa teoreettisen tietoperustan, jonka avulla oppaan sisältö rakentuu tutkimus- ja kirjallisuustiedon varaan. Tässä opinnäytetyössä aihe nousi esiin työelämässä havaitun tarpeen perusteella ilman varsinaista toimeksiantoa. Valmennustyössä pyörätuolikelauksen parissa on tunnistettu, että lajikohtaista tietoa on rajallisesti saatavilla. Tiedon puutteen on koettu vaikeuttavan käytännön työtä. Työ toteutettiin yhteistyössä asiantuntijatahon kanssa, joka tuki prosessia sisällöllisesti ja tarjosi asiantuntemustaan työn kehittämiseksi.

Opinnäytetyöprosessi on rakentunut useasta vaiheesta: aiheen valinnasta ja rajauksesta, aineistonkeruusta, lajianalyysin suunnittelusta ja toteutuksesta, yhteistyökumppanin hankinnasta sekä toiminnallisen tuotoksen – asiantuntijaoppaan – suunnittelusta ja toteutuksesta. Raportointiosuudessa on kuvattu toiminnallisen opinnäytetyön prosessin vaiheet kuvan 1 mukaisessa aikajärjestyksessä.



Kuva 1. Toiminnallisen opinnäytetyön prosessin eri vaiheet ja niiden alkamisajankohdat.

Kunkin vaiheen osalta on avattu, miten työ rakentui käytännössä, millaisia ratkaisuja eri vaiheissa tehtiin ja miksi juuri kyseiset valinnat osoittautuivat tarkoituksenmukaisiksi työn etenemisen ja lopputuloksen kannalta. Opinnäytetyöprosessin onnistumista on kuvattu tarkemmin pohdintaosuudessa (Luku 9).

3.2 Aiheen valinta ja rajaus

Opinnäytetyön aiheen ideointi alkoi joulukuussa 2024, ja aihe muotoutui käytännön työelämässä havaitun tarpeen pohjalta. Kohderyhmäksi valikoitui urheilijaryhmä, jonka parissa oli jo ennestään kertynyt käytännön kokemusta. Toinen opinnäytetyön tekijöistä on toiminut pyörätuolikelauksen valmennuksessa vuodesta 2023 alkaen ja havainnut, että lajin valmennuksessa nojataan pitkälti vammattomille urheilijoille suunnattuihin yleisiin harjoitusperiaatteisiin.

Lajianalyysi valikoitui opinnäytetyön aiheeksi, sillä se tukee urheilu- ja liikunfafysioterapian keskeistä tavoitetta: lajin erityispiirteiden ymmärtämistä. Lajianalyysin suunnittelu- vaiheessa tehtiin seuraavat rajaukset työn laajuuden hallitsemiseksi:

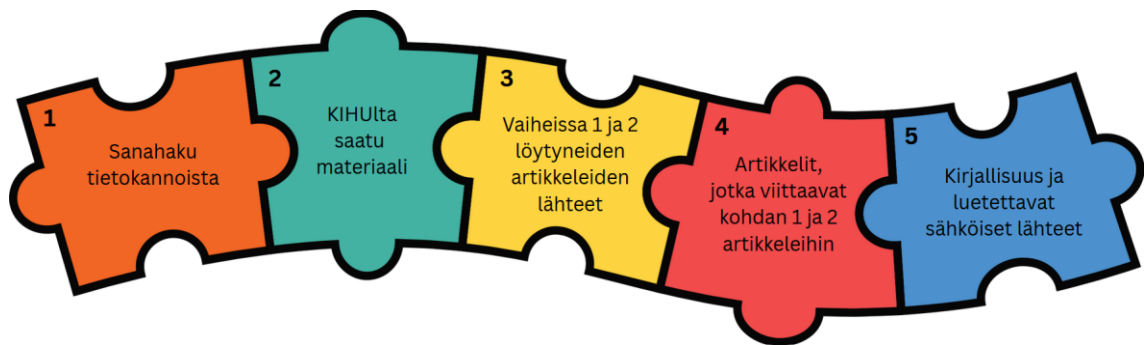
- 1) Kohderyhmä: Lajianalyysi kohdistettiin selkäydinvammaisiin urheilijoihin.
- 2) Kilpailumatka: Sprinttimatkoista tarkasteluun valittiin 100 metrin kilpailusuoritus.
- 3) Sisällöllinen rajaus: Urheilija- ja harjoitteluanalyysi jätettiin lajianalyysin ulkopuolelle. Lajianalyysi perustettiin tutkimustietoon ja kirjallisuuteen.

Kelausluokat T33 ja T34 sekä T51–T54-luokkiin kuuluvat urheilijat, joilla ei ole selkäydinvammaa, rajattiin tämän opinnäytetyön ulkopuolelle. Selkäydinvammaan liittyy laaja-alaisia fysiologisia muutoksia, joilla on vaikutus yksilön toiminta- ja suorituskyykyyn (Spinal Cord injury 2025; Shulga & Vainionpää 2024: 301). Fysioterapian opiskelijoina tämä kohderyhmä tuntui tarkoituksenmukaiselta ja tutkintolinjan puolesta perustellulta valinnalta.

Tarkasteltavaksi kilpailumatkaksi valittiin 100 metrin sprinttimatka. Rajaus matkan osalta tehtiin, koska eri sprinttimatkat eroavat toisistaan niin kilpailurakenteen, energiantuoton kuin harjoiteltavien ominaisuuksien osalta. Tarkempi urheilija- ja harjoitteluanalyysi rajattiin työn ulkopuolelle, koska ne kuuluvat ensisijaisesti valmennuksellisen osaamisen piiriin ja jäävät fysioterapian ydinosamisen ulkopuolelle. Työmäärän hallitsemiseksi lajiansalyysi rajattiin tutkimus- ja kirjallisuuspohjaiseen tarkasteluun, vaikka toimintakentän hiljaisen tiedon, eli kokemuseräisen osaamisen ja käytännön tiedon, sisällyttäminen olisi tuonut työhön arvokkaan näkökulman.

3.3 Aineistonkeruu

Aineistonkeruuprosessi aloitettiin joulukuussa 2024. Tiedonhankinnassa on hyödynnetty kansainvälisiä tutkimuksia pyörätuolikelauksesta, lajin kuormitusfysiologiasta ja biomekaniikasta sekä aiempia lajiansalysejä. Tiedonhaku on koostunut viidestä toisiinsa täydentävästä elementistä (Kuva 2).



Kuva 2. Tiedonhaun viisi elementtiä.

Tieteellisten artikkelien ja tutkimusten haku on toteutettu PubMedin, Google Scholarin ja PEDron kautta. Hakuprosessissa käytettyjä hakusanoja on listattu taulukossa 1. Tieteellisten artikkeleiden lisäksi työn taustaksi on etsitty mahdollisimman luotettavia ja ajankohtaisia internet-artikkeleita. Lisäksi fysioterapian, huippu-urheilun, biomekaniikan

ja anatomian kirjallisuutta on hyödynnetty vahvistamaan työn teoreettista pohjaa. Erityisen tärkeänä tietolähteenä on toiminut Huippu-urheilun instituutin (KIHU) tarjoama aineisto, erityisesti KIHU:n Kapula-projektissa hyödynnetyt tutkimusartikkelit.

Taulukko 1. Käytetyt hakusanat tiedonhakuun tietokannoista.

Hakusanat ja hakulausekkeet	
"Wheelchair racing"	"Wheelchair athlete performance"
"Wheelchair racing psychology"	"Wheelchair racing sprint"
"Wheelchair propulsion"	"Biomechanical analysis" AND "wheelchair racing"
"Wheelchair racing" AND "biomechanics"	"Wheelchair" AND "racing" and "propulsion"
"Wheelchair racing" AND "injury"	"Paralympic athlete"

Mahdollisimman kattavan tiedonhaun varmistamiseksi hakusanojen lisäksi hyödynnettiin menetelmää, jossa tutkimusartikkeleiden lähdeluetteloista edettiin uusien lähteiden pariin ja prosessi toistettiin useita kertoja. Lähteinä toimivat tutkimusartikkelit ovat tietenkin ajallisesti julkaistu jo aiemmin. Myös uusimman, hakusanojen ulkopuolelle jääneen tutkimuksen kartoittamiseksi hyödynnettiin tietokantojen toimintoa, joka tunnistaa ne tutkimukset, joissa on viitattu jo tarkasteltuihin lähteisiin.

3.4 Lajianalyysin suunnittelu ja toteutus

Lajianalyysin suunnittelu käynnistyi joulukuussa 2024. Alkuvaiheessa perehdyttiin eri urheilulajeista laadittuihin lajianalyysiin, jotta saataisiin selkeämpi käsitys lajianalyysin rakenteesta yleisesti. Vammattomille urheilijoille laaditut analyysit keskittyivät usein hyvin tarkasti tiettyihin yksittäisiin ominaisuuksiin, eivätkä sellaisenaan vastanneet niitä tarpeita, joihin opinnäytetyössä pyrittiin vastaamaan. Suurin osa lajianalyysin rakenteen tueksi löydetyistä analyyseistä olivat pro gradu -tutkielmien laajuisia, mikä vaikeutti niiden mukauttamista opinnäytetyön mittakaavaan. Paraurheilun puolelta kattavia lajianalyysijä löytyi niukasti, mikä haastoi työn rakenteen hahmottamista.

Näistä lähtökohdista lajianalyysi päätettiin toteuttaa laaja-alaisesti, mutta tarkoituksella hieman pintapuolisemmin. Tavoitteena oli tunnistaa ja nostaa esiin myös sellaisia osaluokkia, joista tutkimustietoa on saatavilla vain vähän. Perinteisesti lajianalyysit alkavat lajin kansainvälisen tason menestysvaatimusten tarkastelusta, mutta tässä fysioterapian opinnäytetyössä lähdettiin liikkeelle selkäydinvamman aiheuttamista fysiologisista

ja toimintakykyyn vaikuttavista muutoksista. Näin haluttiin tarjota lukijalle pohjatieto kohderyhmän erityispiirteistä ennen siirtymistä lajisuorituksen vaatimukseen. Selkäydinvamman seurauksia käsittelevän osuuden jälkeen päätettiin esitellä kansainvälinen luokittelujärjestelmä, joka muodostaa paraurheilun kilpailutoiminnan rakenteellisen perustan. Koska luokittelujärjestelmä on keskeinen osa kilpailujen oikeudenmukaisuutta ja osallistumisedellytyksiä, sen perusteiden avaaminen lukijalle nähtiin olennaisena osana opinnäytetyötä.

Lajianalyysissä pyrittiin esittelemään pyörätuolikelaus lajina, sekä yleisellä tasolla että keskittyen tarkemmin 100 metrin sprinttisuoritukseen. Tärkeiksi tarkastelun kohteiksi nousivat myös pyörätuolikelauksen biomekaniikka, hermo-lihasjärjestelmän toiminta ja energiantuotto, jotka ovat fysioterapian opinnoista tuttuja sisältöalueita. Analyysin viimeisessä osiossa päätettiin keskittyä lajin vaatimien ominaisuuksien tarkasteluun. Koska fysioterapian opinnoissa painottuvat muun muassa fysioterapeuttinen harjoittelu, kokonaisuormituksen hallinta sekä psykofyysinen vuorovaikutus, nähtiin urheilijoiden fyysisten, psyykkisten ja taktisten vaatimusten ymmärtäminen fysioterapian näkökulmasta merkityksellisenä.

Alustava suunnitelma lajianalyysin rakenteesta ja sisällöstä valmistui joulukuussa 2024. Samassa yhteydessä käynnistettiin yhteistyökumppanin etsintä Huippu-urheilun instituutille (KIHU) laadittiin yhteistyöhakemus, ja keväällä 2025 solmittiin virallinen yhteistyösopimus. KIHU tarjosi arvokasta asiantuntemusta ja materiaalia analyysin tueksi sekä palautetta työn rakenteesta ja sisällöstä. Lisäksi yhteistyö mahdollisti julkaisualan opinnäytetyön tuotoksille.

Lajianalyysin toteutus käynnistyi jo joulukuussa 2024 ja päättyi huhtikuussa 2025. Työn laajuus kasvoi alkuperäisestä suunnitelmasta erityisesti selkäydinvamman ja vamman seurausten tarkastelun osalta. Koska kyseessä on fysioterapian opinnäytetyö, tämän näkökulman kattava käsittely nähtiin kuitenkin perustelluksi ja olennaiseksi osaksi analyysiä. Toteutusvaiheessa tehtiin yhteistyötä sekä opinnäytetyön ohjaajien että KIHU:n asiantuntijoiden kanssa.

3.5 Oppaan suunnittelu ja toteutus

Opinnäytetyön lopullisen tuotoksen, fysioterapeuteille suunnatun oppaan, suunnittelu käynnistyi maaliskuussa 2025 ja itse toteutus huhtikuun puolella. Oppaan idea syntyi tarpeesta saattaa yhteen lajianalyysin fysioterapian työn kannalta keskeinen sisältö.

Oppaan suunnittelua ohjasi ennen kaikkea kysymys: Mitä minä fysioterapeuttina haluaisin tietää lajista ja selkäydinvammaisista urheilijoista, jotta voisin ammatissani huomioida yksilön tarpeet suhteessa lajin ja arjen vaatimuksiin?

Opas on toteutettu Canva-ohjelmalla ja jaettu neljään osioon: 1) selkäydinvamman seuraukset, 2) luokittelujärjestelmä ja urheilijan toimintakyky, 3) lihastoiminnot ja kelausten biomekaniikka sekä 4) fyysinen harjoittelu. Oppaan tarkoituksena oli esittää lajianalyysin keskeinen sisältö tiivistetyssä muodossa. Kunkin lajianalyysin pääluvun osalta on valikoitu olennaisimmat teemat, joita on täydennetty muutamalla relevantilla tietolähteellä. Opas on laadittu ensisijaisesti taulukkomuotoon, jotta tieto jäsenyisi selkeästi ja olisi helposti hyödynnettävissä. Taulukossa 2 on esitetty, mihin lajianalyysin lukuihin mikin oppaan osio perustuu.

Taulukko 2. Oppaan ja lajianalyysin sisällöllinen yhteys.

Oppaan osio 1: Selkäydinvamman seuraukset
Perustuu päälukuun 4: Selkäydinvamman seuraukset. Tarkemmin lukuun 4.2: Selkäydinvamma: fysiologiset vaikutukset ja komplikaatiot (4.2.1–4.2.5).
Oppaan osio 2: Luokittelujärjestelmä ja urheilijan toimintakyky
Perustuu päälukuun 4: Selkäydinvamman seuraukset ja 5: Kansainvälinen luokittelujärjestelmä. Tarkemmin lukuihin 4.3: Selkäydinvamman vaikutus toimintakykyyn ja 5.1: Luokittelujärjestelmä ja luokittelun arviointiprosessi ja 5.2: Kelausluokat T51-T54 ja luokittelun haasteet.
Oppaan osio 3: Lihastoiminnot ja kelausten biomekaniikka
Perustuu päälukuun 7: Pyörätuolikelauksen biomekaniikka, hermolihasjärjestelmän toiminta ja energiantuotto. Tarkemmin lukuihin 7.1: Lajin biomekaniikka (7.1.1–7.1.4), 7.2: Lajissa kuormittuvat lihakset ja 7.3: Lihasktiivisuus (7.3.1–7.3.3).
Oppaan osio 4: Fyysinen harjoittelu
Perustuu päälukuun 8: Pyörätuolikelauksessa vaadittavat ominaisuudet. Tarkemmin lukuihin 8.1: Lajin fyysiset vaatimukset: nopeus ja voimaominaisuudet (8.1.2–8.1.5), 8.2: Lajin fyysiset vaatimukset: liikkuvuusominaisuudet ja 8.3: Lajin fyysiset vaatimukset: kestävyysominaisuudet (8.3.1–8.3.2).

Oppaan ensimmäisessä osiossa käsitellään selkäydinvamman seurauksia lajianalyysin luvun 4 pohjalta. Urheilun- ja liikunnan parissa työskentelevän fysioterapeutin tavoitteena on tukea yksilön suorituskykyä sekä mahdollistaa laadukas ja turvallinen harjoittelu vammojen ennaltaehkäisyn näkökulmasta (Suomen urheilufysioterapeutit ry).

Koska selkäydinvamman fysiologiset vaikutukset ja mahdolliset komplikaatiot vaikuttavat urheilijan suorituskykyyn ja harjoitteluun, nähtiin aiheen sisällyttäminen oppaaseen keskeisenä fysioterapeutin työnkuvan puolesta.

Oppaan toinen osio tarkastelee luokittelujärjestelmää sekä selkäydinvamman vaikutuksia urheilijan toimintakykyyn lajianalyysin luvun 4 ja 5 pohjalta. Fysioterapeutin työnkuvaan kuuluu asiakkaan toimintakyvyn tukeminen, ja urheilu- ja liikuntafysioterapian puolella lajin erityispiirteiden ymmärtäminen on tärkeä osa fysioterapiaa (Mitä on fysioterapia 2017; Suomen urheilufysioterapeutit ry). Koska opas on suunnattu fysioterapeuteille, jotka työskentelevät pyörätuolikelauksen parissa, luokittelujärjestelmän esittely sekä kelausluokkien yhteys toimintakykyyn katsottiin olennaiseksi ja käytännön työn kannalta tarpeelliseksi kokonaisuudeksi.

Oppaan kolmannessa osiossa tarkastellaan kelauksen biomekaniikkaa, kelaussyklin vaiheita ja kelauksen aikaista lihastoimintaa niin kilpaurheilussa kuin arjen liikkumisessa lajianalyysin luvun 7 pohjalta. Biomekaniikan tuntemuksella voidaan muun muassa tehostaa harjoittelua ja pienentää vammautumisriskiä, jotka ovat keskeisiä fysioterapeuttisia tavoitteita urheilun parissa. Kelaussyklin vaiheiden havainnollistaminen myös visuaalisin keinoin, antaa lukijalle selkeämmän käsityksen lajinomaisesta liikkeestä. Lihastoimintojen tarkastelu sekä arki- että kilpakelauksen näkökulmasta tarjoaa fysioterapeuttisesti tärkeän, kokonaisvaltaisen kuvan urheilijan kuormituksesta ja eri kehon osa-alueiden vaatimuksista.

Oppaan neljännessä osiossa syvennyttään fyysiseen harjoitteluun lajianalyysin luvun 8 pohjalta. Osiossa käydään läpi kolmen keskeisen fyysisen ominaisuuden – voiman, liikkuvuuden ja kestävyuden – merkitystä pyörätuolikelajaajalle. Lisäksi tarkastelun kohteena on näiden ominaisuuksien harjoittaminen sekä niiden vaikutus urheilijan arjen toimintakykyyn ja lajisuoriutumiseen. Fyysisen harjoittelun sisällyttäminen oppaaseen oli perusteltua, sen tukiessa fysioterapeutin tavoitetta edistää urheilijan suorituskykyä, tukea tämän toimintakykyä sekä varmistaa laadukkaan harjoittelun toteutuminen.

4 Selkäydinvamman seuraukset

4.1 Selkäytimen ja selkäydinhermojen rakenne

Selkäydin muodostaa yhdessä aivojen kanssa keskushermoston. Selkäydin alkaa aivoringon alaosasta (ydinjatkeesta) ja päättyy alaselkään, kapenevaksi kartioksi, jota kutsutaan nimellä conus medullaris. Selkäydin ulottuu ylimmän kaulanikaman (C1) tasolta noin L1-nikaman tasolle. Kaula- ja lannerangan alueella selkäytimessä on kaksi paksunemaa. Selkäytimen alaosassa sijaitsee cauda equina eli hermojuurikimppu. Selkäydintä ympäröi aivo-selkäydinneste, ja sitä suojaavat kolme kalvoa: kovakalvo (dura mater), lukinkalvo (arachnoidea) ja pehmytkalvo (pia mater). (Anatomy of the Spine and Peripheral Nervous System 2024.)

Selkäydin sijaitsee selkärangan nikamien suojaamassa luisessa selkäydinkanavassa (Selkäranka ja selkäydin. 2017) ja muodostuu 31 jaokkeesta, eli segmentistä, joista jokaisesta lähtee molemmin puolin kaksi hermojuurta: etu- ja takajuuri. Etujuuri koostuu efferenteistä motorisista hermosyistä ja takajuuri afferenteistä sensorisista hermosyistä. Etu- ja takajuuret yhdistyvät sekoittuen ja muodostaen selkäydinhermon (nervus spinalis), joka välittää sekä motorisia että sensorisia signaaleja. (Schuenke & Schulte & Schumacher 2015: 80–81.)

Selkäydinhermot poistuvat selkäydinkanavasta nikamaväliauukkojen kautta. Kaularangan alueella on kahdeksan paria kaulahermoja, vaikka kaulanikamia on vain seitsemän. Ensimmäinen kaulahermo poistuu C1-nikaman yläpuolelta ja kahdeksas hermojuuri C7- ja T1-nikamien välistä. Rintahermoja on 12 paria, lannehermoja viisi, ristihermoja viisi sekä häntähermoja yksi pari. (Anatomy of the Spine and Peripheral Nervous System 2024.)

Ääreishermosto on monimutkainen hermoverkosto, joka haarautuu selkäydinhermojen juurista ja kulkee selkäydinkanavan ulkopuolella yläraajoihin, vartalon lihaksiin, alaraajoihin sekä kehon elimiin. Ääreishermoston kautta hermoimpulssit kulkevat aivoista selkäytimen kautta kehon eri osiin ja takaisin. Selkäydin säätelee osaltaan myös tahdosta riippumatonta, autonomista hermostoa, joka huolehtii muun muassa rakon ja suolen toiminnasta sekä verenpaineen ja kehon lämpötilan säätelystä. (Anatomy of the Spine and Peripheral Nervous System 2024; Selkäranka ja selkäydin. 2017.)

4.2 Selkäydinvamma: fysiologiset vaikutukset ja komplikaatiot

Suomessa on arvioitu syntyvän vuosittain noin 500 uutta selkäydinvammaa, joista 40 % on tapaturmaperäisiä ja 60 % sairausperäisiä. (Tietoa selkäydinvammasta. 2024.) Selkäydinvamma, eli selkäytimen vaurio, vaikuttaa hermoihin ja hermosyihin estäen hermoimpulssien kulun aivojen ja kehon välillä. Vamma voi syntyä suoraan selkäytimen vaurioituessa tai sen ympäröivien kudosten ja nikamien vahingoituessa. Selkäydinvamma voi johtua myös kasvaimista, hematomyeliasta (verenvuoto selkäytimessä), tulehduksista, selkärangan rappeutuvista tiloista, lääketieteellisistä hoidoista tai synnynnäisistä syistä. (Alaranta & Ahoniemi 2007; Spinal Cord injury 2025.)

Selkäydinvamma johtaa pysyviin tai tilapäisiin muutoksiin motorisessa ja sensorisessa toiminnassa sekä autonomisen hermoston toiminnassa. Muutosten vakavuus riippuu vauriotasosta ja vaurion täydellisyydestä. Vammaan liittyy myös muutoksia aineenvaihdunnassa, lämmönsäätelyjärjestelmässä, hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminnassa sekä hormonitoiminnassa. Kokonaistilanteeseen vaikuttavat lisäksi henkilön ikä, mahdolliset muut sairaudet, vammautumisen kulunut aika, harrastukset, elämäntavat ja ruokavalio. (Spinal Cord injury 2025; Shulga & Vainionpää 2024: 301.)

Korkeammat vammat voivat johtaa tetraplegiaan, jossa halvaantumisen kohde on suurin osa kehosta, kun taas alempana sijaitsevat vammat voivat johtaa paraplegiaan eli alaraajahalvaukseen. Epätäydellisessä selkäydinvauriossa hermoyhteydet säilyvät osittain, jolloin tunto, lihastoiminta tai lihaskontrolli voivat säilyä osittain. Täydellisessä selkäydinvauriossa hermoyhteydet ovat täysin katkenneet, mikä johtaa lihaskontrollin, tunnon ja lihastoiminnan täydelliseen menetykseen vamma-alueen alapuolella. (Spinal Cord injury 2025.) Yksinkertaisesti: mitä ylempänä vamma sijaitsee ja mitä täydellisempi selkäydinvaurio on, sitä suurempi somaattisen ja autonomisen hermoston toimintakyvyn menetys on (Laferrier ym. 2012: 5).

4.2.1 Lämmönsäätely

Liikunta lisää lihasten energiankulutusta ja suuri osa energiasta muuttuu lämmöksi. Ydinlämpötilan (37 °C) säilyttäminen vaatii tehokasta lämmönsiirtoa, jonka rajoittunut toiminta voi johtaa hypertermian oireisiin, kuten nestehukkaan, lämpöuupumukseen, lämpöpyörtymiseen ja lämpöhalvaukseen. Lämmön haihduttamiseksi aivot aktivoivat seuraavia fysiologisia mekanismeja: 1) ihon verenkierron lisääntymisen, joka edistää lämmön poistumista säteilyn ja haihtumisen kautta, 2) hikirauhasten toiminnan vilkastu-

misen, mikä tehostaa lämmön haihtumista hikoilun avulla sekä 3) sydämen minuuttitilavuuden säätelyn, joka suuntaa verta enemmän työskenteleviin lihaksiin ja vähemmän sisäelimiin. Ympäristöolosuhteilla on merkittävä rooli oikean mekanismin aktivoitumisessa. (Bhambhani 2002: 42–43; Sawka & Wenger 2011: 98.)

Selkäydinvammaisella henkilöllä lämmönsäätelymekanismit häiriintyvät autonomisen ja somaattisen hermoston vaurioiden vuoksi. Vauriot estävät ihon verenkierron ja hikoilun hallinnan vamma-alueen alapuolella, mikä lisää hypertermian riskiä liikunnan aikana. Lämmönsäätelykyvyn heikentymisen vakavuus korreloi vammakorkeuden ja selkäydinvaurion täydellisyyden kanssa, eli tetraplegikoilla on alhaisempi lämpöresistenssi kuin paraplegikoilla ja vammattomilla henkilöillä. (Bhambhani 2011: 63–64.) Jos suuri osa ihosta ei kykene säätelemään lämpöä, sekä ydin- että iholämpötila voivat kohota niin levossa kuin fyysisen rasituksen aikana. Tämä voi heikentää suorituskykyä ja on myös liitettävissä sydämen minuuttitilavuuden säätelyn vaikeuteen pitkäkestoisessa liikunnassa. (Bhambhani 2002: 42–43.)

Erityisesti T6-tason yläpuolisissa selkäydinvammoissa lämmönsäätelyn rajoitukset on huomioitava huolellisesti harjoittelussa. Harjoittelu tulisi toteuttaa mahdollisimman lämpötilaneutraaleissa olosuhteissa. Mikäli harjoittelu tapahtuu kuumassa ympäristössä, kehon lämpötilan hallintaan tulee kiinnittää erityistä huomiota. Tehokkaita keinoja ovat esimerkiksi: kehon viilentäminen viileällä vedellä suihkepallon avulla säännöllisin väliajoin, riittävä nesteytys ja elektrolyyttitasapainon ylläpito sekä kevyet ja löysät vaatteet, jotka mahdollistavat hikoilun tehokkaan haihtumisen iholta. Nestehukan ehkäisemiseksi kehon painoa kannattaa seurata säännöllisesti. On tärkeää huomioida, että selkäydinvammaiset urheilijat eivät välttämättä itse tunnista lämpötilan muutoksia. (Bhambhani 2011: 65; Hutzler & Meckel & Berzen 2011: 137–138.)

Loukkaantumisen tai sairauden aikana kilpailusta tulisi pidättäytyä, koska nämä lisäävät alttiutta lämpöstressille. Lisäksi lämpökuormituksen minimoimiseksi riittävän levon ja unen varmistaminen on erityisen tärkeää, varsinkin silloin, kun kilpailut sisältävät matkustamista eri aikavyöhykkeiden yli. (Bhambhani 2011: 65.)

Haasteita voi esiintyä myös viileässä ympäristössä harjoitellessa. Selkäydinvammaisen henkilön kyky ylläpitää kehon lämpötilaa on heikentynyt. Esimerkiksi 10 °C lämpötilassa harjoittelu voi johtaa hypotermiaan, mikäli kehon lämmöntuotanto ei riitä säilyttämään lämpötasapainoa. Kylmemmissä olosuhteissa on tärkeää panostaa riittävään alkulämmittelyyn ja pukeutua sääolosuhteisiin sopivasti. (Boot & Binkhorst & Hopman 2006: 603.)

Aerobisesti hyväkuntoiset henkilöt, joilla on korkea VO₂max, ovat vähemmän alttiita hypertermialle liikunnan aikana. Säännöllinen aerobinen harjoittelu edistää kehon ydinlämpötilan säätelyä myös kuumissa ja kosteissa olosuhteissa. Harjoittelu lisää plasmatilavuutta, alentaa hikoilukynnystä, vähentää ihon lämpötilaa ja parantaa sydämen kykyä säädellä verenkiertoa fyysisen rasituksen aikana (Bhambhani 2002: 44.)

4.2.2 Hengityslihasten toiminta

Vaikka selkäydinvamma ei suoraan vaurioita keuhkokudosta, se voi heikentää tai estää rintakehän-, vatsan-, lantionpohjan lihasten ja pallean toimintaa (Shulga & Vainionpää 2024: 303). Korkeammat selkäydinvammat johtavat yhä useampien hengityslihasten hermotuksen menetykseen. Täydellinen selkäydinvaurio palleahermon motoristen hermosolujen (C3–C5) yläpuolella aiheuttaa sekä sisään- että uloshengityslihasten halvauksen. Hengityslihasten heikentynyt toiminta pienentää vitaalikapasiteettia, mikä ilmenee inspiraatio- (IRV) ja ekspiraatioreservivolyymien (ERV) laskuna. (Cardinale & Romer 2011: 163.)

C5–C8-tason täydellisessä selkäydinvauriossa pallea toimii normaalisti, kylkiluunkannattajalihakset (m. scalenus anterior, medius, posterior) toimivat osittain, ja rintalihaksissa (m. pectoralis major, m. pectoralis minor) on toimintaa. Lisäksi päänkiertäjälihakset (m. sternocleidomastoideus) säilyttää toimintansa, mutta kylkiväli- (mm. intercostales) ja vatsalihakset eivät toimi. Tämä heikentää yskimiskykyä ja pienentää vitaalikapasiteettia noin puoleen viitearvoista. T12-tason alapuolisissa vammoissa hengitystoiminta säilyy normaalina. (Shulga & Vainionpää 2024: 303.)

Mitä korkeammalla selkäydinvaurio sijaitsee, sitä enemmän menetetään vartalon lihasvoimaa ja stabiiliteettia. Korkeammissa selkäydinvammoissa istuma-asento ja ryhti painuvat kasaan, mikä heikentää pallean toimintaa ja johtaa alentuneeseen keuhkotuuletukseen. Keuhkotuuletuksen vähenemisestä kärsivät eniten keuhkojen alalohkot ja keuhkoinfektoiden riski nousee. (Shulga & Vainionpää 2024: 303.) Kylkiväli- ja rintakehän lihasten toimintahäiriöt estävät rintakehän ylä- ja keskiosan laajenemista sisäänhengityksen aikana. Tämä vaikeuttaa pallean laskeutumista ja rajoittaa ilman virtausta keuhkoihin. Lisäksi vatsalihasten hermovauriot ja vatsan lisääntynyt elastisuus voivat entisestään heikentää sisäänhengitysvolyymia. (Cardinale & Romer 2011: 163.)

Henkilöt, joilla on korkea rintarangan tai kaularangan selkäydinvamma, kompensoivat usein uloshengityslihasten heikkoutta aktivoimalla muita uloshengitystä avustavia lihaks-

sia, kuten ison rintalihaksen yläosaa. (Cardinale & Romer 2011: 165.) Ylävartaloa kuormittavassa harjoittelussa, kuten pyörätuolikelauksessa, hengityslihakset osallistuvat samanaikaisesti sekä hengitystyöhön että kelaustuolin eteenpäin työntämiseen (Perret 2015).

4.2.3 Hengitys- ja verenkiertoelimistön vasteet

Hapenottokyvyllä kuvataan, kuinka tehokkaasti hengitys- ja verenkiertoelimistö kuljettaa hengitysilmaasta saatua happea työskenteleviin lihaksiin sekä lihasten kykyä hyödyntää happea energiantuotannossa. Maksimaalinen hapenottokyky ($\dot{V}O_2\text{max}$) tarkoittaa suurinta mahdollisinta hapenkulutuksen tasoa, jonka keho saavuttaa äärimmäisessä rasituksessa. (Kaikkonen 2024.) Ylävartaloon rajoittuvissa liikuntamuodoissa, kuten pyörätuolikelauksessa, sydän- ja verenkiertoelimistö eivät kuormitu samalla tavalla kuin koko kehoa rasittavissa lajeissa. Tämä rajoittaa hapenkulutusta ja vaikeuttaa $\dot{V}O_2\text{max}$ -arvon saavuttamista, minkä vuoksi selkäydinvammaisilla henkilöillä käytetään yleisemmin termiä huippuhapenottokyky ($\dot{V}O_2\text{peak}$), joka kuvaa ylävartalon maksimaalista aerobista energiantuotantokykyä. (Bhambhani 2002: 32–33.)

Selkäydinvammaisen henkilön alhainen $\dot{V}O_2\text{peak}$ -arvo kuormituksessa johtuu keskusta ja ääreishermoston toimintaan liittyvien tekijöiden muutoksista, jotka heikentävät hapenottokykyä. Yksilöillä, joilla on ollut korkea aerobinen kapasiteetti ennen vammaa, on todennäköisesti paremmat edellytykset sopeutua kestävyysharjoitteluun vamman jälkeen, mikä voi edesauttaa korkeampien $\dot{V}O_2\text{peak}$ -arvojen saavuttamista. (Bhambhani 2002: 33, 35.)

Selkäydinvaurion taso ja täydellisyys vaikuttavat merkittävästi hengitys- ja verenkiertoelimistön huippuvasteisiin. Fysiologisten vasteiden arvioinnissa eri selkäydinvammatasooilla (C5–S1) on havaittu, että $\dot{V}O_2\text{peak}$ ja siihen liittyvät muuttujat, kuten sydämen syke, hengitystiheys, sydämen minuuttivolyymi ja veren laktaattitasot, ovat käänteisesti yhteydessä vamman tasoon: mitä korkeampi vamma on, sitä matalammat fysiologiset huippuvasteet kuormituksessa. Koska sydämen sympaattinen hermotus tapahtuu tasolla T1–T4, vaikuttaa vaurion taso merkittävästi siihen, missä määrin sympaattinen hermotus sydämeen säilyy. (Bhambhani 2002: 32; Campbell & Williams & Lakomy 1997: 39.)

Myös selkäydinvaurion täydellisyys vaikuttaa harjoittelun aikaisiin fysiologisiin vasteisiin. Epätäydelliset vauriot mahdollistavat usein korkeammat sydämen sykkeet ja laajemman lihassmassan rekrytoinnin, mikä johtaa korkeampiin $\dot{V}O_2\text{peak}$ -arvoihin.

(Bhambhani 2002: 32–33.) Esimerkiksi Campbellin ym. (1997) tutkimuksessa havaittiin, että tetraplegiaurheilija, jolla oli epätäydellinen kaularangan vaurio, saavutti huippusykkeen 164 lyöntiä minuutissa (Campbell ym. 1997: 39). Tämä osoittaa, että epätäydellisissä selkäydinvaurioissa osa sydämen sympaattisesta hermotuksesta voi säilyä, jolloin fysiologiset huippuvasteet säilyvät lähempänä vammattomien tasoa.

Selkäydinvammaisella henkilöllä sydämen iskutilavuus on pienempi rasituksessa, mikä heikentää verenkiertoa. Tämä johtuu alaraajoihin pakkautuvasta verestä, joka on seurausta heikentyneestä lihaspumpun toiminnasta. Vaikka myös tetraplegikoilla hengityselinten lihasten pumpputoiminta edistää laskimoveren palaamista sydämeen, lihaspumpun kokonaisvaikutus on huomattavasti heikentynyt. Näin ollen sydämen täyttöpaine (preload) pienenee, mikä vähentää iskutilavuutta ja edelleen vaikuttaa negatiivisesti suorituskykyyn. (Bhambhani 2002: 35; Hopman 1993: 110–111.)

Tetraplegia- ja paraplegiaurheilijoiden välillä on havaittu merkittäviä eroja maksimaalisessa pyörätuoliharjoituksessa lihasten hapenkäytön ja verenkierron vasteissa. Tetraplegiaurheilijalla lihasten verimäärä väheni heti harjoituksen alussa ja jatkoi laskuaan uupumukseen asti. Lihasten hapetustaso (happisaturaatio) ei tasaantunut missään vaiheessa, mikä viittaa siihen, että verenkierto ei pystynyt toimittamaan riittävästi happea työskenteleville lihaksille. Paraplegiaurheilijalla lihasten verimäärä (lihaskudoksen verivolyymi) puolestaan kasvoi tasaisesti koko harjoituksen ajan, ja hapetustaso tasaantui pysyen vakaana loppuun saakka. Tämä kertoo siitä, että paraplegiaurheilijan verenkierto kykeni tehokkaammin vastaamaan lihasten lisääntyneeseen hapentarpeeseen. (Bhambhani 2011: 58.)

Jopa 80% selkäydinvammaisten henkilöiden fyysisen suorituskyvyn vaihtelusta selittyy seuraavilla tekijöillä: vammataso ja selkäydinvaurion täydellisyys, aktiivisuustaso, paino, sukupuoli, ikä ja vammautumisen kulunut aika. Vaikka suorituskyky heikkenee iän myötä, pidempi aika vammautumisesta voi parantaa suorituskykyä ylävartalon sopeutumisen ja liikunta-aktiivisuuden lisääntymisen kautta. Suurempi kehon massa laskee suhteellista VO_2 peak-arvoa passiivisen rasvakudoksen määrän vuoksi. Vaikka fyysinen suorituskyky näyttää osaltaan määräytyvän tekijöistä, joihin ei voida vaikuttaa, myös muokattavilla tekijöillä, kuten liikunnan harrastamisella ja kehon koostumuksella, on merkittävä rooli suorituskyvyn ylläpitämisessä ja kehittämisessä. (Janssen & Dallmeijer & Veeger & van der Woude 2002: 29, 36–38.)

4.2.4 Spastisuus

Spastisuus on ylemmän motoneuronin vauriosta johtuva häiriö, joka kehittyy jopa 70 %:lle selkäydinvammaisista (Alaranta ym. 2001.) Spastisuus on yleisintä kaula- ja rintarangan vammoissa ja harvinaisempaa lannerangan tai sitä alempien vaurioiden yhteydessä. Spastisuus voi esiintyä lihasten jatkuvana jännitystilana tai aktivoitua ulkoisten ärsykkeiden, kuten kosketuksen tai asennon muutoksen, seurauksena. Sen voimakkuus vaihtelee olosuhteiden mukaan ja esimerkiksi unen aikana spastisuus saattaa hävitä kokonaan. (Spastisuus ja selkäydinvamma 2024; Shulga & Vainionpää 2024: 305–306.)

Spastisuus voi olla merkittävä toimintaa haittaava tekijä ja vaatia hoitoa, mikäli se rajoittaa nivelen liikkuvuutta ja johtaa pysyvään liikerajoitukseen tai nivelen sijoiltaanmenoon. Hoitoa tarvitaan myös silloin, jos spastisuus aiheuttaa selkärangan virheasentoja, huonon istuma-asennon, ihovaurioita, tahattomia nykäyksiä, jotka altistavat murtumille tai häiritsevät unta. Hoito on tarpeen myös silloin, jos spastisuus haittaa kuntoutusta, vaikeuttaa päivittäisiä toimintoja ja avustamista tai jos siihen liittyy kipua. Lisäksi lisääntyneen spastisuuden syy tulee pyrkiä aina selvittämään. (Shulga & Vainionpää 2024: 306; Alaranta ym. 2001.)

Spastisuuden hoitoon kuuluu muun muassa liike- ja asentohoito, venytykset, lastojen ja tukien käyttö, fysioterapia ja toimintaterapia, fysioterapeuttinen harjoittelu sekä tarvittaessa lääkehoito. Spastisuudella voi olla myös hyödyllisiä vaikutuksia. Se voi helpottaa päivittäisiä toimia ja siirtymisiä tukemalla lihasvoimaa, ehkäistä lihasatrofiaa, vähentää alaraajojen laskimotukosten ja turvotuksen riskiä sekä hidastaa osteoporoosin kehittymistä. (Spastisuus ja selkäydinvamma 2024; Shulga & Vainionpää 2024: 306.)

4.2.5 Autonominen dysrefleksia ja osteoporoosi

T6-segmentin yläpuolisissa selkäydinvammoissa sympaattisen ja parasympaattisen hermoston yhteys aivoihin voi katketa, mikä johtaa autonomisen hermoston säätelyhäiriöihin (Shulga & Vainionpää 2024: 306). Tällöin henkilöllä voi esiintyä autonomista dysrefleksiaa, joka on epänormaali sympaattinen refleksi. Refleksi aiheuttaa ääreishermoston voimakkaan vasokonstriktion, mikä ilmenee päänsärkynä, hikoiluna, vilunväristyksinä ja kalpeutena vammatasen alapuolella sekä merkittävänä verenpaineen nousuna (yli 160 mmHg). (International Paralympic Committee 2016; Bhambhani 2002: 45.) Lisäksi oireina voi myös olla ihon punoitusta kaulan ja rinnan alueella sekä näön sumentumista. (Simmons 2021: 67.)

Autonominen dysrefleksia voi johtaa vakaviin terveysongelmiin, kuten aivoverenvuotoon, sokeutumiseen, rytmihäiriöihin, sydänkohtaukseen tai jopa kuolemaan. Autonomisen dysrefleksian yleisimpiä aiheuttajia ovat virtsarakon toimintahäiriöt, kuten dys-synerginen rakon tyhjennys, rakon liiallinen venyntyminen ja virtsatieinfektiot. (Dahlberg 2000.) (Bhambhani 2002: 45; Simmons 2021: 67.) Fyysinen harjoittelu ja testaus on ehdottomasti kielletty virtsarakon tulehduksen, painehaavojen tai sairauksien, kuten influenssan, aikana autonomisen dysrefleksian riskin vuoksi. Harjoittelun suunnittelussa on huomioitava painehaavojen ja ihon hankaumien syntymisriski sekä varmistettava, ettei heikentynyt laskimopaluu hidasta palautumisprosessia. (Hutzler ym. 2011: 137–138.)

Autonomisen dysrefleksian mahdollisuus tulee aina pitää mielessä selkäydinvammalla, jonka vauriotaso on T6 tai korkeampi. Mikäli autonominen dysrefleksian oireita ilmenee, pitää ensisijaisesti etsiä laukaiseva tekijä ja poistaa se. On huomioitava, että makuuasento voi aiheuttaa kallonsisäisen paineen nousun, joten pystyasennon ylläpitäminen on tärkeää. (Dahlberg 2000; Simmons 2021: 67.)

Neliraajahalvaantuneet urheilijat voivat aiheuttaa itselleen tahallisesti autonomisen dysrefleksian (tunnetaan ”boostauksena”) parantaakseen suoriutumistaan. Kohonnut verenpaine lisää sydämen minuuttitulavuutta, mikä parantaa kilpailusuoritusta. Koska ”boostaus” on terveydelle vaarallista, Kansainvälinen Paralympiakomitea (International Paralympic Committee, IPC) on kieltänyt sen kilpailuissa. Spontaanin autonomisen dysrefleksian ja ”boostauksen” erottaminen on haastavaa. Oireilevat urheilijat käyvät lääkärintarkastuksessa ennen kilpailua. Jos oireita havaitaan, tehdään uusi tarkastus. Riskiryhmään kuuluvat urheilijat joutuvat vetäytymään kilpailusta. (Bhambhani 2002: 45; International Paralympic Committee 2016.)

Osteoporoosi (luukato) on yleinen ja merkittävä selkäydinvamman jälkiseurauksena ilmenevä komplikaatio. Luumassan menetys on voimakkainta ensimmäisten kuuden kuukauden aikana vammautumisen jälkeen ja jatkuu 1–2 vuotta, erityisesti vammataidon alapuolella. Tämän jälkeen luun hajoaminen hidastuu, mutta voi yhä jatkua useita vuosia. Selkäydinvammaan liittyvän osteoporoosin tarkkaa syytä ei täysin tunneta, mutta sen taustalla uskotaan olevan ensisijaisesti lihasaktivaation puute ja luuston normaalin kuormituksen väheneminen. Lisäksi kehittymiseen voivat vaikuttaa ravitsemustila, hormonitasapainon muutokset sekä hermoston ja verenkierron häiriöt. (Osteoporoosi ja selkäydinvamma 2024; Shulga & Vainionpää 2024: 312.)

Osteoporoosi lisää luunmurtumien riskiä, ja usein ensimmäinen merkki sairaudesta on murtuman aiheuttama kipu. Nikamamurtumat voivat kuitenkin olla täysin oireettomia ja löytyä sattumalta. Ennen murtumaa osteoporoosi voidaan diagnosoida vain luuntiheysmittauksella. Osteoporoosin hoitoon kuuluu monipuolinen ruokavalio, jossa on riittävästi kalsiumia ja D-vitamiinia. Lääkehoito kohdistetaan suuren riskin potilaisiin. Säännöllinen liikunta vahvistaa luita, parantaa lihasvoimaa ja tukee tasapainoa. (Osteoporoosi. Käypähoito-suositus 2025; Osteoporoosi.)

4.3 Selkäydinvamman vaikutus toimintakykyyn

Selkäydinvamman vaikutus toimintakykyyn on aina yksilöllinen ja riippuu vauriotason lisäksi vammaisen aktiivisuustasosta, harjoittelusta, painosta, lihasvoimasta, vammautumisesta kuluneesta ajasta sekä iästä (Shulga & Vainionpää 2024: 301; Gollan & Wilson 2021: 113–114). Shulga ja Vainionpää (2024) ovat koonneet täydellisten selkäydinvaurioiden vaikutukset toimintakykyyn eri neurologisilla vauriotasoilla seuraavasti:

- Täydellinen C1–C4-tason selkäydinvaurio: liikkuminen tapahtuu sähköisellä pyörätuolilla, jossa on leuka- tai pääohjaus. Siirtymisiin tarvitaan aina vähintään yhden hengen apua ja henkilönostin on monesti käytössä. Ruokailu ja hygieniasta ylläpito onnistuu ainoastaan avustettuna.
- Täydellinen C5–C6-tason selkäydinvaurio: liikkuminen sisällä tapahtuu pääasiassa kelattavalla pyörätuolilla, edellyttäen oikeaa kelaustekniikkaa ja soveltuvaa pyörätuolia. Sähköpyörätuolin käyttö ulkona liikkumisessa on yleistä. Siirtymiseen samassa tasossa tarvitaan usein yhden hengen avustus. Siirtyminen samassa tasossa voi onnistua, jos yläraajojen voimatasot ovat riittävät. C6-tason vauriossa itsenäiseen siirtymiseen pyörätuolin istuimen tasolla on edellytykset. Eritasosiirtymiset eivät yleensä onnistu itsenäisesti vaan vaativat yhden hengen avustuksen. Ruokailu on itsenäistä sopivin apuvälinein, joskin apuvälineen käteen laittamiseen apu saattaa olla tarpeellista. Hygieniasta huolehtiminen on usein itsenäistä, mutta parranajoon ja hampaiden pesuun tarvitaan yksilöllinen pidike.
- Täydellinen C7–C8-tason selkäydinvaurio: liikkuminen onnistuu kelattavalla pyörätuolilla sekä sisällä että ulkona. Myös matalien reunojen ylittäminen sujuu omatoimisesti. Eritasosiirtymät sujuvat itsenäisesti ilman apuvälineitä, mahdollistaen siirtymisen esimerkiksi autoon, sänkyyn ja pesutiloihin. Ruokailu ja hygieniasta huolehtiminen hoituvat itsenäisesti ilman apuvälineitä.

- Vauriotason ollessa rintarangan tasolla tai sitä alempana alaraajat ovat halvaantuneet ja keskivartalon lihasten aktiivisuus on käänteisesti verrannollinen vauriotasoon. Liikkuminen pyörätuolilla itsenäisesti on mahdollista myös vaikeammassa ympäristössä. Mitä enemmän selkä- ja vatsalihaksissa on aktiivisuutta sekä voimaa, sitä vaikeammassa ympäristössä pyörätuolin hallinta on mahdollista. Vatsa- ja selkälihasten aktiivisuus määrittää myös sen, miten vaikeat siirtymiset onnistuvat. Matalammilla vauriotasoilla itsenäiset vaikeat siirtymiset, kuten lattialta pyörätuoliin, ovat mahdollisia. (Shulga & Vainionpää 2024: 316.)

Kipu on yleinen oire selkäydinvamman jälkeen ja noin kolmasosalla se vaikuttaa päivittäisiin toimintoihin ja arkielämään (Kipu selkäydinvamman jälkeen 2024). Selkäydinvamman yhteydessä esiintyy ainakin nosiseptiivistä, viskeraalista ja neuropaattista kipua. Nosiseptiivinen kipu johtuu nivelten ja lihasten rasituksesta sekä niiden tulehduksista ja sen lievittämiseen tarvitaan lepoa. Selkäydinvamma vaikuttaa myös virtsaelinten ja suolen toimintaan, joten muun muassa ummetuksesta ja virtsatiekivistä johtuva viskeraalinen kipu on yleistä. (Shulga & Vainionpää 2024: 301–311.)

Painehaavat ovat selkäydinvammaisilla henkilöillä merkittävä riski, ja niiden syntyyn vaikuttavat erityisesti ihoon kohdistuva paine, hankaus ja venyntyminen (Alaranta 2001). Pyörätuolilla liikkuminen ja siirtymiset aiheuttavat painetta käsiin ja ranteisiin, mikä voi johtaa painehaavojen muodostumiseen sekä neuropaattisiin kiputiloihin, kuten rannekanavaoireyhtymään. Koska selkäydinvamma aiheuttaa tuntohäiriöitä ja tunnottomuutta, on keskeistä tunnistaa tuntoaistin taso ja ennaltaehkäistä painehaavojen syntymistä tarkkailemalla ihoalueita säännöllisesti sekä vaihtamalla asentoa riittävän usein. (Shulga & Vainionpää 2024: 301–311.)

Ylipaino on selkäydinvammaisella henkilöllä hyvin yleinen ongelma ja jopa 40 %:lla selkäydinvammaisista esiintyy ylipainoa (Ungerer & Tang 2021: 283). Ylipainon riskiin vaikuttaa liikkumattomuuden ohella myös jopa puoleen pienentynyt päivittäinen energiankulutus (Saari & Määttänen 2024: 596). Pyörätuolilla toteutettu liikunta edistää toimintakykyä monin eri tavoin. Se parantaa pyörätuolin hallintaa arjessa, mikä vahvistaa oma-toimista liikkumista. Myös siirtymisiin tarvittava ylävartalon liikkuvuus paranee ja lihaskisto vahvistuu, minkä ansiosta urheilijan toimintakyky voi ylittää sen, mitä pelkän vammatason perusteella voisi olettaa. (Gollan & Wilson 2021: 124–129, 132–135; Ungerer & Tang 2021: 282–285; Saari & Määttänen 2024: 599.)

Vaikka intensiivinen harjoittelu altistaa lihaskivuille ja olkapäävammoille, liikkumattomuus on vielä haitallisempaa. Urheilun harrastaminen tapahtuu usein yhteisöissä, joissa saa vertaistukea harjoitteluun ja toimintamalleja arjessa selviytymiseen. Urheiluseuroissa harrastajilta usein myös edellytetään itsenäisyyttä ja omatoimisuutta. Kilpaurheilu ja yhteisöön kuuluminen tuovat parhaimmillaan elämään merkityksellisyyttä ja tavoitteellisuutta. Myös toisten selkäydinvammaisten henkilöiden tarinat ja toimintamallit voivat voimaannuttaa ja rohkaista kokeilemaan uusia asioita. (Ungerer & Tang 2021: 282–295.)

5 Kansainvälinen luokittelujärjestelmä

5.1 Luokittelujärjestelmä ja luokittelun arviointiprosessi

Paralympialuokittelu on urheilijoiden toiminnallisuuteen perustuva järjestelmä, jolla varmistetaan, että samaan luokkaan kuuluvilla urheilijoilla on samankaltaiset toiminnalliset kyvyt. Luokittelu määrittää, ketkä urheilijat voivat kilpailla tietyssä lajissa ja miten urheilijat ryhmitellään kilpailua varten. Luokittelujärjestelmä pyrkii varmistamaan, että urheilijoiden saavutukset mitataan urheilullisen suorituskyvyn, eikä toimintarajoitteiden, perusteella. (IPC Classification; Classification in Para Athletics 2023: 5.)

Urheilijoiden luokitus perustuu arviointiprosessiin, jossa tarkastellaan vamman vaikutusta urheilusuoritukseen. Arvioinnin tavoitteena on määrittää urheilijan urheiluluokka ja luokitusstatus. Arviointitilanne sisältää seuraavat vaiheet: dokumenttien tarkastus (lääketieteelliset ja muut asiakirjat), fyysisen arvioinnin (testit, jotka mittaavat toimintarajoitteen vaikutusta) ja urheilullisen arvioinnin (suoritukseen liittyvien taitojen ja kykyjen arviointi). Kilpailuhavainnot täydentävät arviointia. (Classification Rules and Regulations 2023: 21–23.)

Urheilijalle voidaan määrittää neljä erilaista luokitusstatusta. "Confirmed" (C) tarkoittaa lopullista luokkaa, jota ei tarvitse uudelleenarvioida ilman merkittävää toimintarajoitteen muutosta. "Review" (R) viittaa tarkistettavissa olevaan luokkaan, joka voidaan arvioida uudelleen tietyn ajanjakson tai muuttuneiden olosuhteiden perusteella. "New" (N) tarkoittaa uutta urheilijaa, jonka luokka vahvistetaan kilpailuhavainnoinnin jälkeen. Jos urheilijan toimintarajoite ei täytä sääntöjen vaatimuksia, hän saa "Not Eligible" (NE) -statuksen, joka estää osallistumisen kilpailuihin WPA:in sääntöjen alaisuudessa. (Classification Rules and Regulations 2023: 24–29.)

5.2 Kelausluokat T51-T54 ja luokittelun haasteet

Parayleisurheilussa kilpailijat luokitellaan vamma-ryhmittäin ja liikuntavammaisten osalta toimintakyvyn perusteella. Rata- ja hyppylajeissa käytetään merkintää T (track) ja kenttälajeissa F (field). Numerot kirjaimen perässä kuvaavat vamman vaikeusastetta – pienempi numero viittaa vaikeampaan vammaan. Taulukko 3 esittää T51-T54 kelausluokkien urheiluluokkaprofiilit (sport class profiles) arvioidun lihasvoiman ja neurologisen vammatason perusteella. Mikäli urheilijalla on toimintahaitta, joka ei suoraan vaikuta lihasvoimaan (esimerkiksi amputaatio tai liikerajoitus), luokittelijan on käytettävä harkintaa ja kokemusta sopivimman luokan määrittämiseksi. (Yleisurheilu; Classification Rules and Regulations 2023: 136, 139–140)

Taulukko 3. Fyysiset profiilit kelausluokista T51-T54. (Kootusti: Classification Rules and Regulations 2023: 139–140.)

Kelausluokka	Urheiluluokkaprofiilit (Sport class profiles)
T51	Kyynärpään koukistaja- ja ranteen ojentajalihasten lihasvoima asteikolla 5 (normaali lihasvoima). Olkapäiden-, ison rintalihaksen ja kyynärpään ojentajalihasten lihasvoima heikentynyt asteikolle 0–3. Ei yleensä lainkaan lihasvoimaa keskivartalossa.
	Vastaa urheilijaa, jolla täydellinen selkäydinvaurio neurologisella tasolla C5-C6.
T52	Olkapään-, kyynärpään- ja ranteenlihasten lihasvoima yleensä normaali. Sormien koukistaja- ja ojentajalihasten lihasvoima vaihtelee heikosta normaaliin ja käsien pienissä (intrinsic) lihaksissa surkastumista. Ei yleensä lainkaan lihasvoimaa keskivartalossa.
	Vastaa urheilijaa, jolla täydellinen selkäydinvaurio neurologisella tasolla C7–C8.
T53	Käsivarsien lihasvoima on normaali. Vatsalihasten ja alaselän lihasten aktiivisuus puuttuu.
	Vastaa urheilijaa, jolla täydellinen selkäydinvaurio neurologisella tasolla T1-7.
T54	Käsivarsien lihasvoima normaali. Keskivartalon lihasvoima vaihtelee osittaisesta keskivartalon hallinnasta normaaliin hallintaan. Urheilijoilla voi olla merkittävä alaraajojen lihasvoima.
	Vastaa urheilijaa, jolla täydellinen selkäydinvaurio neurologisella tasolla T8-S4.

T51-luokan urheilijat hyödyntävät kelaustyöntöön kyynärpään koukistajia ja ranteen ojentajalihaksia, näiden lihasten vahvan toiminnan takia. He istuvat kelaustuolissa pys-

tymässä asennossa, polvet koukussa lähellä leukaa, keskivartalon lihasvoiman puuttuessa. Lisäksi he käyttävät usein pienempiä kelauskehiä. T52-luokan urheilijat käyttävät olkapäähän, kyynärpäähän ja ranteen lihaksia, jotka toimivat normaalisti. He voivat hyödyntää samanlaisia hanskatekniikoita kuin seuraavien kelausluokkien urheilijat. (Classification Rules and Regulations 2023: 139–140.)

T53-luokan urheilijat kompensoivat kelauksessa vatsalihasten puutetta erilaisilla tekniikoilla, kuten kelaustuoliin vahvemmin vaakatasoon asettumalla. Kiihdytyksen aikana heidän vartalonsa nousee usein irti jaloista vatsalihasten riittämättömän alaspäin suuntaavan (tukevan) liikkeen vuoksi. He joutuvat yleensä keskeyttämään työntösyklin säätääkseen kaarreohjuria. T54-luokan urheilijoilla on kohtuullinen tai normaali keskivartalon voima ja hallinta, mikä mahdollistaa vartalon pitämisen alhaalla kelauksen aikana, kun työntövoima kohdistetaan kelauskehiin. He eivät yleensä joudu keskeyttämään työntösykliä säätääkseen kaarreohjuria. He pystyvät usein muuttamaan pyörätuolin suuntaa nousemalla pystyyn ja hyödyntämällä vartalon kiertoliikettä ohjauksessa. (Classification Rules and Regulations 2023: 139–140.)

Paraurheilun luokitteluun liittyy haasteita, kuten virheellinen tai epävakaa luokittelu. Intensiivisesti harjoitellut urheilija, jolla on vaikea vamma mutta parempi toiminnallinen kyky voi päätyä kilpailemaan vähemmän vammaisten kanssa. Toisaalta äskettäin vammautunut, kehittymässä oleva urheilija saatetaan luokitella hetkellisten kykyjensä perusteella, vaikka hänen suorituskyykynsä tulee ajan myötä muuttumaan merkittävästi parempaan. Osa urheilijoista saattaa tarkoituksella alisuoriutua luokitteluprosessin aikana saadakseen alemman luokituksen ja epäreilun kilpailuedun. Luokittelun osittainen subjektiivisuus asettaa suuria vaatimuksia luokittelijoille. (Bhambhani 2002: 25.)

6 Pyörätuolikelaus: lajin esittely, luonne ja erityisvaatimukset

6.1 Lajin esittely

6.1.1 Pyörätuolikelauksen historia ja levinneisyys

Pyörätuolin käyttäjät ovat kautta historian kilpailleet keskenään ja testanneet pyörätuoliansa maksiminopeuksia. Varsinaisena urheilulajina pyörätuolikelaus alkoi kuitenkin kehittyä toisen maailmansodan jälkeen Isossa-Britanniassa osana sodassa vammautuneiden sotilaiden kuntoutusta. Vuonna 1944 selkäydinvammapotilaiden kuntoutuksesta

vastannut Sir Ludwig Guttmann, joka työskenteli Stoke Mandevillen sairaalassa Aylesburyssa, otti pyörätuoliturheilun osaksi sotaveteraanien kuntoutusta. Tästä saivat alkunsa Stoke Mandeville Games for the Paralysed -kilpailut, jotka järjestettiin yhdeksännen kerran vuonna 1960, ja tuolloin ensimmäistä kertaa Rooman olympialaisten yhteydessä. (National Paralympic Heritage Trust; Cavallone ym. 2022.) Vaikka kilpailuja ei vielä tuolloin kutsuttu paralympialaisiksi, Rooman kilpailuja pidetään jälkikäteen tarkasteltuna ensimmäisinä virallisina paralympialaisina (Suomen Paralympiakomitea).

Vuoden 1960 Rooman kilpailuista lähtien paralympialaiset on järjestetty neljän vuoden välein, olympialaisten tavoin (Suomen Paralympiakomitea). Pyörätuolikelaus on ollut mukana paraurheilun kehityksessä alusta alkaen ja kuului jo Rooman kilpailujen lajiohjelmaan (Cavallone ym. 2022). Viralliseksi paralympialajiksi pyörätuolikelaus tunnustettiin Tokion vuoden 1964 paralympialaisissa (National Paralympic Heritage Trust). Tokiossa sekä miehet että naiset kilpailivat ainoastaan sprinttimatkoilla. Toronton vuoden 1976 paralympialaisissa lajivalikoimaa laajennettiin lisäämällä mukaan 200 m, 400 m, 800 m ja 1500 m kilpailumatkat. (Barrow; Cavallone ym. 2022.)

Aluksi kilpailut käytiin arjessa käytettävillä nelipyöräisillä pyörätuoleilla. Vuonna 1984 alkoi nykyisten kelaustuolimallien kehitys. Barcelonan vuoden 1992 kilpailuissa kaikki urheilijat kilpailivat ensimmäistä kertaa nykyisen mallisilla kolmipyöräisillä kelaustuoleilla, minkä jälkeen kehitys on jatkunut erityisesti materiaalien osalta. Nykyiset kelaustuolit valmistetaan mittatilaustyönä hiilikuidusta tai alumiinista. Pyörätuolikelauksen maailmanennätykset ovat kehittyneet merkittävästi vuosien aikana ja huomioitavaa on, että yli 400 metrin matkoilla pyörätuolikelaaajat ovat jopa juoksijoita nopeampia. (Barrow; Cavallone ym. 2022.)

6.1.2 Lähimenneisyydessä tapahtuneet muutokset lajissa

Paralympialaisurheilu on saanut yhä enemmän huomiota, ja osallistuvien maiden määrä on kasvanut räjähdysmäisesti. Ensimmäisissä kesäparalympialaisissa Roomassa vuonna 1960 mukana oli 23 maata, kun taas Lontoon 2012 kilpailuissa osallistujamaita oli jo 164. Rooman 1960 ja Soulin 1988 kisojen välillä kasvu oli lähes lineaarista, mutta sen jälkeen sekä maiden että urheilijoiden määrä lähes kolminkertaistui vuoteen 2012 mennessä. Pariisin 2024 paralympialaisissa osallistujamaita oli 170. (Aiemmat paralympialaiset; Perret 2015.)

Kiinnostuksen kasvu on kulkenut käsi kädessä suorituskyvyn tason huomattavan nousun kanssa viimeisten vuosikymmenten aikana. Kilpailutilanteessa urheilijoiden väliset

erot ovat todella pieniä, joten pienikin parannus urheilijan suorituksessa tai välineis- tössä voi määrittää mitalin värin. (Lewis 2018: 24; Perret 2015.) Pariisin paralympialai- sissa naisten 100 metrin T54-luokan finaalissa kolmen kärki mahtui 27 sekunnin sadas- osan sisään, kun taas miesten vastaavassa luokassa kolmen parhaan välinen ero oli vain 12 sadasosaa (IPC Historical Results Archive. 2025). Tämä tekee jokaisesta yksi- tyiskohdasta ratkaisevan tärkeän, korostaen harjoitusmenetelmien ja välineiden opti- moinnin merkitystä huipputason suorituskyvyn saavuttamisessa (Perret 2015).

Taulukossa 4 havainnollistetaan pyörätuolikelauksen 100 metrin kilpailumatkan tulos- kehitystä paralympialaisissa vuosien 2000 ja 2024 välillä. Tarkastelussa ovat mukana sekä naisten että miesten sarjat kelausluokista T54 ja T52. Taulukko kattaa seitsemät kesäparalympialaiset ja tarjoaa katsauksen suorituskyvyn kehitykseen huipputasolla kahden vuosikymmenen ajanjaksolta.

Taulukko 4. Pyörätuolikelausluokkien T54 ja T52 100 metrin voittotulokset paralympialaisissa vuosina 2000–2024. Ajat esitetty muodossa minuutit:sekunnit.sadasosat. (Koo- tusti: IPC Historical Results Archive. 2025.)

Vuosi	Naiset T54 (aika)	Miehet T54 (aika)	Naiset T52 (aika)	Miehet T52 (aika)
2000	0:16.59	0:14.46	0:23.16	0:17.82
2004	0:16.33	0:14.19	-	0:17.21
2008	0:16.15	0:13.81	0:19.97	0:17.47
2012	0:15.82	0:13.79	0:19.69	0:17.02
2016	0:16.00	0:13.90	0:19.42	0:17.17
2020	0:15.90	0:14.00	-	0:16.99
2024	0:15.50	0:13.74	-	0:16.70

100 metrin sprinttimatkalla on 2000-luvulla saavutettu selkeää tuloskehitystä sekä T54- että T52-luokissa. Naisten T54-luokassa voittoajat ovat parantuneet 1,09 sekuntia vuo- desta 2000. Naisten T52-luokassa kilpailuja ei ole järjestetty kaikissa paralympialai- sissa, mutta vuosien 2000–2016 perusteella havaitaan selkeä suunta kohti nopeampia voittoaikoja. Miesten sarjoissa kehitys on ollut yhtä lailla johdonmukaisesti laskevaa: T54-luokassa voittoaika on parantunut 0,72 sekuntia ja T52-luokassa 1,12 sekuntia vuoden 2000 jälkeen. Kaiken kaikkiaan 100 metrin pyörätuolikelaus on systemaattisesti nopeutunut kaikissa neljässä kelausluokassa. (IPC Historical Results Archive, 2025.)

Lähimenneisyydessä paraurheilun luokittelukäytännöissä on siirrytty entistä vahvemmin toimintakykyyn perustuvista järjestelmistä kohti näyttöön perustuvaa luokittelua. Varhaiset luokittelujärjestelmät perustuivat suoraan lääketieteelliseen diagnoosiin, ja urheilijat kilpailivat samassa luokassa kaikissa lajeissa vamman perusteella, vaikka diagnosoidun vamman vaikutus suorituskyykyyn saattoi vaihdella merkittävästi. Vuoteen 1992 mennessä nämä luokitusjärjestelmät korvattiin pitkälti toiminnallisilla luokitusmalleilla, joissa huomioidaan vammaisuuden vaikutus lajikohtaisesti. Viime vuosien kehitys on korostanut luokittelun yhdenmukaisuutta, luotettavuutta ja tieteellistä perustaa siirtymällä kohti näyttöön perustuvia käytäntöjä. (Connick, Beckman & Tweedy 2018: 391; Tweedy & Howe 2011: 19–22.)

Historiallisesti paraurheilijoiden harjoittelun painopiste on ollut sydän- ja verenkiertoelämien suorituskyvyn kehittämisessä. Kun voimaharjoittelu otettiin osaksi harjoitusohjelmia, urheilijat ja valmentajat vastustivat sen käyttöä, koska oli käsitys, että tällainen harjoittelu voisi olla haitallista urheilu suoritukselle. Kattavan tutkimustiedon myötä on kuitenkin tunnustettu, että voimaharjoittelu ei ainoastaan paranna suorituskyykyä monissa lajeissa, vaan sillä on myös tärkeä rooli vammojen ennaltaehkäisyssä. (Cardinale & Romer 2011: 158.)

6.1.3 World Para Athleticsin tunnustamat kilpailut ja kilpailusykli

World Para Athletics (WPA) jakaa kilpailut niiden mittakaavan, koon ja luonteen perusteella määrittääkseen kuhunkin kilpailuun sovellettavat vaatimukset. Tunnustetut kilpailutasot ovat:

- 1) Paralympialaiset
- 2) WPA-mestaruuskilpailut (kuten MM-kilpailut ja alueelliset mestaruuskilpailut)
- 3) WPA:n sanktioidut kilpailut (esimerkiksi Grand Prix -kilpailut ja maailmancupit)
- 4) WPA:n hyväksymät kilpailut: kansainväliset ja kansalliset paraurheilukilpailut sekä World Athleticsin tai kansallisten liittojen hyväksymät kilpailut.

Kilpailut noudattavat nelivuotista sykliä, jossa MM-kilpailut järjestetään ensimmäisenä ja kolmantena vuonna. Grand Prix -kilpailut ja maailmancupit järjestetään joka vuosi. Toisena ja neljäntenä vuonna vuorossa ovat alueelliset mestaruuskilpailut ja neljäs vuosi huipentuu Paralympialaisiin. WPA:n tunnustettujen kilpailujen tuloksia käytetään rankingien ja ennätysten määrittämisessä, Kansallisen Paralympiakomitean (National Paralympic Committee, NPC) karsintapaikkojen jakamisessa sekä karsintastandardien

täyttymisen todentamisessa, erityisesti Paralympialaisia varten. (Rules and Regulations 2024: 13–15.)

6.1.4 Lajin keskeiset kilpailusäännöt

Säännöt ja määräykset on laadittu tukemaan reilun kilpailun periaatteita paraurheilussa. Säännöt koskevat kaikkia World Para Athletics (WPA) -kilpailuja ja toimijoita, kuten urheilijoita, valmentajia, luokittelijoita ja järjestäjäelimiä. (Classification Rules and Regulations 2023: 5.) Säännöt tarkastetaan ja päivitetään säännöllisesti, erityisesti paralympialaisten jälkeen (Rules and Regulations 2024: 11). Taulukossa 5 on koottuna voimassa olevien sääntöjen mukaiset keskeiset ohjeistukset lähtöön, kilpailuun, maaliintuloon ja luokitteluun liittyen.

Taulukko 5. Pyörätuolikelauksen keskeiset kilpailusääntöjen mukaiset ohjeistukset. (Kootusti: Rules and Regulations 2024: 107-110, 114-115, 121; Classification Rules and Regulations 2023: 6-7, 19-21.)

Kilpailun osa-alue	Keskeiset sääntöjen mukaiset ohjeistukset
Lähtö	<p>Lähtö tapahtuu kolmivaiheisesti:</p> <ol style="list-style-type: none"> "On Your Marks" -komennolla urheilijan tulee asettua lähtöviivan taakse omalle radalleen. "Set"-komennolla hänen on siirryttävä lopulliseen lähtöasentoon siten, että pyörätuolin etupyörä pysyy lähtöviivan takana. Lähtöpistooli laukaistaan, kun kaikki ovat vakaasti paikallaan. <p>Komentojen välille ei ole asetettu tarkkaa aikarajaa. Kun urheilija on ottanut lopullisen lähtöasennon, hän ei saa aloittaa lähtöä ennen lähtölaukausta. Varaslähdön ottanut urheilija hylätään.</p>
Kilpailu	<p>Kilpailutilanteessa radalta poikkeaminen johtaa hylkäykseen, ellei tuomari katso, ettei sillä ollut vaikutusta kilpailun lopputulokseen tai muihin kilpailijoihin.</p>
Maaliintulo	<p>Urheilijan sijoitus määräytyy sen mukaan, milloin johtavan pyörän akselin keskipiste ylittää maaliviivan.</p>
Luokittelu	<p>Urheilijalta edellytetään aktiivista osallistumista luokitteluprosessiin sekä totuudenmukaisia tietoja terveydentilastaan ja toimintakyvystään.</p> <p>Luokittelu voidaan keskeyttää, jos urheilija ei pysty suorittamaan tarvittavia arviointitehtäviä, lääketieteelliset dokumentit puuttuvat tai ovat puutteellisia, tai urheilijan yhteistyö arviointitilanteessa on riittämätöntä.</p> <p>Mikäli luokittelu jää kesken, urheilija ei saa osallistua kilpailuun, ennen kuin luokittelu on saatu päätökseen.</p>

Kilpailusuorituksen aikana jokaisen urheilijan on käytettävä kypärää. Lisäksi urheilijan on varmistettava, ettei hänen kelaustuolinsa riko sääntöjen mukaisia mittoja eikä häiritse muita kilpailijoita. Kelaustuolin pituus, leveys ja renkaiden kokoonpano on ennalta määriteltä, jotta kilpailu olisi tasapuolinen. Jokaisen kelaustuolin tekninen tarkastus tehdään ennen kilpailua. Kelaustuolit eivät saa sisältää mitään, mikä voisi aiheuttaa vaaraa muille kilpailijoille ja tuolin rakenteen on sallittava suorituksen kannalta vaadittava vakaus. (Rules and Regulations 2024: 77, 95–98.)

6.2 Lajin luonne

6.2.1 100 metrin sprintti -kilpailusuorituksen rakenne

Pyörätuolikelauksen 100 metrin sprinttimatka jakautuu useaan vaiheeseen: lähtö (start), alkukiihdytysvaihe (Initial Acceleration Phase, IAP), maksiminopeusvaihe (Maximum Speed Phase, MSP) sekä loppuvaihe (Final Phase, FP) (Chow & Chae 2007: 2564–2566). Lähdössä urheilija siirtyy lähtöviivalle ja valmistautuu suoritukseen omalla radallaan. Lähtöasennossa pyörätuolin etupyörä pysyy lähtöviivan takana. Lähettäjä odottaa, kunnes kaikki urheilijat ovat vakaasti lähtöasennossa, ja laukaisee lähtöpistoolin. (Rules and Regulations 2024: 107–108.)

Alkukiihdytysvaihe kattaa ensimmäiset kymmenen metriä lähdön jälkeen ja eroaa merkittävästi seuraavista vaiheista työntönopeudessa ja -pituudessa sekä työntö- ja palautusajoissa, mutta ei työntötaajuudessa. Työntönopeus on alhaisempi, kun urheilija on vasta kiihdyttämässä vauhtiaan. Työntöjen pituus on lyhyempi ja kasvaa selvästi siirtäessä seuraaviin vaiheisiin. Työntöaika on pidempi alkukiihdytysvaiheessa, mitä muissa vaiheissa. (Chow & Chae 2007: 2564–2566.) Pyörätuolikelauksen sprinttien lähtönopeuden huippuarvo liittyy suoraan urheilijan vartalon taipumiseen ja ojennukseen (Moss & Fowler & Goosey-Tolfrey 2005). T54-luokan urheilijoiden keskivartalon tuottama liike on keskeinen tekijä heidän urheilusuorituksensa kannalta (Guo ym. 2023).

Alkukiihdytysvaiheen jälkeen urheilija kiihdyttää yhä vauhtiaan, kunnes saavutetaan maksiminopeusvaihe, jossa nimensä mukaisesti saavutetaan suorituksen maksimaalinen nopeus. Maksiminopeusvaiheen alkamiskohta vaihtelee urheilijoiden välillä. Paraplegiaurheilijat voivat parhaimmillaan saavuttaa maksimaalisen nopeuden jo 50 metrin kohdalla. (Chow & Chae 2007.) Kuitenkin osa urheilijoista saavuttaa maksiminopeuden vasta aivan viime metreillä (Loiseau & Marsan & Navarro & Watier & Landon 2022). Tetraplegiaurheilijoilla kiihdytys maksiminopeutta kohden saattaa kestää koko

kilpailusuorituksen ajan (Kawabata & Ibusaki & Mitsui & Kamijo & Tajima 2024; Barbosa & Coelho 2017).

Verrattuna 100 metrin pikajuoksijoihin, pyörätuolikelauksprinttereillä maksiminopeusvaiheessa saavutetut nopeudet ovat selvästi juoksijoita alhaisempia. Pyörätuolikelaaajat tarvitsevat pidemmän ajan ja matkan saavuttaakseen maksiminopeutensa, mikä johtuu osittain siitä, että pyörätuolikelauksuoritukseen osallistuu pienempi lihasmassa. Alempi maksiminopeus sekä sen saavuttamiseen kuluva pidempi aika selittävät, miksi 100 metrin pikajuoksijoiden ajat ovat huomattavasti pyörätuolikelaaajien aikoja nopeampia. (Chow & Chae 2007: 2566.)

Loppuvaihe sisältää kilpailun viimeiset kymmenen metriä ennen maaliviivan ylitystä (Chow & Chae 2007). Pyörätuolikelauksessa urheilijoiden sijoitus määräytyy sen mukaan, milloin etupyörän akselin keskipiste ylittää maaliviivan (Rules and Regulations 2024: 121). Loppuvaiheessa pyritään ylläpitämään saavutettu maksiminopeus, eikä nopeus enää muutu merkittävästi loppuvaiheen aikana (Chow & Chae 2007: 2566–2567). Tämä eroaa pikajuoksijoiden 100 metrin sprintin nopeuden hidastumisvaiheesta (viimeiset 10m), jossa nopeus väistämättä laskee fysiologisen väsymyksen takia (Jouste & Mero 2016: 399). Chow & Chae (2007) selittävät ilmiötä sillä, että maksiminopeus saavutetaan pyörätuolisprintissä huomattavasti myöhemmin, jolloin loppuvaiheessa on yksinkertaisesti vähemmän aikaa vauhdin hidastumiselle. (Chow & Chae 2007: 2566–2567).

6.2.2 Kilpailusuorituksen kesto ja palautusajat

Alla esitetään kilpailusuoritusten kestoja eri kelausluokissa (T51–T54), jotka havainnollistavat kelausluokan ja liikuntavamman vaikutusta suorituskykyyn. Taulukossa 6 näkyvät IPC:n vahvistamat maailmanennätysajat (WR), ennätysaika hallitsevan urheilijan kelausluokka, nimi ja kansalaisuus sekä ennätyksen päivämäärä ja paikka.

Taulukko 6. IPC:n vahvistamat pyörätuolikelauksen maailmanennätysajat kelausluokissa T51-T54. Maailmanennätysajat (WR) esitetty muodossa minuutit:sekunnit.sadasosat. (Kootusti: World Para Athletics World Records. 2025.)

Luokka	Naiset WR	Urheilija (maa)	Paikka ja päivämäärä	Miehet WR	Urheilija (maa)	Paikka ja päivämäärä
T51	0:24.69	Cassie Mitchell (USA)	Charlotte, 2.7.2016	0:19.13	Rober Habsch (BEL)	Dubai, 13.2.2024

T52	0:18.33	Tanja Henseler (SUI)	Nottwil, 27.5.2023	0:16.01	Maxime Carabin (BEL)	Sharja, 2.2.2025
T53	0:15.25	Catherine Debrunner (SUI)	Nottwil, 27.5.2023	0:14.10	Brent Lakatos (CAN)	Arbon, 27.5.2017
T54	0:15.35	Tatyana McFadden (USA)	Indianapolis, 5.6.2016	0:13.63	Leo-Pekka Tähti (FIN)	Lontoo, 1.9.2012
				0:13.63	Athiwat Paeng-Nuea (THA)	Pariisi, 15.7.2023

Pyörätuolikelauskilpailuissa järjestetään karsintakerrokset, mikäli kilpailijoiden määrä on liian suuri yhden finaalkierroksen toteuttamiseksi. Minimiajat, jotka on säädetty viimeisen erän ja seuraavan kierroksen tai finaalin ensimmäisen erän välille, ovat seuraavat: enintään 200 metrin matkoilla vähintään 45 minuuttia, 200–1000 metrin matkoilla vähintään 90 minuuttia, ja yli 1000 metrin matkoilla vähintään yksi vuorokausi (Rules and Regulations 2024: 127, 139).

6.3 Lajin erityisvaatimukset

6.3.1 Kilpailuvälineet

Lajissa kilpaillaan yksilöllisesti räätälöidyillä ja mittatilaustyönä tehdyillä kilpakelaustuoleilla, joiden vaatimukset on tarkasti määritelty IPC:n säännöissä (Rules and Regulations 2024: 95–98). Kelaustuolissa on oltava kaksi suurta takarengasta ja yksi pieni etupyörä, sekä toimivat jarrut. Mekaaniset vaihteistot ovat kiellettyjä. Urheilijan tulee pystyä ohjaamaan etupyörää käsin kaarreohjurin avulla. Kelaustuoliin ei saa lisätä aerodynamiikkaa parantavia peitteitä tai koteloiteja, eikä tuolissa saa olla osia, jotka voivat varastoida pyörätuolikelaajan tuottamaa energiaa. Urheilija saa käyttää urheilukeloa sykkeen ja nopeuden mittaamiseen suorituksen aikana, mutta kello ei saa lähettää eikä vastaanottaa mitään tietoa kilpailun aikana. (Rules and Regulations 2024: 95–98.)

Kilpakelaustuolin rungon mitat ovat tarkasti rajatut: edessä raja kulkee etupyörän keskiossa, takana pystysuunnassa takarengkaan taaimmaisessa kohdassa ja sivuilla kelauskehissä. Mikään rungon osa ei saa ylittää näitä rajoja. Kelaustuolin maavara saa olla enintään 50 senttimetriä. Painolle ei ole asetettu rajoituksia, mutta rungon materiaalin on oltava turvallinen, eli sen tulee olla riittävän stabiili ja jäykkä kilpasuoritusta varten. Kelaustuolin takapyörän suurin sallittu halkaisija, täytetyllä renkaalla, on 70 senttimetriä

ja etupyörän 50 senttimetriä. Takarenkaissa saa olla yksi pyöreä kelauskehä, joka sijaitsee yhdessä tasossa. T51- ja T52-luokissa, joissa urheilijoiden ranteen hallinta työn aikana on rajattua, kelauskehä voi olla kiinteä osa takapyörää. Kelaajan jalkojen on pysyttävä ilmassa koko suorituksen ajan, joten pyörätuolissa tulee olla jalkalauta. Vaihtoehtoisesti urheilija voi istua jalkojensa päällä, jolloin jalkalautaa ei tarvita. (Rules and Regulation 2024: 95–98.)

Voimantuottoa varten kelaajat käyttävät kelaushanskoja tai kelauskapuloita, jotka voidaan nykyään tehdä 3D-skannauksen ja -printtauksen avulla mittatilaustyönä (Covill & King & Townsend & Brickley & Drouet 2020). Kelauskapuloiden käyttö on yleistynyt viime vuosina. Kapulat saattavat olla erityisesti tasaisessa nopeudessa tehokkaammat välittämään voimia, sillä ne mahdollistavat paremman, iskumaisen, kontaktin kelauskehälle, minkä ansiosta syntyy vähemmän jarruttavaa voimaa. Tasaisessa nopeudessa kapulat mahdollistivat pidemmän kontaktin kelauskehälle, nopeamman työntötahdin sekä pienemmän impulssin, samalla kun huippuvoima ja -vääntö pysyvät yhtä suurina. (Rice & Dysterheft & Bleakney & Cooper 2015.) Lewis (2018:13) toteaa, että kelauskapuloiden tehokas käyttö saattaa vaatia riittävää ranteen hallintaa, mikä voi selittää, miksi T51-luokassa kelaushanskat ovat edelleen yleisemmin käytössä.

6.3.2 Kilpailuolosuhteet

Kilpailuolosuhteet vaikuttavat merkittävästi urheilijan suoritukseen ja turvallisuuteen. Sääolosuhteiden vaihtelut, kuten äkillinen sade tai tuulen voimakkuuden ja suunnan muutokset, voivat tilapäisesti tai pidempikestoisesti heikentää kilpailuolosuhteita. Turvallisuus on ensisijainen prioriteetti, ja se menee aina sääntöjen tiukan noudattamisen edelle. Sprinttimatkoilla, kuten 100 metrin kilpailuissa, tuulen nopeus mitataan kilpailusääntöjen mukaisesti 10 sekunnin ajan lähtöhetkestä alkaen. Ulkona tehdyistä, enintään 200 metrin suorituksista ilmoitetaan tuulen nopeus. Jos tuulennopeus ylittää 2 m/s kelauksen suunnassa, suoritusta ei hyväksytä ennätykseksi. (Rules and Regulations 2024: 36, 118–119, 136, 257.)

Kuumat olosuhteet haastavat urheilijan suorituskyvyn. Kilpailuolosuhteille altistumista suositellaan 2–6 päivää ennen kilpailua. Suoriutumisen optimoimiseksi on tärkeää edistää kehon täydellistä nesteytystä ehkäistäkseen nestehukan riskiä. Myös elektrolyytitasapainon ylläpito on tärkeää, sillä esimerkiksi natriumin puute voi heikentää lihasvoimaa ja aiheuttaa väsymystä. Kevyet, hikoilun haihtumista ja lämmönvaihtoa edistävät urheiluvaatteet tukevat kehon lämpötilan säätelyä. (de Mello ym.: 221.) Myös esijääh-

dytysmenetelmät, kuten jäähdytysliivit, jääkylvyt tai käsien upottaminen kylmään veteen, voivat alentaa kehon ydinlämpötilaa ja parantaa suorituskykyä kuumissa olosuhteissa. (Perret 2015.)

7 Pyörätuolikelauksen biomekaniikka, hermolihasjärjestelmän toiminta ja energiantuotto

7.1 Lajin biomekaniikka

Lajin biomekaanisen analyysin keskeinen perusteos on Vanlandewijckin & Theisenin & Dalyn (2001) katsausartikkeli, johon viitataan laajasti myöhemmissä tutkimuksissa ja joka toimii tämän biomekaanisen analyysin pohjana, vaikka se on yli 20 vuotta vanha. Tätä tietämystä täydennetään viimeisen 20 vuoden aikana julkaistujen tutkimusten avulla. Laajimman mahdollisen biomekaanisen kuvauksen saavuttamiseksi on perusteltua hyödyntää myös muiden pyörätuolilla kilpailtavien lajien tutkimustietoa.

Biomekaniikan tuntemuksen avulla voidaan määrittää tehokkain tapa eteenpäin suuntautuvan voimantuoton tuottamiseen, minimoida liikettä vastustavat voimat, optimoida harjoittelua, kehittää välineistöä lajin ja yksilöllisten tarpeiden mukaisesti sekä vähentää vammautumiseriskiä (Vanlandewijck ym. 2001). Lajisuorituksen aikana olkapään vammautumisen riski on merkittävä. Useissa tutkimuksissa on todettu, että kelaus ja erityisesti maksimaaliseen kiihdytykseen tarvittavan räjähtävä voimantuotto altistaa olkapääkivuille ja -vammoilta (Vanlandewijck ym. 2001; Taylor & Williams 1995; Briley & Wegter & Goosey-Tolfrey & Mason 2022).

7.1.1 Kinematiikka

Pyörätuolikelauksen kelaussykli jaetaan kahteen vaiheeseen: työntö- ja palautusvaiheeseen. Työntövaiheessa urheilija tuottaa voiman kelauskehälle. Kilpailun alussa tämä vaihe pitäisi olla kestoltaan ja voimantuotoltaan suurin, jotta kiihtyvyys olisi mahdollisimman suuri. Työntövaiheen kesto on noin 35 % koko kelaussyklistä. Loput 65 % syklistä kuuluu palautusvaiheeseen, jolloin urheilijan kädet ovat irti kelauskehältä. Kelaussyklin taajuus, eli kuinka monta kertaa se toistuu minuutin aikana, vaihtelee suuresti urheilijoiden välillä ja kilpailuvaiheen mukaisesti. Kiihdytysvaiheen jälkeen sykli vaihtelee 32–86 sykliä/minuutissa välillä urheilijakohtaisesti. (Forte & Barbosa & Marinho 2015; Vanlandewijck & Theisen & Daly 2001.)

Kelaussykli voidaan jakaa myös viiteen erilliseen vaiheeseen: tarttumis-, työntö-, irrotus-, nosto- ja venytys, sekä kiihdytysvaiheeseen. Tarttumisvaiheessa, nimestä huolimatta, urheilija ei tartu, vaan tuo kelauskapulan tai -hanskat kosketukseen kelauskehän kanssa. Jos kelauskehää kuvataan kellotaulun mukaisesti, niin tartuntakohta on yleensä kello yhden ja kahden välillä. Työntövaihe alkaa heti tarttumisvaiheen perään ja siinä käsi liikkuu kelauskehää pyörittäen tarttumakohdasta noin kello viiteen saakka. Työntövaihe tuottaa suurimman nopeutta lisäävän eli kiihdyttävän voiman. Irrotusvaiheessa kädet irtoavat yleensä noin kello kuuden kohdalla. Seuraavana tapahtuu kyynärnivelen fleksio ja käsivarsien nosto sagitaalitasossa, jota kutsutaan nosto- ja venytysvaiheeksi. Tämän vaiheen perään tulee vielä kiihdytysvaihe, joka loppuu siihen, kun kädet tuodaan takaisin kelauskehälle ja sykli alkaa alusta. (Forte & Barbosa & Marinho 2015; Vanlandewijckin & Theisen & Dalyn 2001.)

Chow & Chaen (2007) tutkimuksen mukaan suurin nopeuden kasvu tapahtuu kymmenen ensimmäisen työnnön aikana. Kiihtyvyyteen käytettyjen työntöjen määrä on käänteisesti verrannollinen maksiminopeuden saavuttamiseen tarvittavaan matkaan ja 100 metrin suoritusajaan. Maksiminopeus on myös keskimäärin suurempi kelaajilla, joiden nopeuden kiihtyvyys on suurin. Tutkimuksesta käy ilmi, että T54-luokan urheilijat saavuttavat maksiminopeuden nopeammin ja saavuttavat suuremman maksimaalisen nopeuden kuin T53-luokan urheilijat. Vaikka tutkimuksessa ei ollut mukana T51- eikä T52-kilpaluokan urheilijoita tutkimus osoittaa, että selkäytimen vauriotaso määrittää kelauksen kinematiikan (Chow & Chae 2007).

Ensimmäiset viisi työntöä ovat suorituksen kannalta hyvin merkittäviä ja myös erilaisia keskenään. Lajissa lähdetään liikkeelle paikaltaan, jolloin myös luonnollisesti takarenkkaat ja kelauskehät ovat paikallaan. Ensimmäisellä työnnöllä kelaajan on ylitettävä systeemin, eli kelaajan ja kelaustuolin, inertia. Tähän kelaaja voi hyödyntää vain lihasmassaa, joka sijaitsee käsissä ja keskivartalossa. Ensimmäisessä työnnössä kelaaja tarttuu kelauskehiin kyynärpäät hieman fleksiossa, nojaa kehollaan eteenpäin ja alkaa ojentaa kyynärvarsiaan räjähtävällä liikkeellä. Maksimaalinen fleksio saavutetaan juuri ennen käsien irrotusta kelauskehältä. (Moss & Fowler & Goosey-Tolfrey 2005; Chow & Chae 2007; Vanlandewijck ym. 2001.)

Tämän jälkeen keho alkaa suoristua ja kyynärvarret koukistuvat. Toisessa työnnössä kelauskehä on jo liikkeessä, joten kelaajan täytyy suhteuttaa käsiensä nopeus sen nopeuteen. Saavutetun nopeuden takia työntövaiheen pituus pienenee ensimmäisen kuuden työnnön aikana 0,62 sekunnista 0,21 sekuntiin. Samanaikaisesti lepovaiheen pi-

tuus kasvaa hieman 0,20 sekunnista 0,24 sekuntiin. Työntö muuttuu alun pitkästä työnnöstä suuremman impulssin aikaansaavaksi iskuksi. (Moss ym. 2005; Chow & Chae 2007; Vanlandewijck ym. 2001.) Edellä esitetty kinematiikan kuvaus on keskittynyt T54- ja T53-kilpaluokan urheilijoihin. Tästä syystä esitettävät kuvaukset eivät täysin vastaa kaikkien kilpaluokkien liikettä.

Näyttäisi siltä, että selkäydinvammataso ja käytössä oleva lihasmassa määrittää urheilijan kyvyn tuottaa liikettä. Lewis & Phillips & Robertson & Grimshaw & Portus (2018) vertasivat kahta naiskelaajaa T54- ja T53-luokista, ja heidän tutkimuksessaan oli selvästi havaittavissa eroja kelaussyklin laajuudessa. T53-luokan kelaaja irrottaa kädet kelauskehältä kello kuuden kohdalla (180°), kun taas T54-luokan kelaajalla kädet irtaavat vasta kello seitsemän (218°) jälkeen. T54-luokan urheilijan työntösyklin kesto oli vain 2/3 T53-luokan kelaajan ajasta, ja tämän seurauksena saavutettu nopeus oli suurempi: 28 km/h verrattuna 24 km/h. Vaikka tutkimuksessa oli mukana vain kaksi urheilijaa, antaa se suuntaa siitä, kuinka urheilija joutuu valitsemaan itselleen optimaalisen kinematiikan. (Lewis ym. 2018.)

7.1.2 Kinetiikka

Paikaltaan lähdön jälkeen ja nopeuden kasvaessa liikettä vastustavien voimien suuruus kasvaa. Jotta nopeuden kasvu saadaan ylläpidettyä, täytyy jokaisella työnnöllä tuottaa enemmän voimaa kuin edellisellä. Toisaalta urheilijalla on jokaiseen työntöön vähemmän aikaa, sillä kelauskehän nopeus kasvaa jokaisen työnnön aikana. Urheilijan työnnöt viisi ja kuusi alkavat muistuttamaan tasaisen nopeuden työntöjä, sillä urheilijan lihakset eivät enää pysty tuottamaan nopeuden kasvamiseen tarvittavaa voimaa. (Moss ym. 2005.) Tutkimuksen kohteena oli yksi mieskelaaja T54-luokasta, joten tuloksia ei voida yleistää kaikkiin urheilijoihin ja kilpaluokkiin. T51-luokasta tiedetään, että liike on kiihtyvää koko 100 metrin ajan, joten myös kinetiikan on erottava edellä esitetystä (Kawabata & Ibusaki & Mitsui & Kamijo & Tajima 2024).

Voimantuoton yhteyttä nopeuden tuottamiseen on tutkittu pyörätuolikoripalloilijoilla kolmella eri tavalla: pystypunnerrus (shoulder press), penkkiveto (prone bench pull) ja penkkipunnerrus (bench press). Hyvillä tuloksilla näissä testeissä oli selkeä positiivinen korrelaatio nopeuden ja kiihtyvyyden tuottamisen kanssa. (Loturco ym. 2020). Toisaalta Hoffmannin (1994) tutkimuksessa ei löydetty korrelaatiota käsivarsien voimantuoton ja sprinttiaikojen välillä. Tässä tutkimuksessa voimaa mitattiin sekä isokineettisena maksimina, että yhden suorituksen penkkipunnerrusmaksimina. Tästä voidaan päätellä, että

tekniikalla on suuri merkitys sprinttisuoritukseen eikä maksimaalinen voimantuotto yksinään takaa parasta mahdollista tulosta. (Hoffmann ym. 1994.)

Herää kuitenkin kysymys, että ovatko Hoffmannin ym. (1994) käyttämät mittausmenetelmät parhaat maksimaalisen voiman mittausmenetelmät kohderyhmälle. Connick & Vanlandewijck ym. (2018) pyrkivät kehittämään yhdistelmämenetelmän lihastestaukseen, jolla urheilijoiden kilpaluokitus voitaisiin määrittää ja huomasivat samalla selkeän korrelaation voimantuoton maksimin ja kilpasuorituksen keston välillä. Suurempi voimantuoton maksimi mahdollisti nopeamman kilpailusuorituksen (Connick & Vanlandewijck ym. 2018). Tätä tulosta vahvistaa pyörätuolirugbypelaajille tehty tutkimus, jossa maksimaalinen kiihtyvyys ja liikkeellelähönopeus korreloi vahvasti maksimaalisen yhden työnnön aikana tuotettuun voimaan. Mitä suurempi voima yhdellä työnnöllä kelauskehälle pystytään tuottamaan sitä nopeammin pyörätuolin nopeus kasvaa. (García-Fresnada ym. 2019)

Japanilainen tutkimusryhmä (Hikosaka & Kodachi & Yamato & Kawashima 2024) on kehittänyt mittausvälineistön, joka mahdollistaa vääntömomentin mittaamisen ja siihen vaikuttavien tekijöiden tarkastelun. Heidän tutkimuksensa vahvistaa optimaalisen asennon merkityksen voiman tuottamiseen ja osoittaa, miten vääntömomentti jakautuu kelauskehälle. Lisäksi se mahdollistaa vertailun takarenkaan eri camper-kulmilla. Tutkimuksessa suurin vääntömomentti syntyi kelauskehän kello neljän ja viiden välillä.

Nopeimpaan kilpailutulokseen, 100 metrin matkalla, päästään toteuttamalla kiihdytysvaihe mahdollisimman nopeasti. Saavutetun nopeuden ylläpitäminen on kevyempää kuin nopeuden kiihdyttäminen. Tämä tulee esiin erityisesti pitkillä matkoilla (yli 400 metriä), joissa pyörätuolikelaajat ovat juoksijoita nopeampia. Tasaisen nopeuden ylläpitäminen on myös vähemmän energiaa kuluttavaa. (Barrow; Forte & Barbosa & Marinho 2015.)

7.1.3 Liikettä vastustavat voimat

Lajissa lähdetään liikkeelle paikaltaan, joten ensimmäinen liikettä vastustava voima on kelaajan ja pyörätuolin muodostaman systeemin inertia. Inertia on suoraan verrannollinen massaun. Mitä suurempi massa systeemillä on, sitä suurempi voima tarvitaan systeemin nopeuden muutokseen eli kiihdytykseen. Liikkeelle lähdön jälkeen suurin vastustava voima on renkaiden ja radan pinnan välinen vierintävastus, jossa suurimpana vaikuttavana tekijänä on systeemin massa. (Silveira ym. 2022; Forte ym. 2015.)

Toisiksi merkittävin liikettä vastustava voima on ilmanvastus, jonka merkitys, suuruus ja suhteellinen osuus kasvaa nopeuden kasvaessa. Aerodynaamisella asennolla, vaateuksella ja kypärällä voidaan pienentää ilmanvastusta. Kelaajan aerodynaamisin asento on palautusvaiheen aikana, kun kädet ovat täysin ojennettuna. Pyörätuolikelauksessa suurin ilmanvastus muodostuu urheilijasta eikä kilpavälineestä. Istuma-asennon optimoinnilla voi olla mahdollista saavuttaa, jopa 10 % pienempi ilmanvastus. Ilmanvastus alkaa olla merkittävä, kun nopeus ylittää 5 m/s. Huippunopeuksissa sen suuruus on lähes 35 % kaikista liikettä vastustavista voimista. (Forte ym. 2015; Forte & Marinho & Morais & Morouço & Barbosa 2018.) Pyörätuolin sisäisestä kitkasta johtuva liikettä vastustava voima on hyvin pieni, jos pyörätuoli on hyvin huollettu ja laakerit on öljytty (van der Woude & Weeger & Dallmeijer 2000: 629).

7.1.4 Erot tetraplegia- ja paraplegiaurheilijoiden välillä

100 metrin sprinttiin käytetty aika on käänteisesti verrannollinen sen aikana saavutettuun maksimaaliseen nopeuteen – mitä nopeampi aika, sitä suurempi huippunopeus. (Kawabata ym. 2022, Chow & Chae 2007). Keskivartalon ja pään optimaaliset liikkeet mahdollistavat suurimman kiihdytyksen. Tetraplegialuokkien, T52 ja T51, urheilijat eivät pysty tuottamaan ollenkaan voimaa keskivartalon lihaksia käyttämällä, joten heidän kiihdytyksensä on huomattavasti hitaampi. Korkeamman asennon ylläpitäminen vaatii keskivartalon lihasten hallintaa ja siten T53-luokan urheilijoiden asento on huomattavasti matalampi ja siten aerodynaamisempi, mutta voimantuotto jää pienemmäksi. (Guo ym. 2023; Kawabata ym.2024; Lewis 2018: 49.)

Maksimaalisen voimantuoton mahdollisuudet määrittävät milloin maksimaalinen nopeus saavutetaan, tämän takia kilpaluokkien välillä on huomattavat erot. T54-luokassa maksimaalinen nopeus saavutetaan jopa ennen 50 metriä (Chow & Chae 2007) ja T51-luokassa urheilijoiden nopeus kasvaa koko suorituksen ajan ja maksimaalista nopeutta ei saavuteta 100 metrin aikana (Kawabata & Ibusaki & Mitsui & Kamijo & Tajima 2024).

Voimantuottoon ei ole olemassa yhtä optimaalista asentoa tai tapaa, se on aina kädenvääntöä voimantuoton potentiaalin ja vastustavien voimien suuruksien välillä. Nopeuden kasvaessa ilmanvastuksen suuruus kasvaa huomattavaksi ja on riippuvainen urheilijan asennosta. Aerodynaamisin asento pienentää urheilijan liikkeen vastaista kehon pinta-alaa enintään 3–4 %, ja siten suorituksen aikainen asentojen optimointi voi laskea ilmanvastusta 10 %. (Forte ym. 2018; Forte ym. 2015; Lewis 2018: 2, 43.)

T54-luokan miesurheilijoille aerodynaaminen asento ei ole välttämättä paras. Heille pystympi asento mahdollistaa hyödyn, koska asennon mahdollistama voimantuoton kasvu voi olla suurempi kuin ilmanvastuksen lisääntymisen aiheuttama vastustava-voima. Tätä vahvistaa Rion 2016 paralympialaisten tulokset: T54-luokassa ainoastaan naisten voitonmahdollisuus lisääntyi aerodynaamisella asennolla. Kuitenkin, mikäli urheilija kykenee säilyttämään voimantuottokykynsä ja samalla omaksuma matalan asennon, hänen voitonmahdollisuutensa kasvaa. (Lewis 2018: 2, 48–49; Lewis ym. 2017: 692)

Lewis (2018) peräänkuuluttaa penkin kulman säätämistä, joka voisi mahdollistaa samanaikaisesti paremman voimantuoton ja aerodynaamisemman asennon. Jokaiselle kelaajalle tehokkain asento siis määrittyy vastustavien ja tuotettujen voimien välisestä suhteesta. Aerodynaaminen asento on merkittävä suurissa nopeuksissa ja toisaalta vasta, kun pystymmän asennon mahdollistava voimantuoton kasvu on pienempi kuin siitä aiheutunut ilmanvastuksen kasvu. (Lewis ym. 2017: 693; Forte ym. 2018; Lewis 2018: 48–49.)

Vaikka korkean selkäydinvamman takia urheilija menettäisi vartalon ojentajien ja koukistajien hallinnan, myös tetraplegiaurheilijat pystyvät käyttämään vartalon liikkeen tuottamaa voimaa hyödyksi. Kawabata ym. (2024) mukaan vartalon ja pään liikkeiden ymmärtäminen olisi tärkeää myös tetraplegialuokissa. Kolmen T52-luokan kelaajan suoritusta testattiin kilpailuolosuhteissa ja -välineistöllä. Heidä pyydettiin kiihdyttämään maksimaalisesti ja heidän liikettään seurattiin 13 metrin ajan.

Tutkimuksen mukaan nopeus ja sen kasvu eivät ole tasaista, vaan se kasvoi aina työntövaiheen aikana ja pieneni palautusvaiheen aikana. Palautusvaiheen alussa vartalon liike jatkoi työnnöstä alkanutta nopeuden kasvua, mutta palautusvaiheen loppuvaihe, jonka aikana vartalo nousee pystymmäksi, hidasti vauhtia huomattavasti. Tehokas keskivartalon liikkeen hyödyntäminen mahdollistaa suuremman kiihtyvyyden ja sitä kautta myös loppunopeuden. Tutkijat epäilevät, että T52-luokassa räjähtävä työntövaihe siirtää voimaa vartalon ekstensioon ja siten mahdollistaa painonpisteen siirtymisen. (Kawabata ym. 2024.)

Asennon lisäksi kilpaluokkien välillä on myös eroa kinematiikassa ja kinetiikassa. Keskimäärin voidaan sanoa, että mitä korkeammalla selkäydinvamma on, sitä hitaampi työntötahti, pienempi voimantuottoalue, ajallisesti pidempi työntö ja pienempi huippuvoima. (Forte ym. 2018; Lewis ym. 2018.)

7.2 Lajissa kuormittuvat lihakset ja lihasryhmät

Tässä yhteydessä kuormittuvilla lihaksilla ja lihasryhmillä tarkoitetaan niitä, joihin kohdistuu jatkuvaa, voimakasta ja/tai poikkeavaa rasitusta joko pyörätuolikelauksen laji-suorituksessa tai arjen liikkumisessa. Yksityiskohtaisempi katsaus kelaukseen osallistuvista lihaksista ja niiden toiminnasta esitetään seuraavassa luvussa (luku 6.3). Alla olevassa taulukossa (taulukko 7) on koottu keskeiset pyörätuolikelauksessa kuormittuvat lihakset ja lihasryhmät sekä kuvaukset kuormituksen syistä.

Taulukko 7. Pyörätuolikelauksessa kuormittuvat lihasryhmät ja kuormituksen syy. (Kootusti: Biomechanics of Push-Rim Wheelchair Racing; Bernard & Codine & Minier 2004; Slowik & McNitt-Gray & Requejo & Mulroy & Neptune 2016.)

Kuormittuvat lihakset/lihasryhmät	Kuormituksen syy
m. deltoideus (hartialihäs), etuosa m. pectoralis major (iso rintalihäs) m. triceps brachii (ojentajalihäs) m. latissimus dorsi (leveä selkälihäs) Olkapään sisäkieräjät (dominantti puoli) Kynnärvarren lihakset	Toistuva lajinomainen liike.
m. supraspinatus (ylempi lapalihäs) m. deltoideus (hartialihäs), etuosa m. pectoralis major (iso rintalihäs)	Arjen kelausliike; jatkuvan rasituksen kohteena.

Pyörätuolikelaus lajina kuormittaa voimakkaasti etummaista hartialihasta, rintalihaksia, ojentajia, kynnärvarsien lihaksistoa ja leveää selkälihasta (Biomechanics of Push-Rim Wheelchair Racing). Bernard & Codine & Minier (2004) tutkivat selkäydinvauriotason vaikutusta olkapään rotaatiovoimaan pyörätuoliruheilijoilla verrattuna vammattomiin verrokkiryhmiin. He havaitsivat, että paraplegiaurheilijoilla sisäkiertovoimat olivat merkittävän suuria. Sisäkieräjien ja ulkokieräjien välinen voimasuhde oli paraplegiaurheilijoilla selvästi verrokkiryhmiä suurempi: dominantilla puolella keskimäärin 1,70 ja ei-dominantilla 1,50. Sen sijaan verrokkiryhmillä voimasuhteet olivat melko samanlaiset molemmilla puolilla ja vaihtelivat välillä 1,17–1,51. Vammatasolla ei havaittu vaikutusta sisäkieräjien voimantuottoon. (Bernard ym. 2004: 227.)

Slowikin & McNitt-Grayn & Requejon & Mulroyn & Neptunen (2016) tutkimuksessa tarkasteltiin, millaisia strategioita manuaalipyörätuolilla liikkuvat henkilöt käyttävät kompensoidakseen yläraajan yksittäisten lihasryhmien heikkoutta. Tutkimuksen mukaan lihasheikkoutta pyrittiin paikkaamaan lisäämällä synergististen lihasten voimantuottoa ja

vähentämällä antagonististen lihasten aktiivisuutta. Arjen kelausliikkeessä erityisesti kiertäjäkalvosimen lihakset – etupäässä ylempi lapalihas (m. supraspinatus) – sekä iso rintalihas (m. pectoralis major) joutuvat merkittävän rasituksen kohteeksi. Kun etummainen hartialihäs (m. deltoideus anterior) pyrkii kompensoimaan tätä kuormitusta, johtaa se siihen, että kiertäjäkalvosimen lihakset, etuolkapäät ja rintalihakset ovat kaikki jatkuvan kuormituksen alaisena.

7.3 Lihasktiivisuus

Lihasktiivisuutta voidaan kuvata elektromyografian (EMG) avulla. EMG mahdollistaa lihaksen aktiivisuuden mittaamisen reaaliajassa ja on tärkeä työkalu lihasten toiminnan, liikehallinnan ja hermo-lihasjärjestelmän tilan arvioinnissa. (Konrad 2005: 7). Seuraavassa on tarkasteltu lihasktiivisuutta sekä arjessa tapahtuvan pyörätuolilla liikkumisen että itse lajisuurituksen aikana.

7.3.1 Lihasktiivisuus arjessa

Vaikka urheilijat osallistuvat enemmän fyysiseen aktiivisuuteen viikoittain kuin ei-urheilvat, käyttävät he samoja strategioita päivittäisen pyörätuolin työntämiseen (Briley & Vegter & Tolfrey & Mason 2020). Seuraavat taulukot (taulukot 8 ja 9) esittävät pyörätuolikelauksen työntö- ja palautusvaiheiden lihasktiivisuudet sekä lihasten toiminnan tavallisella pyörätuolilla toteutetussa kelausliikkeessä. Taulukot perustuvat Mulroyn & Gronleyn & Newsamin & Perryn (1996) -tutkimukseen, jossa tarkasteltiin 17 paraplegikon lihasktiivisuutta kelaussyklin eri vaiheissa.

Taulukko 8. Työntövaiheessa aktivoituvat lihakset ja lihasten toiminta. (Mulroy ym. 1996: 189–192.)

Kelausvaihe	Lihasten toiminta	Aktivoituvat lihakset
Työntövaihe	Olkanelen fleksio	m. deltoideus (hartialihäs), etuosa m. pectoralis major (iso rintalihas), m. biceps brachii (hauslihas), pitkä pää
	Olkanelen ulkokierto	m. supraspinatus (ylempi lapalihas) m. infraspinatus (alempi lapalihas)
	Lapaluun protraktio	m. serratus anterior (etummainen sahalihäs)

Työntövaiheen lihasten aktivaatio keskittyy olkapään fleksioon, ulkokiertoon ja lapaluun protraktioon. Kaikki työntövaiheen lihakset aktivoituivat jo myöhäisessä palautusvai-

heessa hidastamaan käden taakse heilahdusta ja valmistelemaan kättä tulevaan kontaktiin kelauskehän kanssa. Ylemmän lapalihaksen havaittiin osallistuvan sekä ulko-kiertoon (työntövaihe) että abduktioon (palautusvaihe) osoittaen sen kyvyn mukautua molempiin liikemalleihin. Ylemmän lapalihaksen aktiivisuus oli suurimmillaan (67 % maksimitehosta) työntövaiheessa ja se säilyi aktiivisena pitkään (59 % koko kelaussyklistä). (Mulroy ym. 1996: 189–192.)

Taulukko 9. Palautusvaiheessa aktivoituvat lihakset ja lihasten toiminta. (Kootusti: Mulroy ym. 1996: 189–192.)

Kelausvaihe	Lihaksen rooli	Aktivoituvat lihakset
Palautusvaihe	Olkanelven ekstensio	m. deltoideus (hartialihäs), takaosa
	Olkanelven abduktio	m. deltoideus (hartialihäs), keskimmäinen osa m. supraspinatus (ylempi lapalihäs)
	Olkanelven sisäkierto	m. subscapularis (lavanaluslihas)
	Lapaluun retraktio	m. trapezius (epäkäslihas), keskiosa

Palautusvaiheen lihasten aktivaatio keskittyy olkapään ekstensioon, abduktioon, sisäkiertoon ja lapaluun retraktioon. Kaikkien palautusvaiheen lihasten EMG-aktiivisuus alkoi jo myöhäisessä työntövaiheessa, ja ne pysyivät aktiivisina yli puolet koko kelaussyklistä (56–68 % kelaussyklistä). Sekä hauis- että kolmipäinen ojentajalihas reagoivat kyynärniveleen kuormitusvaatimuksiin voimakkaammin kuin olkanelven vaatimuksiin. Leveä selkälihas (m. latissimus dorsi) ei osoittanut johdonmukaista aktiivisuuskuviota kelaussyklin aikana. (Mulroy ym. 1996: 189–192.)

7.3.2 Lihäsaktiivisuus harjoitus- ja kilpailutilanteessa

Vanlandewijck ym. (2001) katsausartikkelissa tarkasteltiin pyörätuolikelausta biomekaanisesta näkökulmasta. Lihäsaktiivisuuksien osalta katsaus pohjautuu Chown & Millikanin & Carltonin & Chaen & Morsen (2000) toteuttamaan tutkimukseen. Taulukko 10 kokoaa yhteen eri kelausvaiheissa aktivoituvat lihakset kyseisen katsauksen ja tutkimuksen pohjalta. Tarkasteluun on sisällytetty ainoastaan eliittiruheilijoiden data, joka on kerätty heidän omilla kilpapyörätuoleillaan joko juoksumatolla, pyörätuoliergometrillä tai radalla arvioiden.

Taulukko 10. Aktivoituvat lihakset eri kelausvaiheissa. (Kootusti: Vanlandewijk ym. 2001: 360; Chow ym. 2000: 603–605.)

Kelausvaihe	Aktivoituvat lihakset
Taakse heilautuksen (back swing) loppuvaihe	m. biceps brachii (hauslihas) m. deltoideus (hartialihäs), etuosa
Kiihdytysvaihe (acceleration phase)	m. pectoralis major (iso rintalihäs) m. biceps brachii (hauslihas) m. deltoideus (hartialihäs), etu-, keskimäinen osa m. extensor carpi radialis (ranteen värttinäluun puoleinen ojentajalihäs)
Tarttumisvaihe (impact energy transfer phase)	
Työntövaihe (drive phase)	m. triceps brachii (ojentajalihäs)
Rotaatiovoimantuottovaihe (rotation force production phase)	m. flexor carpi radialis (ranteen värttinäluun puoleinen koukistajalihäs)
Irrotusvaihe (release phase) ja taakse heilautuksen alkuvaihe	m. deltoideus (hartialihäs), keskimäinen ja takaosa m. trapezius (epäkäslihäs), yläosa

Kelaussyklin taakse heilautuksen (back swing) loppupuolella hauslihas ja hartialihäksen etu- ja keskimäinen osa saavuttivat huippuaktiiviteettinsä, hidastaen liikettä. Molemmat lihakset pysyivät aktiivisina pääliikkujina kiihdytysvaiheen (acceleration phase) aikana yhdessä ison rintalihäksen kanssa, valmistellen käden tarttumisvaihetta (impact energy transfer phase), eli kontaktia kelauskehään. Myös ranteen värttinäluunpuoleinen ojentajalihäs aktivoitui taakse heilautuksen lopussa ja kiihdytysvaiheen alussa valmistautuen käden kontaktiin. (Vanlandewijk ym. 2001: 358; Chow ym. 2000: 603-605.)

Ojentajalihäs saavutti huippuaktiiviteettinsä työntövaiheessa ilman antagonistilihästen osallistumista. Ranteen värttinäluunpuoleinen koukistajalihäs osallistui voimantuottoon työntövaiheen (drive phase) jatkumona. Sen huippuaktiiviteetti rekisteröitiin rotaatiovoimantuottovaiheessa (rotation force production phase) taakse heilautuksen alkuun asti. Hartialihäksen taka- ja keskimäinen osa sekä epäkäslihäksen yläosa saavuttivat huippuaktiivisuutensa irrotusvaiheessa (release phase) ja taakse heilautuksen alussa. (Vanlandewijk ym. 2001: 358; Chow ym. 2000: 603–605.)

Bhambhanin (2011) mukaan EMG-tutkimukset ovat osoittaneet lihästen rekrytoinnin eroavan merkittävästi tetra- ja paraplegikoiden välillä. Tetraplegikoilla ison rintalihäksen

aktiivisuus on pidempikestoista verrattuna paraplegikoihin, ja lavanaluslihas on voimakkaammin mukana työntövaiheessa. Lisäksi ranteen värttinäluunpuoleinen ojentajalihas (m. extensor carpi radialis) ja leveä selkälihas ovat aktiivisia molemmissa pyörätuolikelauksen vaiheissa, sekä para- että tetraplegikoilla. Lihakset, jotka ovat herkimpiä väsymiselle, ovat etu- ja keskimäinen hartialihhas, ylempi lapalihas sekä kaikki palautusvaiheessa aktivoituvat lihakset. (Bhambhani 2011: 58.)

7.3.3 Vartalon lihasaktiivisuus

Guon ym. (2023) tutkimuksessa tarkasteltiin vartalon liikkeen vaikutusta pyörätuolikelauksen etenemisnopeuteen analysoimalla vartalon liikelaaajuutta, maksimaalista kulmanopeutta sekä vartalon lihasten EMG-aktiivisuutta eri kelausnopeuksilla T54-luokan urheilijoilla. Tutkimuksessa tarkasteltiin neljää etenemisnopeutta: 5,55 m/s, 6,94 m/s, 8,33 m/s sekä urheilijan henkilökohtaista maksiminopeutta. Lihasktiivisuuden mittausta kohdistui suoriin vatsalihaksiin (m. rectus abdominis) ja syviin selkälihaksiin (m. erector spinae). Tulosten perusteella vartalon liikkeellä on suurempi vaikutus kelausnopeuteen kuin hartian, kyynärpäähän tai ranteen liikkeillä.

Lisäksi vartalon lihasten EMG-aktiivisuus muuttui kelausnopeuden mukaan. Urheilijoiden vartalon liikelaaajuus ja kulmanopeus kasvoivat asteittain kelausnopeuden kiihtyessä. Tämä viittaa siihen, että urheilijoilla, joilla on parempi vartalon voimantuotto ja liikelaaajuus, on etulyöntiasema erityisesti kilpailun alkuvaiheissa sekä kiihdytys- ja sprinttivaiheissa. Etu korostuu erityisesti lyhyillä matkoilla. Kun suorien vatsalihasten ja syvien selkälihasten aktiivisuutta verrattiin, havaittiin, että suorien vatsalihasten aktivaatio oli voimakkaasti yhteydessä työntönopeuteen kelausnopeuden eri vaiheissa, kun taas syvien selkälihasten yhteys työntönopeuteen oli heikompi. (Guo ym. 2023.)

Samansuuntaisia tuloksia on saatu Kumnerddeemin ym. (2018) tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin kansainvälisen tason T54-luokan urheilijoita. EMG-aktiivisuutta mitattiin suorien vatsalihasten, keskimäisen epäkäslihaksen, pitkän selkälihaksen (m. longissimus thoracis) sekä suolilykiluulihaksen (m. iliocostalis) osalta. Tutkimuksessa todettiin, että nopeammat pyörätuolikelaaajat käyttivät enemmän vatsalihaksiaan verrattuna hitaampiin kanssakilpailijoihin. Lisäksi havaittiin, että vartalon taipuminen alkukontaktissa kasvoi nopeuden kasvaessa, mutta tämä ilmiö esiintyi vain ensimmäisellä 100 metrillä tutkittaessa 400 metrin sprinttiä. Tämä viittaa siihen, että vatsalihasten toiminta on merkittävä kiihdytysvaiheessa, mutta vaikutus tasaisen nopeuden saavuttamisen myötä. Selän lihasten aktivaatio ei osoittanut vastaavaa yhteyttä etenemisnopeuteen. (Kumnerdde 2018: 81–82.)

7.4 Energiantuotto

Adenosiinitrifosfaattiin (ATP) sitoutunut vapaa energia on ainut energiamuoto, jota lihakudos pystyy hyödyntämään supistuakseen. Lihaksen omat ATP-varastot ovat hyvin pienet ja niitä käytetään vain hetkellisissä 2–3 sekunnin maksimaalisissa suorituksissa, jonka jälkeen niiden täyttäminen alkaa uudestaan. (Kauranen 2014: 182; Nummela 2016a: 129.)

Lihaksella on kolme pääreittiä, joilla ylläpitää ja uusia ATP:a lihaskudoksessa: fosfokreatiinivarastojen hyödyntäminen, anaerobinen glykolyysi sekä aerobinen hiilihydraattien ja rasvojen pilkkominen. ATP:a tuotetaan kuormituksen kaikissa vaiheissa kaikilla kyseisillä menetelmillä. Kuitenkin riippuen kuormituksen kestosta ja intensiteetistä, jakautuu päävastuu lihaksen energiatarpeesta eri suhteissa eri energiantuottojärjestelmille. Nopein tapa ATP:n uudelleenmuodostamiseksi on kreatiinifosfaatin (CP) hyödyntäminen. (Kauranen 2014: 182; Nummela 2016a: 129.)

Pyörätuolikelauksen kilpailumatkat vaihtelevat lyhyistä sprinteistä, kuten 100 metrin sprinttimatkasta, täysmittaiseen maratoniin asti. Kilpailusuorituksen energiantarve riippuu suorituksen kestosta ja intensiteetistä. Lyhyissä sprinteissä energia tuotetaan pääasiassa välittömien energianlähteiden, eli ATP:n ja kreatiinifosfaatin (CP) avulla, kun taas pidemmillä matkoilla anaerobinen glykolyysi ja aerobinen energiantuotto tulevat keskeisemmiksi. Mitä pidempi kilpailumatka, sitä suurempi osa energiasta tuotetaan aerobisesti hiilihydraateista ja lopulta rasvoista hapen avulla. (Bhambhani 2002: 26–27; Hutzler ym. 2011: 139.)

7.4.1 Anaerobinen energiantuotto

Anaerobinen energiantuotto viittaa alaktisissa (hapettomissa) olosuhteissa tapahtuvaan energiantuottoon. Tämä energiantuottotapa hallitsee lyhyissä, intensiivisissä suorituksissa, joissa energiantarve on moninkertainen (10–40-kertainen) lepoarvoihin nähden. Anaerobinen energiantuotto tapahtuu sekä välittömiä energialähteitä hyödyntämällä että anaerobisen glykolyysin kautta. (Nummela 2016a: 128–129).

100 metrin pyörätuolikelauksprintin energiantuotto perustuu pääasiassa välittömiin energianlähteisiin. Sprintterin anaerobinen teho ja kyky menestyä lajissa määräytyy sen perusteella, kuinka nopeasti hänen elimistönsä pystyy hyödyntämään ATP:n ja CP:n hajoamisesta syntyvää energiaa. (Hutzler ym. 139.) Lihaksensisäiset välittömät

energianlähteet ovat rajalliset ja hajoavat nopeasti korkean intensiteetin suorituksen alkuvaiheessa, riittäen vajaa 10 sekunnin maksimaaliseen suoritukseen. Pyörätuolurheilijoilla, joilla on korkeat ATP/CP-varastot lihaksissaan, on parhaimmat edellytykset menestyä lyhyillä sprinttimatkoilla. (Bhambhani 2002: 26.)

Kuormituksen kestäessä yli 10 sekuntia, ATP:n tuotanto siirtyy pääosin anaerobiseen glykolyysiin, jolloin hiilihydraatteja hajotetaan sekä veren glukoosista että lihaksen glykokeenivarastoista alaktisesti. Anaerobinen glykolyysi tuottaa nopeasti energiaa, mutta lisää myös vetyionien kertymistä elimistöön, mikä on yhdistetty lihasten väsymiseen ja kipuun kovassa kuormituksessa. (Kauranen 2014: 185–188; Hulmi 2024.) Anaerobinen glykolyysi toimii pääasiallisena energiantuottojärjestelmänä intensiivisissä ja suhteellisen pitkäkestoisissa urheilu suorituksissa, joiden kesto on 50–120 sekunnin välillä (Hutzler ym. 2011: 139). Esimerkiksi 200–400 metrin kelaussprintit (kesto noin 30–90 sekuntia) hyödyntävät sekä fosfokreatiinivarastoja että anaerobista glykolyysiä. (Bhambhani 2002: 26.)

7.4.2 100 metrin sprintti -kilpailusuorituksen energiantuotto

Kuten luvussa 5.2.2 Kilpailusuorituksen kesto ja palautusajat kerrottiin, 100 metrin pyörätuolikelauussprintti kestää urheilijan sukupuolesta ja kelausluokasta riippuen 13,5–25,0 sekuntia. Edellä käytetyissä lähteissä 100 metrin sprintin energiantuoton kerrotaan perustuvan pääosin välittömiin energianlähteisiin. Kuitenkin suorituksen keston kasvaessa jopa lähes kolminkertaiseksi välittömien energianlähteiden riittävyyteen nähden, energiantuotto siirtyy yhä enemmän anaerobisen glykolyysin puolelle.

Bhambhani (2002) toteaa katsausartikkelissaan, että lyhyissä kilpailuissa, kuten 100–200 metrin sprinteissä, energia saadaan pääasiassa välittömistä ja lyhytaikaisista energianlähteistä, joiden kapasiteetti on rajallinen, ja siksi suorituksen intensiteetti laskee kilpailun keston kasvaessa (Bhambhani 2002: 28). Vertailukohtana sadan metrin juoksusprintissä energiantuoton arvioidaan jakautuvan siten, että noin 50 % saadaan kreatiinifosfaatin ja 50 % anaerobisen glykolyysin kautta (Jouste & Mero 2016: 400).

7.4.3 Anaerobinen teho ja -kapasiteetti

Anaerobinen teho on suurin mahdollinen tehontuotto, joka saavutetaan välittömällä ja lyhytaikaisilla anaerobisilla energiantuottotavoilla. Anaerobinen kapasiteetti puolestaan kuvaa keskimääräistä tehoa, joka voidaan ylläpitää tietyllä ajanjaksolla anaerobisten energialähteiden avulla. (Green & Dawson 1993: 312; Bhambhani 2011: 51.)

Vammattomilla henkilöillä käytetään yleisimmin Wingaten anaerobista testiä anaerobisen tehon ja kapasiteetin mittaamiseen. Tämä 30 sekunnin testi suoritetaan joko jaloin poljettavalla pyörällä tai käsipyörällä. Vastus suhteutetaan henkilön painoon ja testin tavoitteena on suorittaa mahdollisimman monta pyöritystä 30 sekunnin aikana. Anaerobinen teho mitataan huipputehona viiden sekunnin jaksolla (yleensä ensimmäiset viisi sekuntia). Anaerobinen kapasiteetti mitataan keskimääräisenä tehona koko 30 sekunnin suorituksen aikana. Väsymisindeksi määritetään kaavalla: huipputeho - minimiteho / huipputeho.

Selkäydinvammaisilla henkilöillä Wingate-testiä on muokattu mittaamaan anaerobista tehoa ja kapasiteettia käyttämällä joko käsipyörää tai pyörätuoliergometriä. Kilpa-urheilijoiden kohdalla suositellaan käytettäväksi pyörätuoliergometriä, koska se vastaa paremmin lajivaatimuksia. (Bhambhani 2002: 28–29; Bhambhani 2011: 51–52.)

Selkäydinvammaisten yksilöiden huipputeho ja -kapasiteetti ovat käänteisesti verrannollisia vammatasoon: mitä alempana vamma on, sitä parempi anaerobinen kunto. Esimerkiksi matalan vammatason paraplegiaurheilijat (vaurio L4–S3 tasolla), voivat saavuttaa anaerobisen huipputehoarvon, joka on 3–4 kertaa suurempi kuin tetraplegiaurheilijoilla (vaurio C6-tason yläpuolella). Paraplegiapyörätuolieurheilijoilla, riippumatta vammatason korkeudesta, on huomattavasti korkeammat huipputeho- ja väsymisindeksit Wingate-testissä verrattuna ei kilpaileviin harrastajiin. Matalan vammatason paraplegiaurheilijat (vaurio T8-tasolla tai alempana), voivat jopa saavuttaa absoluuttisia ja suhteellisia anaerobisen tehon arvoja, jotka ovat verrattavissa vammattomiin henkilöihin. (Bhambhani 2011: 52.)

Pyörätuolieurheilijoiden anaerobisessa suorituskävyssä on havaittu merkittäviä sukupuolieroja. Miespyörätuolieurheilijoilla anaerobisen huipputehon ja keskimääräisen tehon sekä absoluuttiset että suhteelliset arvot ovat merkittävästi korkeammat kuin naisilla. Lisäksi naisilla on havaittu korkeampi nopeuden väsymisindeksi, mikä viittaa suurempaan tehontuoton laskuun testisuorituksen aikana. (Bhambhani 2002: 29; Bhambhani 2011: 52.)

7.4.4 Motoriset yksiköt ja lihassolujakauma

Motoristen yksiköiden rekrytointi, niiden jakauma sekä urheilijan lihassolujakauma vaikuttavat merkittävästi sekä energian- että voimantuottoon. Motoriset yksiköt luokitellaan alaryhmiin: 1) nopea ja väsyvä 2) nopea ja väsymystä sietävä sekä 3) hidas ja väsymystä hyvin sietävä. Yhden motorisen yksikön hermottamat lihassolut ovat aina samaa

tyyppejä. Lihassolutyyppejä ovat hidas (I) ja nopea (II). Nopealla on lisäksi kaksi alatyyppeä: IIA ja IIX. Nopeuslajien urheilijoilla on tyypillisesti enemmistö tyyppin II-lihassoluja. (Avela & Mero & Kyröläinen 2016: 98, 112.)

Selkäydinvammaisilla urheilijoilla näyttäisi olevan halvaantuneissa raajoissa enemmän nopeasti supistuvia (glykolyttisiä) motorisia yksiköitä ja vähemmän hitaasti supistuvia (oksidatiivisia) yksiköitä (Bhambhani 2002: 27). Jo pian vammautumisen jälkeen halvaantuneissa lihaksissa tapahtuu merkittävä muutos, jossa IIX-lihassäikeiden osuus kasvaa ja I-lihassäikeiden osuus pienenee. (Alharbi & Li & Womack & Farrow & Yarrar-Fisher 2023). Tetraplegikoilla kyseinen muutos on havaittu sekä nelipäisessä reisilihaksessa että hartialihaksissa johtuen neurologisen stimulaation puutteesta ja vamman aiheuttamasta istuvasta elämäntavasta. Tämän seurauksena harjoittavien lihasten aerobinen kapasiteetti heikkenee, mikä rajoittaa niiden kykyä osallistua kestävyyttä vaativiin tapahtumiin. (Bhambhani 2002: 27.)

Lyhyissä suorituksissa, kuten 100 ja 200 metrin sprinttimatkoilla, rekrytoituvat ensisijaisesti tyyppin IIX motoriset yksiköt, koska niillä on nopea supistumisnopeus ja korkea glykolyttinen kapasiteetti. Sprinttilajeissa menestyvillä paraurheilijoilla on yleensä korkea osuus tyyppin II lihassoluja, mikä johtuu sekä geneettisistä tekijöistä että harjoittelusta. (Bhambhani 2002: 28.)

8 Pyörätuolikelauksessa vaadittavat ominaisuudet

8.1 Lajin fyysiset vaatimukset: nopeus- ja voimaominaisuudet

8.1.1 Nopeus

Pyörätuolikelauksprintterillä nopeus on yksi tärkeimmistä fyysisistä ominaisuuksista. Kilpailun aikana urheilijan tavoitteena on saavuttaa mahdollisimman nopeasti maksiminopeus ja ylläpitää se koko kilpailtavan matkan ajan (Forte ym. 2015; Forte ym. 2018: 585). Maksiminopeuden saavuttaminen riippuu urheilijan voimantuottokapasiteetista, mikä ilmenee käytännössä siten, että T54-luokan urheilijat saavuttavat maksiminopeuden nopeammin kuin T51-luokan urheilijat (Chow & Chae 2007; Kawabata ym. 2024). Pyörätuolikelauksessa nopeuden ja taloudellisuuden kehittäminen edellyttää lihasvoiman ja lihasmassan vahvistamista (Biomechanics of Push-Rim Wheelchair racing. 2019).

Lajeissa, joissa suorituskyky määräytyy kiihtyvyyden, nopeuden ja ajan perusteella, nopeusmittaukset ovat suorituskyvyn analyysin perusta. Nopeusprofiilin avulla voidaan tunnistaa kehitysalueita, kuten epätasainen kiihtyvyys tai äkilliset nopeuden laskut, sekä määrittää suorituskyvyn kannalta olennaisia tekijöitä, kuten huippukiihtyvyys, työntötaajuuden tasaisuus sekä työntö- ja palautusajan suhde. Lisäksi voidaan arvioida muutosten toimivuutta, jos pyörätuolin parametreja, kuten ilmanvastuskerrointa, vierintävastuskerrointa tai massaa muutetaan. (Fuss 2012: 29, 41–42.) Tutkimustietoa pyörätuolikelaajien nopeusharjoittelusta on toistaiseksi saatavilla rajallisesti. Tästä syystä nopeuden ja kiihtyvyyden tarkastelu on lajianalyysissä keskittynyt luvussa 6.1 esitettyihin biomekaanisiin näkökulmiin.

8.1.2 Nopeusvoima -merkitys ja harjoittaminen

Nopeusvoima on tärkeää suorituksissa, joissa voimantuotolle on vain lyhyt aika, eikä maksimivoimaa ehditä saavuttaa. Maksimivoimasuorituksissa suurin voimantuotto saavutetaan 0,4–0,5 sekuntia lihasaktivaation jälkeen, kun taas tyypillisesti nopeusvoimasuorituksissa, suurin mahdollinen voimantuottoaika on vain 0,1–0,2 sekuntia. (Haff & Nimphius 2012). Luvussa 6.1.1. Kinematiikka eli liikkeen geometria todettiin, että keulaoluokassa T54 työntövaiheen pituus lyhenee ensimmäisen kuuden työnnön aikana 0,62 sekunnista 0,21 sekuntiin. (Moss ym. 2005: 19.)

Nopeusvoima on tasapaino maksimivoiman ja maksiminopeuden välillä, ja sen kehittyminen vaatii joko voimantuottonopeuden tai maksimivoiman (tai molempien) parantamista (Haff & Nimphius 2012). Selkädinvarmaisten urheilijoiden nopeusvoimaa voidaan kehittää plyometrisen harjoittelun avulla. Jotta harjoittelu tukee lajisuoritusta optimaalisesti, on ymmärrettävä lajin keskeiset voimantuottoalueet ja suunniteltava harjoitteet niiden mukaisesti. Myös kuorman valinnassa on oltava huolellinen. Koska plyometrisen harjoittelun tehokkuus perustuu urheilijan kykyyn tuottaa maksimaalinen teho ja suorittaa liikkeet mahdollisimman suurella nopeudella, on harjoitusohjelman oltava yksilöllisesti räätälöity vastaamaan urheilijan fyysisiä valmiuksia. (Hutzler ym. 2011: 144.)

Plyometrinen harjoittelu perustuu lihaksen venymis-lyhenemissykliin, jossa lihaksen esivenytys mahdollistaa suuremman voimantuoton verrattuna pelkkään konsentrisen lihastyöhön (Davies & Riemann & Manske 2015; Hulmi 2016). Vaikka plyometrinen harjoittelu on erityisen tärkeää nopeaa voimantuottoa vaativissa lajeissa, se altistaa tuki- ja liikuntaelimestön, varsinkin luuston, merkittäväälle kuormitukselle ja voi lisätä

sekä akuuttien että pitkäaikaisten rasitusvammojen riskiä. Siksi harjoittelun suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota progressiiviseen kuormituksen lisäämiseen. (Hulmi 2016; Hutzler ym. 2011: 140.)

Esimerkkejä plyometrisistä harjoitteista, osana selkäydinvammaisten urheilijoiden harjoittelua, ovat kahden käden pään yli tehtävät heitot, yhden käden heitot ja sivuheitot. Lisäksi urheilijat voivat pitää pallosta kiinni koko liikkeen ajan, kuten liikuttaessaan sitä vartalon etupuolella kahdeksikon muodossa tai tehdessään venäläisiä kiertoja (Russian twist), joissa pallo siirretään kehon kiertoliikkeellä yhden pyörän ulkopuolelta toisen pyörän ulkopuolelle. (Hutzler ym. 2011: 144.)

Ballistinen harjoittelu on toinen tehokas tapa kehittää selkäydinvammaisen urheilijan nopeusvoimatasoja, harjoittelun yhdistäessä maksimivoima ja nopeus ominaisuudet. Ballistisissa harjoitteissa liikkeet suoritetaan räjähtävästi, mutta hallitusti ja tasaisella rytmillä. (Hutzler ym. 2011: 145.) Harjoitteiden ydin on kehon tai liikuteltavan esineen saattaminen räjähtävästi maksimaaliseen kiihtyvyyteen. Kuormaa muokataan niin, että se tukee liikkeen nopeus- ja kiihtyvyysominaisuuksien kehittymistä. (Turner 2009: 23, 26.) Ballistinen harjoittelu kehittää hermostollisia tekijöitä, kuten motoristen yksiköiden rekrytointia ja syttymistiheyttä sekä lihasten sisäistä ja välistä koordinaatiota (Bompa & Buzzichelli 2015: 35).

8.1.3 Maksimivoima -merkitys ja harjoittaminen

Maksimivoiman alueeksi määritellään kuormat, jotka ovat 60–100 % maksimista. Maksimivoima jakautuu kolmeen osa-alueeseen: 1) perusvoimaan, joka ilmenee hypertrofisena ja kehittyy 60–69 % kuormilla maksimista, 2) hermostollis-hypertrofiseen voimaan, joka kehittyy 70–85 % kuormilla maksimista ja 3) hermostolliseen maksimivoimaan, joka kehittyy 90–100 % kuormilla maksimista. (Lundahl 2016: 418–420.)

Luvussa 6.1.2. Kinetiikka eli kehon liikkeiden aiheuttamat voimat tuotiin esiin Connickin ym. (2018) tutkimus, jossa havaittiin selkeä korrelaatio voimantuoton maksimin ja pyörätuolikelauksen suorituskyvyn välillä: suurempi voimantuoton maksimi mahdollisti sekä suuremman huippunopeuden 15 metrin matkalla (Top-Speed 0–15 m) että korkeamman absoluuttisen huippunopeuden (Top-Speed absolute). Tutkimus tukee käsitystä siitä, että maksimivoimalla on keskeinen merkitys pyörätuolikelaussprintterin suorituskyvylle.

Keskittyessä lihasmassan lisäämiseen, käytetään tyypillisesti 60–85 % kuormia maksimista ja sarjojen toistomäärät asettuvat 8–12 toiston välille. Tämänkaltaisessa hypertrofisessa maksimivoimaharjoittelussa myös sarjapalautukset pidetään suhteellisen lyhyinä. (Häkkinen & Ahtiainen 2017.) Cardinale & Romer (2011) toteavat, että raskaan voimaharjoittelun on havaittu parantavan pyörätuolurheilijoiden voimatasoja ja sprinttisuorituksia, kun harjoittelu on toteutettu viidellä työsarjalla ja 10–12 toistolla (Cardinale & Romer 2011: 162).

Myös Turbanski ja Schmidtbleicher (2010) tutkivat pyörätuolurheilijoiden vasteita voimaharjoitteluun. Pyörätuolurheilija- ja vammaaton kontrolliryhmä saavuttivat pääsääntöisesti samanlaista edistystä. Tulokset osoittivat, että selkäydinvammaiset urheilijat hyötyivät voimaharjoittelusta enemmän kuin aiemmin oli oletettu. Erityisesti raskaiden voimaharjoitteiden, kuten 80 % yhden toiston maksimista (1RM) intensiteetillä tehdyn harjoittelun merkitys korostui. (Turbanski & Schmidtbleicher 2010.) Vaikka hypertrofisen maksimivoiman kehittämiseen keskittyvä harjoittelu on todettu tehokkaaksi, se voi tilapäisesti heikentää kilpailusuoritusta, joten harjoittelun ajoitus on sovitettava kilpailukauden rytmitykseen (Biomechanics of Push-Rim Wheelchair Racing. 2019).

Turbanskin & Schmidtbleicherin (2010) tutkimustulokset antavat viitettä siitä, että hermostollista maksimivoimaa kehittävät harjoitukset (>90 % 1RM) voisivat parantaa merkittävästi pyörätuolurheilijoiden voima- ja suorituskykykymittareita. Tulosten valossa raskas voimaharjoittelu tulisi sisällyttää pyörätuolurheilijoiden harjoitusohjelmaan suorituskyvyn optimoimiseksi yksilölajeissa, kuten pyörätuolikelaus sprintissä. Lisäksi tulokset antavat viitettä siitä, että vammattomien urheilijoiden harjoitusohjelmista voidaan soveltaa elementtejä pyörätuolurheilijoille, kun yksilölliset erot ja erityistarpeet otetaan huomioon. (Turbanski & Schmidtbleicher 2010.)

8.1.4 Harjoitettavat lihakset ja lihasryhmät

Yläraajojen voimaharjoittelu on keskeistä selkäydinvammaisille urheilijoille, sillä se tukee itsenäisyyttä ja parantaa elämänlaatua tarjoten samalla selkeän suorituskykyedun pyörätuolurheilussa. Lihasvoima ei ole pelkästään suorituskyvyn perusta, vaan myös keskeinen tekijä vammojen ennaltaehkäisyssä. (Cardinale & Romer 2011: 156, 162.) Ylävartalon voimantuoton lisäksi T54-luokan urheilijoilla keskivartalon liikkeet ovat pyörätuolin kiihdytyksen ja maksiminopeuden ylläpidon kannalta ratkaisevia. Kyseisen luokan urheilijoilla vartalon liikkeet vaikuttavat pyörätuolin etenemisnopeuteen jopa enemmän kuin käsien liikkeet. Erityisesti suoran vatsalihaksen (m. rectus abdominis) akti-

vaatio on voimakkaasti yhteydessä pyörätuolin kasvavaan nopeuteen. Harjoitusohjelmiin tulisi sisällyttää keskivartalon lihasten, erityisesti koukistus- ja ojennuslihasten, vahvistamista kilpailusuorituksen parantamiseksi. (Guo ym. 2023.)

Selkäydinvammautuneille erityisinä tavoitteina pidetään istumatasapainon hallinnan kehittämistä (Pasternack & Fogelholm & Koskinen 2018: 41). Istumatasapainon harjoittaminen on keskeistä myös voimaharjoittelun näkökulmasta. Rintarangan selkäydinvammoista johtuva syvien selkälihasten tuen menetys johtaa siihen, että henkilöt käyttävät muita lihaksia, jotka eivät ole varsinaisia asennonhallinnan lihaksia, istuma-asennon tasapainon ylläpitämiseksi. Mitä korkeampi vammataso on, sitä monimutkaisempia strategioita tarvitaan istumatasapainon hallintaan ja palauttamiseen. (Cardinale & Romer 2011: 162.)

Morse & Bleakney (2021) korostavat, että keskivartalon ja leveän selkälihaksen voima on keskeisessä asemassa kaikissa kelausluokissa. Taulukossa 11 on esitetty harjoitteita tukemaan kelausasentoa. Kelaustuolin kelausasennon poiketessa merkittävästi arkipyörätuolin kelausasennosta, on harjoitella pyritty tuomaan esille, mitä kaikkea asennon hallinnassa tulisi huomioida.

Taulukko 11. Kelausasentoa tukevia harjoitteita (Kootusti: Morse & Bleakney 2021).

Harjoitus	Harjoituksen tavoite
Lantion kallistukset (Pelvic Tilts)	Vahvistavat alaselkää.
Rutistukset (Crunches)	Kehittävät keskivartalon tukea erityisesti sprinteissä.
Ylätaljavedot (Lat Pulldown)	Tukevat olkanivelen vakautta ja mahdollistavat paremman kontaktin kelaustuoliin.
Hauiskäännöt (Biceps Curls)	Vahvistavat olkanivelen, kyynärpään, ranteen ja käden muodostamaa kineettistä ketjua.
Istuallaan tehtävät vartalon kierrot kuntopallolla (Seated Medicine Ball Trunk Twists)	Vahvistavat vinoja vatsalihaksia (m. obliquus externus/internus abdominis). Parantavat kelaustuolin hallintaa ja tukevat ohjaamista.
Istuallaan tehtävät kuntopallon heitot maahan (Seated Medicine Ball Slams)	Harjoittavat ojentajalihaksia ja etuolkapäitä.

Voimaharjoittelussa tulee huomioida sekä suorituskyvyn kehittäminen että vammojen ennaltaehkäisy. Pyörätuolirheilijat ovat alttiita yläraajojen rasitusvammoille, joten harjoitusohjelman tulee tukea lajispesifiä työntöliikettä sekä samalla vahvistaa olkapään, kyynärpään ja ranteen nivelten toimintaa. Erityistä huomiota tulee kiinnittää selän lihaksiin (esim. epäkäs- ja suunnikaslihaksen) sekä takaolkapäihin olkapään rasitusvammojen ehkäisemiseksi. (Cardinale & Romer 2011: 162.) Pyörätuolikelauksen on havaittu

kehittävän erityisesti dominantin puolen sisäkiertäjiä, mikä korostaa lihastasapainon ja liikkuvuuden tärkeyttä vammojen ehkäisyssä. Harjoitusohjelmat on mukautettava hallitsemaan erityisesti dominantin puolen vammoja ja ylirasitusta. (Bernard ym. 2004: 227.)

Kuten luvussa 6.1.1 on kerrottu, kelaussykli voidaan jakaa viiteen erilliseen vaiheeseen: tarttumis-, työntö-, irrotus-, nosto- ja venytys, sekä kiihdytysvaiheeseen. (Forte ym. 2015; Vanlandewijck ym. 2001.) Kyseisen jaon mukaisesti Morse & Bleakney (2021) ovat koonneet yleisesti hyväksi todettuja voimaharjoitteluliikkeitä, vastaamaan kunkin kelausvaiheen voimantuotollisiin vaateisiin. Liikkeet ja niiden harjoittamat lihakset on koottu taulukkoon 12.

Taulukko 12. Eri kelausvaiheisiin kohdenetut voimaharjoitteet sekä niiden tavoitteet. (Kootusti: Morse & Bleakney 2021.) DB= Dumbell, Käsipaino.

Kelausvaihe	Harjoite	Tavoite
Kiihtyvyy- ja työntövaihe	Kapea penkkipunnerrus käsipainoilla (Supine Narrow Grip DB Bench Press)	Vahvistaa hartialihaksen etuosaa ja ojentajalihaksia.
	Dipit (Dips) Istuvat dipit (Seated Dips)	Kehittää ylävartalon työntövoimaa.
	Käsipainopunnerrus ojentajille (Supine DB Triceps Extensions)	Ojentajalihaksen eristäminen, tukee työntövaihetta.
Irrotusvaihe	Soutu käsipainoilla (Prone DB Rowing)	Vahvistaa epäkäslihaksen keski- ja yläosaa.
Nosto- ja venytysvaihe	Sivunostot käsipainoilla (Prone Side Flyers, thumbs up or down) Y-nostot käsipainoilla (Prone Y DB Lift) Superman-nostot käsipainoilla (Superman Lifts)	Vahvistavat epäkäslihaksen keski- ja yläosaa, hartialihaksen takaosaa.

Lisäksi harjoitettavaksi lihasryhmäksi tukemaan lavan hallintaa koko kelaussyklin ajan suositellaan olkanivelen kiertyjäkalvosimen harjoitteita, varsinkin ulkorotaatioon keskitettyjä harjoitteita. (Morse & Bleakney 2021.)

8.1.5 Voimaharjoittelussa huomioitavaa

Selkäydinvammaisten urheilijoiden kohdalla harjoittelun suunnittelussa on olennaista huomioida vamman taso, selkäydinvaurion täydellisyys ja sen aiheuttamat toiminnalliset ja fysiologiset seuraukset. (Cardinale & Romer 2011: 156, 162.) Pyörätuolikelaaajien yläraajat kuormittuvat sekä lajiharjoittelussa että arjessa, joten lajispesifin liikkuvuuden,

riittävän palautumisen ja nivelten kuormituksen hallinta ovat keskeisiä tekijöitä vammojen ennaltaehkäisyssä ja suorituskyvyn optimoimisessa (Biomechanics of Push-Rim Wheelchair Racing. 2019).

Koska pyörätuolikelajaajat ovat riippuvaisia yläraajojensa voimasta koko elämänsä ajan, on voimaharjoittelun oltava huolellisesti suunniteltua ja progressiivista. Voiman tulee antaa kehittyä urheilijan omaan tahtiin ilman tarpeetonta kiirehtimistä, erityisesti junioriurheilijoilla. Räjähävät voimaharjoitteet voidaan ottaa mukaan vasta, kun perusvoima on kehittynyt riittävästi. (Morse & Bleakney 2021.)

Cardinalen ja Romerin (2011) mukaan selkäydinvammaisen urheilijan harjoittelussa tulee huomioida seuraavat tekijät:

- Motorisen kontrollin ja hermolihasjärjestelmän arviointi on tärkeää ennen harjoittelun aloittamista, sillä lihasaktivaatiossa on merkittäviä yksilöllisiä eroja vauriotason ja täydellisyyden mukaan. Spastisuus ja lihaskouristukset voivat vaikuttaa motoriseen kontrolliin.
- Vartalon hallinnan arviointi on keskeistä erityisesti suunniteltaessa pään ylläpuolisia nostoja. Selkäydinvamma voi heikentää vartalon hallintaa, jolloin urheilija kompensoi ryhtiä ylläpitävien lihasten toimintaa muilla lihaksilla. Keskivartalon voimaa voidaan kehittää eri liikesuunnissa tukemaan istumatasapainoa.
- Tukivälineiden, kuten hihnojen ja selkänöjan, käyttö on suositeltavaa erityisesti raskaiden nostojen yhteydessä, jotta liikkeet pysyvät hallittuina ja turvallisina. Riittävä tila ja oikeat avustustekniikat ovat tärkeitä loukkaantumisten välttämiseksi.
- Lämpötilan hallinta on huomioitava, sillä monella selkäydinvammaisella on heikentynyt lämmönsäätelykyky. Harjoittelu liian kuumissa tai kylmissä olosuhteissa voi vaikuttaa suorituskykyyn.
- Hengityslihasten mahdolliset toiminnan rajoitteet tulee ottaa huomioon. Osa ylävartalon lihaksista osallistuu myös ilmanvaihtoon liittymättömiin tehtäviin raskuuden aikana. Kohdennettu hengityslihasharjoittelu voi edistää suorituskykyä, mutta optimaalisia harjoitusohjelmia selkäydinvammaisille yksilöille ei ole vielä määritetty. (Cardinale & Romer 2011: 162–163, 164, 166.)

8.2 Lajin fyysiset vaatimukset: liikkuvuusominaisuudet

Liikkuvuus ja joustavuus ovat keskeisiä tekijöitä pyörätuolieurheilijoiden optimaalisen keulauksen saavuttamisessa. Erityisesti hartoiden ja keskivartalon alueen liikkuvuus on

tärkeää. (Para-athletics explained: Wheelchair racing 2016.) Selkäydinvammaisten urheilijoiden pääasiallinen liikkumistapa, pyörätuolin työntäminen, altistaa epätasapainoiselle lihasvoiman jakautumiselle erityisesti työskentelevien nivelten alueella. Esimerkiksi olkapäät voivat olla adduktoituneet ja sisäänpäin kiertyneet ison rintalihaksen ylikorostuneen toiminnan vuoksi. Harjoittelussa on otettava nämä tekijät huomioon.

(Para-athletics explained: Wheelchair racing 2016; Hutzler ym. 2011:143.)

Kelaussyklin aikana pyörätuoliturheilijat käyttävät lonkan sekä lanne- ja rintarangan alueita vahvassa fleksiossa. Iskun pituuden ja tuotettavan voiman maksimoimiseksi urheilijat ojentavat olkapäät, jolloin kyynärpäät liikkuvat taaksepäin kylkilinjan ohi. Tämän jälkeen kädet heilautetaan eteenpäin samalla, kun lapaluut kiertyvät ylöspäin ja lopulta työnnetään voimakkaalla ojentajaliikkeellä alas- ja taaksepäin vauhdittaakseen kelaustuolia eteenpäin. Kyynärpään liikkeessä vartalon taakse, olkapää siirtyy eteenpäin olkaluun pään liukuessa anteriorisesti. Ajan myötä, ilman asianmukaista hoitoa, tämä voi johtaa olkanivelen etuosan ärsyyntymiseen. Kelaussyklin työntöliikkeen ollessa tekniisesti väistämätön, ison rintalihaksen pehmytkudosten käsittely ja kiertäjäkalvosimen vahvistaminen voivat auttaa lievittämään oireita ja vähentämään pitkän aikavälin riskejä. Venyttely ja pehmytkudoskäsittely liikkuvuusrajoitusten lievittämiseksi ovat tärkeitä vammojen ennaltaehkäisyssä. (Biomechanics of Push-Rim Wheelchair racing. 2019.)

8.3 Lajin fyysiset vaatimukset: kestävyysominaisuudet

8.3.1 Anaerobinen harjoittelu

Paraurheilijoiden anaerobisessa harjoittelussa saatetaan tarvita mukautuksia erityisesti harjoitusajan ja intensiteetin progressiossa. Harjoittelun mukautuksia määrittävät urheilijan fyysiset ja fysiologiset ominaisuudet sekä yksilölliset tekijät, kuten urheilijan lähtötaso. (Hutzler ym. 2011: 143.)

T6-tason alapuolisissa vaurioissa harjoitteluun mukauttaminen tarkoittaa käytännössä sitä, että harjoittelussa huomioidaan, että käytössä on vain ylävartalon lihaksisto. Rajallinen lihasmassa vaikuttaa siihen, kuinka hyvin yksilö pystyy varastoimaan energiaa ja käsittelemään anaerobisen aineenvaihdunnan sivutuotteita, kuten laktaattia. (Hutzler ym. 2011: 143.) Veren laktaattipitoisuudet korreloivat todennäköisesti lihasmassan aktiivisuuden kanssa. Pienempää lihasmassaa aktivoitaessa paikallinen ääreishermoston väsymys voi olla pääasiallinen syy suorituksen keskeytymiseen, jo ennen kuin veren laktaattipitoisuudet ehtivät nousta. (Knechtle ym. 2003: 185.) Myös Hutzler ym. (2011)

toteavat, että korkean intensiteetin lyhyet testit voivat aiheuttaa paraplegiaurheilijoilla paikallista lihasväsymystä ja johtaa suorituksen loppumiseen ennen merkittävää laktaattitasojen nousua. Tämän takia harjoittelun tulisi painottua vahvemmin lihasvoiman ja lihaskestävyyden kehittämiseen sydän- ja verenkiertoelimistön kestävyiden sijaan.

T6-tason yläpuoliset selkäydinvammat vaativat merkittävästi suurempia muutoksia harjoittelumenetelmiin, koska vaurio vaikuttaa lihasten toimintakyvyn ohella myös sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaan. Tämän seurauksena maksimisyke jää useimmilla urheilijoilla 120–130 lyöntiin minuutissa, mikä tarkoittaa, ettei harjoittelun intensiteettiä voida nostaa tietyn tason yli. Intervalli- ja sprinttiharjoittelussa sympaattisen hermoston toiminnanhäiriö ilmenee siten, että harjoittelun intensiteetti on matalampi ja veren laktaattipitoisuuden sekä sykkeen nousu tapahtuvat tavanomaista hitaammin. Verrattuna vammattomiin urheilijoihin, sprinttiharjoittelu ei tuota yhtä korkeita laktaattitasoja eikä sykkeen nousua. (Hutzler ym. 2011: 143–144.)

Selkäydinvammaisten urheilijoiden alhaisempia veren laktaattitasoja kuormituksessa tukevat myös Huippu-urheiluinstituutin (KIHU) toteuttamien laktaattitestien tulokset sekä selkäydinvammaisille että vammattomille urheilijoille. Testien mukaan 400 metrin kelauksen jälkeen, kelausluokasta riippuen, pyörätuolikelausurheilijoiden laktaattipitoisuudet olivat 13–20 mmol/l, kun vammattomilla miesjuoksijoilla vastaavissa juoksutes-teissä arvot ovat tyypillisesti 23–27 mmol/l, ja joillakin on mitattu jopa yli 30 mmol/l.

Korkeissa selkäydinvammoissa korkeaintensiteettiset harjoitukset ovat tehokkaampia anaerobisen kunnon kehittämiseksi. Paras vaihtoehto on yhdistää pidempikestoiset, korkeamman intensiteetin harjoitukset lyhytkestoisiin sprinttiharjoituksiin siten, että harjoituksen alkuvaiheessa tehdään pidempiä vetoja ja sprinttimatkaa lyhennetään asteittain. Pidempi intervalliharjoitus alussa nostaa laktaattitasot lihaksissa ilman täydellistä palautumista, ja lyhyemmät sprinttiharjoitukset ylläpitävät korkeita laktaattitasoja pidempään. Näin saadaan kuormitettua anaerobista energiantuottojärjestelmää ja edistetään sen sopeutumista ylikuormitukseen. Intervalli- ja sprinttiharjoittelua voidaan tehostaa käyttämällä erilaisia vastusta lisääviä välineitä, kuten kelaustuoliin kiinnitettäviä kelkkoja. (Hutzler ym. 2011: 144.)

Termi, johon ei ole toistaiseksi törmätty pyörätuolikelauksen tutkimuskirjallisuudessa, on nopeuskestävyys. Nopeuskestävyys luokitellaan kestävyiden osa-alueeksi, ja se kuvaa kykyä säilyttää maksimaalinen nopeus lyhytkestoisissa, noin 10–120 sekunnin

mittaisissa suorituksissa. Tähän ominaisuuteen vaikuttavat erityisesti urheilijan nopeusominaisuudet, energiantuoton teho sekä kyky vastustaa ja sietää väsymystä. (Nummela 2016b: 295.)

Vaikka termiä ei ole systemaattisesti käytetty pyörätuolikelauksen yhteydessä, on sen ymmärtäminen tärkeää erityisesti 100 metrin sprinttisuorituksissa. Nopeuskestävyys on olennainen osa-alue, joka vaikuttaa suorituksen laatuun ja kykyyn ylläpitää huippunopeutta koko matkan ajan. Vastaavasti nopeuskestävyys on keskeinen ominaisuus 100 metrin juoksusprintissä, erityisesti loppuvaiheen nopeuden säilyttämisessä (Jouste & Mero 2016: 389).

8.3.2 Aerobinen harjoittelu

Paraurheilijat tarvitsevat aerobista harjoittelua menestyäkseen lajista riippumatta. Aerobinen harjoittelu rakentaa perustan urheilijan fyysiselle kunnolle, riippumatta lajin energiantuottovaatimuksista. Vaikka aerobisen harjoittelun hyödyt ovat ilmeisiä kestävyysurheilijoille, sen merkitys jää usein aliarvostetuksi sprinttiurheilijoiden kohdalla. Sprintteri hyötyy aerobisen kapasiteetin kehittämisestä, koska se nopeuttaa palautumista helpottaen seuraavia suorituksia ja mahdollistaa huipputasoisen suorituksen useammin kilpailun aikana. Ilman anaerobisen kynnyksen parantamista myös aerobisen suorituskyvyn kehittyminen on vähäistä. Aerobisten ominaisuuksien kehittäminen edellyttää kehon happamoitumisen sietokyvyn parantamista, mikä on anaerobinen ominaisuus. (Hutzler ym. 2011: 144, 146–147.)

Selkäydinvammaisten henkilöiden aerobista kuntoa arvioidaan samoilla laitteilla kuin anaerobista tehoa: käsipyöräergometrillä, tietokoneistetulla paikallaan olevalla pyörätuoliergometrillä, rullien päällä käytettävällä kelaustuolilla, sekä juoksumatolle asetettulla kelaustuolilla. Käsipyöräergometrillä suoritettua testissä henkilö tekee asteittain kuormitettua, vuorotahtista yläraajapyöräilyä tietyllä tahdilla vastusta vastaan. Kelaustuolilla tai pyörätuoliergometrillä tehtävässä testissä suoritetaan tasatahtista ylävartalo-työtä joko tietyllä tehotasolla, nopeudella tai nopeuden ja kaltevuuden yhdistelmällä, menetelmästä riippuen. Kaikissa näissä testeissä intensiteetti kasvaa tasaisesti, kunnes henkilö saavuttaa uupumuksen. (Bhambhani 2002: 31.)

Luovuus ja monipuoliset harjoitusmenetelmät auttavat pitämään motivaation yllä. Eri harjoitusmuotoja yhdistelemällä voidaan hakea vaihtelevuutta. Peruskestävyysharjoittelu painottuu yleensä kilpailukauden ulkopuolelle ja matalan intensiteetin harjoitusjaksoille. (Hutzler ym. 2011: 146–147.)

8.4 Lajin taktiset vaatimukset

Taktisen toiminnan tavoitteena on optimaalinen menestys kilpailuissa. Taktinen toiminta tarkoittaa valmentajan ja urheilijan yhteisesti suunnittelemaa toimintatapaa, joka huomioi urheilijan ja vastustajien suorituskyvyn sekä kilpailun ulkoiset olosuhteet. Taktiikan merkitys vaihtelee lajin mukaan. Voima-, kestävyys- ja nopeuslajeissa taktiikan keskeinen tehtävä on voimien oikea-aikainen käyttäminen ja jakaminen kilpailun aikana. Taktiikan harjoittelu on olennainen osa valmennusta ja yhteydessä teknisiin, psyykkisiin ja fyysisiin ominaisuuksiin. (Mero & Kalaja 2016: 305–306.)

Kilpaurheilun puolella taktinen toiminta jaetaan sekä kilpailuihin valmistautumiseen että kilpailun aikaiseen toimintaan. Kilpailuun valmistautumisessa keskitytään toimenpiteisiin, jotka suoritetaan ennen kilpailua urheilijan suoriutumisen optimoimiseksi. Kilpailuolosuhteiden analysointi voi sisältää esimerkiksi kilpailun ajankohdan, ilmasto-olosuhteet, kilpailupaikan kunnan ja majoituksen läpikäymisen. Samoin voidaan arvioida urheilijan toimintaa kilpailun aikana ja sen jälkeen, erityisesti palautumisen näkökulmasta. (Mero & Kalaja 2016: 305–306.) Kilpailutilanteiden videoanalysointi, erityisesti urheilijan sagittaalitasoon, eli sivusuunnasta kuvatun liikkeen läpikäyminen ja suorituksen vertaaminen optimaaliseen työntömalliin, on tehokas menetelmä oppia (Laferrier ym. 2012:11).

Taktinen valmius vaatii riittävää teknistä pohjaa, fyysisiä edellytyksiä ja havaintomotorisia taitoja, sekä vahvaa tahtotilaa ja älyllistä suoriutumiskykyä. Kilpailutilanteissa urheilijan kyky havainnoida ja ymmärtää nopeasti monimutkaisia kilpailutilanteita, luoda tarkoituksenmukaisia toimintasuunnitelmia ja toteuttaa ne, on ratkaisevan tärkeää. (Mero & Kalaja 2016: 305–306.) Pyörätuolikelausurheilijoilla tulisi olla strategia jokaista kilpailua varten ja heidän tulisi pystyä reagoimaan muiden kilpailijoiden strategioihin (Laferrier ym. 2012: 10–11).

Pyörätuolikelauksessa kilpailumahdollisuuksia on rajallisesti ja useat urheilijat kilpailevat pääosin maantiekilpailuissa osallistuen vain harvoin ratakilpailuihin rajatun ajan vuodesta. Koska maantie- ja ratakilpailujen taktikat ovat erilaisia, urheilijoilla on puutteita kiihtyvyydessä. Ratakilpailu, kuten 100 metrin sprintti, on jatkuvaa kiihtymistä, eikä kiihtyvyyden ketjussa saa olla heikkoa lenkkiä. Siirtymävaiheet ovat usein urheilijoiden heikko kohta ja niitä tuli harjoittaa. Lisäksi monet urheilijat, jopa eliittitasolla, kilpailevat liian monilla matkoilla saman kilpailun aikana. Taktisesti viisaampaa on keskittyä joko lyhyisiin matkoihin (100, 200 ja 400 m), keskimatkoihin (800 ja 1500 m) tai pitkiin matkoihin (5000 ja 10 000 m), eikä sekoittaa näitä keskenään (Laferrier ym. 2012: 10–11.)

8.5 Lajin psyykkiset vaatimukset

8.5.1 Urheilun merkitys paraurheilijalle

Wheelerin ym. (1999) mukaan urheilu voi olla merkittävä osa paralympiaurheilijan identiteettiä. Se voi tarjota mahdollisuuden tulla nähdyksi ensisijaisesti urheilijana, eikä vammaisuuden kautta. Osa urheilijoista koki olevansa vammattomia urheillessaan. Useimmille paralympiaurheiluun osallistuminen ja urheilussa menestyminen olivat liitettävissä positiiviseen itsetuntoon ja kehonkuvaan. Lisäksi urheilu voi toimia keinona käsitellä vammaisuutta sekä siihen liittyviä muiden ihmisten reaktioita, edistäen itsetuntoa ja itseluottamusta. (Wheeler ym. 1999: 224.) Menestyksen ja epäonnistumisen kautta paraurheilu voi lisätä voimaantumisen ja autonomian kokemuksia (Martin 2016: 96). Koska urheilu voi olla keskeinen osa urheilijan identiteettiä, on urheilu-uran päättymisen huomionarvoinen ajanjakso (Jefferies & Gallagher & Dunne 2012: 287).

Stilssonin (2006) katsauksessa tarkasteltiin selkäydinvammaisten pyörätuoliurheilijoiden näkemyksiä urheiluun osallistumisesta. Hän havaitsi, että urheilulla oli merkittäviä myönteisiä vaikutuksia psyykkisiin tekijöihin. Urheilu edisti terveyttä ja fyysistä kuntoa sekä kohensi mielialaa mahdollistaen fyysisesti paremman olon ja aktiivisemmän elämän. Urheilu toi elämään voimaantumisen ja itsenäisyyden tunteen vähentäen riippuvuutta muista. Urheilu kehitti ajanhallintaa ja tavoitteiden asettamista, vahvisti oman käyttäytymisen säätelyä sekä itseuria ja itseluottamusta. Merkityksellisiksi nousivat urheilun kautta saadut ystävät ja läheiset ihmiset. Motivaatiotekijöinä korostuivat halu saavuttaa urheilussa korkein mahdollinen taso ja edustaa kotimaataan.

8.5.2 Psyykkiset taidot

Psyykkiset taidot, kuten itseluottamus, motivaatio, tunteiden säätely, itsepuhe, tavoitteiden asettaminen, visualisointi ja mielikuvaharjoittelu, ovat keskeisessä roolissa urheilijan suorituksessa ja valmentautumisessa. Ne tukevat suorituskyvyn optimointia ja auttavat hallitsemaan harjoittelun ja kilpailemisen tuomia haasteita. Psyykkisten taitojen tarve vaihtelee urheilijan persoonallisuuden, lajivaatimusten sekä yksilöllisten vahvuuksien ja tavoitteiden mukaan. (Martin 2016: 99; Röning 2024.)

Motivaatio on liikkeelle paneva voima, joka saa ihmisen toimimaan ja työskentelemään kohti tavoitettaan. Se ohjaa käyttäytymistä tiettyyn suuntaan vahvistaen ja ylläpitäen ja selittäen sitä, miksi ihminen toimii tietyllä tavalla. Kun motivaatio horjuu, on tärkeää tunnistaa taustalla olevat tekijät, kuten valmennussuhteiden ongelmat tai pettymykset, ja

löytää keinoja tilanteen purkamiseen. (Röning 2024). Analysoitaessa vuoden 2008 paralympialaisiin osallistuneita urheilijoita, havaittiin, että valmentajien tuki ja autonomiaa edistävä ilmapiiri vahvistivat urheilijoiden sisäistä motivaatiota. (Bananck & Sabiston & Gordon 2013: 728–729.)

Vaikka paraurheilijoiden ja vammattomien urheilijoiden motivaatiot ovat usein samankaltaisia, paraurheilijoilla voi olla monitasoisempia ja syvällisempiä syitä urheilla. Motivaatiotekijät voivat ulottua perinteisistä urheilullisista tavoitteista, kuten menestymisestä ja voittamisesta, esimerkiksi tarpeeseen tulla nähdyksi "normaalina" tai tavanomaiset rajat ylittävänä. Urheilu voi toimia keinona sopeutua vammaan, puolustaa omaa paikkaansa yhteiskunnassa, taistella syrjintää vastaan tai edistää paraurheilua. Nämä tekijät menevät perinteisten urheilullisten tavoitteiden ulkopuolelle. (Martin 2016: 97; Martin 2005: 33.)

Tavoitteiden asettaminen on tärkeä itsesäätelyn taito. Tehokkaat tavoitteen asettamisen periaatteet, kuten realistiset mutta haastavat tavoitteet (esim. kelata henkilökohtainen ennätys) sekä lopputavoitteet (esim. sijoittumisen suhteen) ovat kriittisiä. Sosiaalisen tuen hyödyntäminen, eri aikaväleille jaetut tavoitteet sekä joustavuus tavoitteiden muokkaamisessa luovat perustan tehokkaalle tavoitteenasettamiselle. Tavoitteiden joustavuus on avuksi hallitsemattomien tapahtumien, kuten loukkaantumisten kohtaamisessa. (Martin 2016: 99.) Martin (2005) toteaa, paraurheilijat menettävät enemmän harjoitusaikaa vammojen vuoksi verrattuna vammattomiin urheilijoihin. Harjoitusaikaa menetetään myös vammaan (disability) liittyvien sairauksien, kuten virtsarakon infektioiden, sekä vammojen, kuten painehaavojen, vuoksi. Myös krooniset ja toissijaiset terveysongelmat voivat haastaa urheilijan suorituskykyä.

Paraurheilijoiden kanssa työskenneltäessä positiivista (rauhottavaa tai energisoivaa) itsepuhetta voidaan hyödyntää vireystilan säätelyyn sekä negatiivisten tunteiden hallintaan. Itsepuhe voi myös tukea teknisten taitojen kehittämistä ja suoritustarkkuutta. (Martin 2016: 98–99.) Positiivisen itsepuheen avulla voidaan vahvistaa itseluottamusta sekä parantaa harjoitusten ja kilpailujen aikaista suorituskykyä (Röning 2024). Paraurheilijoille itsepuhe voi olla erityisen tärkeä työkalu, sillä heidän voi olla helpompi vaikuttaa kognitioon kuin kehontoimintoihin (Martin 2005: 34–35). Negatiivinen itsepuhe, joka liittyy menneisiin virheisiin tai negatiivisiin tulevaisuudennäkymiin, voi viedä urheilijan huomion pois nykyhetkestä. Kyky tunnistaa ja vähentää negatiivista itsepuhetta tuottaa merkittäviä suorituskykyetuja. (Martin 2016: 99.)

8.5.3 Psyykkiset kuormitustekijät

Martinin (2005) mukaan paraurheilijoiden on varauduttava ennakolta erilaisiin haasteisiin, kuten varusteongelmiin ja matkustamiseen liittyviin esteisiin, esimerkiksi pyörätuoliramppien ja hissien puutteeseen. Nämä voivat pidentää matka-aikaa ja edellyttävät huolellista suunnittelua. Myös pitkät kilpailumatkat voivat vaikeuttaa emotionaalisen tuen saantia, mikä voi lisätä urheilijoiden stressiä heikentäen keskittymiskykyä ja vaikuttaen suorituskyyntiin. (Martin 2005: 35–36.) Aikavyöhyykkeiden ylittäminen, vieraiden kielten kanssa pärjääminen ja erilaisiin ilmasto-olosuhteisiin sopeutuminen voivat lisätä stressiä. Suurissa kilpailuissa, kuten paralympialaisissa, urheilijat eivät usein pääse harjoittelemaan itse kilpailupaikalla. Tällaisissa tilanteissa videot tai kuvat kilpailupaikalta voivat auttaa mielikuvaharjoittelussa radan tai tilan hahmottamisessa. (Martin 2016: 101.)

Paraurheilijoilla voi olla vaikeuksia erottaa vammasta johtuva kipu ja urheiluvammasta aiheutuva kipu, mikä voi lisätä epävarmuutta ja vaikeuttaa harjoittelun optimointia. Myös uupumuksesta ja fyysisestä rasituksesta johtuva epämukavuus saattaa hämärtää kipukokemuksia. (Martin 2005: 33.) Itsensä tunteminen ja kyky erottaa vammaan liittyvä epämukavuus toissijaisista vaivoista, kuten urheiluvammoista ja uupumukseen liittyvästä kivusta, on tärkeä ominaisuus paraurheilijalle. Omien tuntemusten tunnistamisen puute voi johtaa joko vammojen pahenemiseen, jos harjoittelu jatkuu varoittavasta kivusta huolimatta, tai tarpeettomaan harjoittelun keskeyttämiseen, mikä puolestaan heikentää urheilijan kuntoa. (Martin 2016: 97.)

Ympäristöön ja yhteiskuntaan liittyviä haasteita ovat tilojen esteettömyys ja saavutettavuus, yleiset asenteet, asumistilanteet, työelämän vaatimukset ja liikkumiseen liittyvät vaikeudet. Myös median ja lehdistön huomion puute vaikeuttavat tuen saamista. (Stilson 2006: 105–107.) Urheilijat saavat usein paljon negatiivista palautetta ja vähän vahvistavaa palautetta sekä urheilun ulkopuolella että sen sisällä. Jopa hyväksi tarkoitetut kommentit, kuten "supercrip" -onnittelut (näkemys, jonka mukaan vammautuneet ovat sankareita suorittamalla tavallisia arjen askareita), voivat korostaa alentavasti urheilijaa ja jättää täysin huomiotta hänen urheilulliset kykynsä. (Martin 2016: 97.)

9 Pohdinta

9.1 Työprosessi, asetetut tavoitteet ja tulosten kiteytys

Opinnäytetyön tuloksena syntyi fysioterapeuteille suunnattu opas sekä sen teoreettinen perusta, lajianalyysi pyörätuolikelauksesta. Työ muodostui ammattikorkeakoulukontekstissa poikkeuksellisen laajaksi kokonaisuudeksi, mikä oli tietoinen ja perusteltu valinta. Vaikka lajianalyysin tiukempi rajaaminen olisi tehnyt työstä tiiviimmän ja helpommin hallittavamman, ei lopputuloksena olisi saatu kokonaiskäsitystä siitä, mitä pyörätuolikelauksesta lajina, selkäydinvammaisten urheilijoiden osalta, tällä hetkellä tiedetään. Opinnäytetyön muotoa pohdittiin työn alkuvaiheessa. Kirjallisuuskatsaus olisi vaatinut huomattavasti tarkempaa rajausta ja menetelmällistä lähestymistapaa, mikä olisi kaventanut työn näkökulmaa liikaa. Oppaan tekeminen laajensi työtä kokonaisuutena, mutta mahdollisti tutkimustiedon soveltamisen käytäntöön.

Työssä tarkasteltu kokonaisuus kattaa paraurheilun kenttää, selkäydinvamman vaikutuksia yksilön toiminta- ja suorituskykyyn sekä pyörätuolikelauksista lajina. Tiedonkeruun perusteella vastaavanlaista kokonaistarkastelua ei ole aiemmin tehty Suomessa, eikä tietävästi myöskään kansainvälisesti. Työn ajankohtaisuutta ja merkitystä vahvistaa yhteistyö Huippu-urheilun instituutin (KIHU) kanssa. Toisen opinnäytetyöntekijän tausta paraurheilun parissa on osaltaan ohjannut työn suuntaa ja sisältöä käytännön tarpeita vastaavaksi.

Opinnäytetyön toteutus vaati tekijöiltään vahvaa itseohjautuvuutta ja erityisesti luovuutta, sillä valmista mallia työn rakenteelle ei ollut. Työskentelyä ohjasi halu ymmärtää ja tuoda tietoa yhteen. Toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena on tukea käytännön työtä ammatillisella kentällä (Vilka & Airaksinen 2004: 9). Työskentely paraurheilun kentällä on tuonut kokemuseräisen ymmärryksen siitä, millä tavoin fysioterapia ja valmennus lajin parissa toteutuvat. Tiedon vähäisyys pyörätuolikelauksesta on tullut esiin niin keskusteluissa muiden ammattilaisten kanssa kuin omassa työssä. Vaikka opinnäytetyötä ei ole tehty suoraan toimeksiannosta, sillä pyritään vastaamaan käytännön tarpeeseen – niin omassa tulevassa ammatillisessa roolissa kuin laajemmin fysioterapian ja valmennuksen kentällä.

Lajianalyysin tavoitteena oli kartoittaa, mitä pyörätuolikelauksesta lajina tällä hetkellä tiedetään ja millä osa-alueilla on tiedonpuutetta. Tarkoituksena oli muodostaa kattava

ja monipuolinen kokonaiskuva pyörätuolikelauksen erityispiirteistä sekä selkäydinvamman vaikutuksista lajin eri osa-alueisiin: harjoitteluun, kilpailumiseen, urheilijan arkeen ja fysiologiaan. Vaikka tarkastelu on joiltain osin väistämättä yleistasoinen ja puutteellinen, se tarjoaa laajan läpileikkauksen olemassa olevasta tutkimustiedosta ja kirjallisuudesta. Pohdinnan luvussa 9.3 on tuotu tarkemmin esiin ne osa-alueet, joilla lajin tutkimuksessa on puutteita. Nämä alueet on tunnistettu tiedonkeruun pohjalta ja tuotu työssä näkyviin. Yhteenvetona voidaan todeta, että lajiansalyysille asetetut tavoitteet on saavutettu.

Oppaan tavoitteena oli tarjota fysioterapeuteille selkeä ja tiivis tietolähde, joka kokoaa lajiansalyysin kannalta olennaisimmat löydökset fysioterapian näkökulmasta. Alkuvaiheessa heräsi pieni epävarmuus siitä, löytyykö lajiansalyysista riittävästi sellaista sisältöä, joka voidaan suoraan siirtää fysioterapian kontekstiin ja hyödyntää oppaassa. Lajiansalyysin sisältöä lähdettiin vertaamaan urheilufysioterapian määritelmään:

Urheilufysioterapian tavoitteena on muun muassa ennaltaehkäistä urheilu- ja liikuntavammoja, sekä tukea urheilijoiden suorituskykyä yhdessä valmentajien ja valmennuksen asiantuntijoiden kanssa. Tämä edellyttää lajin erityispiirteiden tuntemusta, jotta harjoittelua voidaan ohjata vammojen ehkäisyä tukevalla tavalla. Urheilufysioterapeutti hyödyntää fysioterapeuttista ja lääketieteellistä osaamistaan terveen ja aktiivisen elämäntavan edistämiseksi. Lisäksi hän pyrkii lisäämään valmentajien, urheilijoiden ja muiden sidosryhmien tietämystä näyttöön perustuvista toimintatavoista ja käytännöistä. (Suomen urheilufysioterapeutit ry.)

Kun lajiansalyysin sisältöä arvioitiin suhteessa urheilufysioterapian keskeisiin osa-alueisiin, kävi ilmi, että analyysin löydökset tukevat suoraan fysioterapeuttista työtä pyörätuolikelauksen parissa. Tämä vahvisti, että opinnäytetyö ei ollut pelkästään teoreettinen yleiskatsaus, vaan oppaan toteuttamisen myötä sillä oli selkeä käytännön sovellettaavuus myös fysioterapian kentällä. Opas pohjautuu huolellisesti laadittuun lajiansalyysiin, mikä tekee siitä sekä tieteellisesti perustellun että käytännössä sovellettavan työkalun. Oppaan tavoitteiden voidaan sanoa toteutuneen.

9.2 Työn luotettavuus ja eettisyys

Osa opinnäytetyössä käytetyistä tutkimuksista ja aineistoista ovat yli 20 vuotta vanhoja. Esimerkkeinä näistä mainittakoot Vanlandewijck ym. (2001), Bhambhani (2002) sekä Mulroy ym. (1996). Monet uudemmat, vuoden 2015 jälkeen julkaistut tutkimukset no-

jaavat vahvasti 2000-luvun alun tai sitä vanhempiin lähteisiin, mikä teki myös vanhemmasta aineistosta relevanttia työlle. Koska osasta aihealueita on saatavilla vain vähän tutkimustietoa, aineistoa ei ole voitu rajata pelkästään viimeisen kymmenen vuoden aikana julkaistuihin tutkimuksiin. Lähteiden ajankohtaisuuden varmistamiseksi on tarkistettu, että niihin on viitattu myös uudemmissa tutkimuksissa ja että niiden käsittelemät teemat ja löydökset ovat edelleen päteviä.

Opinnäytetyössä on hyödynnetty tietoa myös muista lajeista kuin pyörätuolikelauksesta. Esimerkiksi psykologisten tekijöiden tarkastelussa on käytetty yleisesti paraurheiluun liittyviä tutkimuksia riippumatta lajista (esim. Martin & Wheeler 2011; Martin 2005). Tämä valinta perustui siihen, että tarkasteltavilla psykologisilla ominaisuuksilla ei katsottu olevan suoraa lajikohtaista sidonnaisuutta, vaan ne olivat sovellettavissa laajasti paraurheiluun. Tietopohjaa on täydennetty myös ei-urheilijoita koskevalla tutkimustiedolla, kuten arjen lihasaktiivisuutta käsittelevällä Mulroyn ym. (1996) tutkimuksella. Fysioterapian keskiössä on toimintakyvyn tukeminen, minkä takia arkiliikkuminen pyörätuolilla on nostettu lajiansalissa esiin.

Suurimmassa osassa tutkimuksia koehenkilöinä on ollut miehiä, ja naisten edustus on ollut vähäisempää tai puuttunut kokonaan. Esimerkiksi luvuissa 6.3.1 Lihaskäyttö arjessa ja 6.3.2 Lihaskäyttö harjoitus- ja kilpailutilanteessa käytetyt tutkimukset (Mulroy ym. 1996 ja Chow ym. 2000), ovat toteutettu yksinomaan miesurheilijoilla. Miesten ja naisten fyysiset ominaisuudet eroavat toisistaan muun muassa kehonkoostumuksen, absoluuttisten maksimivoimatasojen, vallitsevan lihassolutyypin sekä syke- ja verenpainevasteiden ja hormonaalisten tekijöiden osalta (Hautala & Parkkari 2022). Tämänkaltaisen sukupuolijakauma tutkimusasetelmissä voi rajoittaa tulosten yleistettävyyttä, erityisesti naisurheilijoiden kannalta.

Monissa tutkimuksissa kohderyhmänä ovat olleet pääasiassa T54-luokan urheilijat. Esimerkiksi valtaosa kinematiikkaan keskittyneestä tutkimuksesta käsittelee T54- ja T53-luokkien urheilijoita, minkä vuoksi luvussa 6.1 esitetyt kuvaukset eivät täysin vastaa kaikkien neljän kilpaluokan liikettä. Vaikka pyörätuolikelauksen biomekaniikkaa on tutkittu jo varsin laajasti, ovat alemmat kelausluokat edelleen tutkimuksellisesti aliedustettuja. Tämä rajoittaa lajiansalissa hyödynnettyjen (esim. Moss ym. 2005) tutkimusten sovellettavuutta urheilijoihin, joiden toimintakyky on heikompi.

Opinnäytetyö on kokonaisuudessaan suoritettu noudattamalla hyvää tieteellistä käytäntöä, joka tarkoittaa koko prosessin ajan luotettavaa, rehellistä, arvostavaa, tasa-arvoista ja vastuunkantavaa toimintaa. Opinnäytetyön teon aikana ei kerätty tai käsitelty

henkilötietoja. Työtä varten ei tarvinnut hakea tutkimuslupaa tai eettistä ennakoarviointia, koska työn sisältö ei kuulunut eettisen ennakoarvioinnin piiriin. Opinnäytetyötä varten tehtiin yhteistyösopimus Huippu-urheilun instituutin (KIHU) kanssa, vaikka työtä ei tehtykään toimeksiantona. Yhteistyö on koostunut tiedon jakamisesta, työn sisällön tarkastamisesta ja sen sisällöstä keskustelusta. (Arene 2025: 12,13 ja 21–22.)

9.3 Huomioita tiedon saatavuudesta

Seuraavat huomiot tutkimustiedon saatavuudesta perustuvat opinnäytetyön tekijöiden havaintoihin, jotka nousivat esiin tiedonkeruuvaiheessa. Näitä havaintoja on tuettu aiheeseen liittyvillä lähteillä. Lajianalyysiprosessin yhtenä tavoitteena, oli nostaa esille tutkimuskentältä niitä osa-alueita, joista tietoa on rajallisesti saatavilla.

Pyörätuolikelauksen laji- ja ominaisuusharjoittelua käsittelevä tutkimus on vähäistä. Saatavilla olevat tutkimukset painottuvat perustason kysymyksiin, kuten siihen, tarvitseeko selkäydinvammaisen urheilija voimaharjoittelua (esim. Hutzler ym. 2011) tai mitä voiman osa-alueita olisi tärkeää kehittää (esim. Turbanski & Schmidtbleicher 2010). Ei ole yllättävää, että valmennuskentällä nojataan vammattomien urheilijoiden voimaharjoittelun periaatteisiin, sillä laji- ja luokkakohtaisen tutkimuksen vähäisyys rajoittaa vaihtoehtoja.

Yleisesti ottaen pyörätuolieurheilijoiden suorituskykyä on tutkittu vähän. Vielä 2000-luvun alkuun mennessä suurin osa selkäydinvammaa koskevasta liikuntafysiologisesta tutkimuksesta on keskittynyt kuntoutukseen terveydellisestä näkökulmasta. Vaikka selkäydinvammaisten urheilijoiden fysiologisesta suorituskyvystä on olemassa kuvailevaa tietoa, tutkimus ei ole pysynyt mukana vammaisurheilun nopeassa kehityksessä. (Bhambhani 2002: 26; Rice ym. 2011: 41). Esimerkiksi kestävyysurjoittelua käsittelevä tutkimus on rajallista, eikä nykyisessä tutkimuskentässä ole vielä selkeää näyttöä siitä, missä määrin pikamatkojen tai kestävyyttä vaativien suoritusten suorituskyky liittyy pyörätuolieurheilijan fyysisen kunnon anaerobisiin ja aerobisiin osa-alueisiin. (Bhambhani 2002.)

Liikkuvuusominaisuuksien ja niiden harjoittamisen osalta tutkimustieto on hyvin vähäistä. Yksittäisiä kuormitukseen liittyviä havaintoja kuitenkin tunnetaan. Esimerkiksi Bernard ym. (2004) havaitsivat olkanivelen yksipuolisen kuormituksen johtavan sisäkiertäjien epätasapainoiseen vahvistumiseen, ja Slowik ym. (2016) toivat esiin, että kiertäjäkalvosin, etuolkapäät ja iso rintalihas altistuvat jatkuvalla rasitukselle. Tämän-

kaltaisten havaintojen perusteella voidaan tehdä perusteltuja oletuksia siitä, mihin liikkuvuusharjoittelussa tulisi kiinnittää huomiota, vaikka kattava tutkimus aiheesta vielä puuttuukin.

Pikajuoksijoiden liikkuvuutta on tutkittu huomattavasti laajemmin kuin pyörätuolikelauksprinttereiden liikkuvuusvaatimuksia. Tutkimukset käsittelevät muun muassa lantion aktiivisen liikkuvuuden vaikutusta askellukseen (esim. Sandamas & Gutierrez-Farrewik & Arndt 2020), nilkan passiivisen liikkuvuuden yhteyttä suorituskykyyn (esim. Takahashi 2018) sekä eri lämmittelymenetelmien, kuten passiivisen venyttelyn vaikutuksia sprinttisuoritukseen (esim. Winchester & Nelson & Landin & Young & Schexnayder 2008).

Vaikka tutkimustietoa pyörätuolikelauksen laji- ja ominaisuusharjoittelusta on vähän, se ei tarkoita, ettei harjoittelusta olisi lainkaan tietoa. Tiedonlähteitä ovat sekä tutkimustieto että käytännön kokemukseen perustuva tieto. Käytännön kokemuksiin pohjautuva tieto tarjoaisi arvokkaan perustan harjoitteluoppaiden kehittämiseksi – niin huippu-urheilijoiden kuin aloittelevien pyörätuoliturheilijoiden tueksi. Verkkoon on ilmestynyt yksittäisiä pyörätuolikelaukseen liittyviä opetusvideoita, mutta erityisesti kirjallinen ja helposti saavutettava materiaali on edelleen hyvin vähäistä. Tässä työssä on hyödynnetty Bleakneyn ja Morsen (2021) valmennusmateriaaleja tuomaan konkreettista tukea lajikohtaiseen harjoitteluun. Näin pyörätuolikelausvalmentajan näkökulmasta, tarve avoimelle ja saavutettavalle tiedolle on merkittävä: se voisi tukea niin lajin kehitystä kuin yksittäisten urheilijoiden polkuja kohti tavoitteellista harjoittelua.

Tutkimukset näyttävät keskittyvän lähes yksinomaan aikuispyörätuolikelajien tarkasteluun. Poikkeuksena mainittakoon Chown & Chaen (2007) tutkimus, joka keskittyi nuoriin paraplegiaurheilijoihin. Tarkastelun laajentaminen eri ikäluokkien urheilijoihin ja eri kehityskausien huomioiminen myös pyörätuolikelauksiharjoittelussa, tarjoaisi arvokasta tietoa pyörätuolikelauksen valmennukseen. Myös tyyppivammojen laajempi tarkastelu voisi tarjota tärkeää tietoa, erityisesti laadukkaan harjoittelun toteutumisen osalta. Biomekaniikan näkökulmasta olisi hyödyllistä tarkastella kinematiikan ja kinetiikan eroja eri kelausluokkien välillä, jotta voitaisiin ymmärtää optimaalinen biomekaaninen liike kullekin kelausluokalle.

Tetraplegiaurheilijat (T51 ja T52) sekä naispyörätuolikelajaajat ovat tutkimuksessa aliedustettuina. Jotta valmennusta ja harjoittelua voidaan kehittää yksilöllisemmiksi, näiden ryhmien biomekaniikan ja suorituskyvyn tarkempi ymmärtäminen olisi tärkeää. Se, että monissa tutkimuksissa kohderyhmänä ovat olleet pääasiassa T54-luokan urheilijat

voi johtua useista tekijöistä. Heidän suurempi edustuksensa lajissa lisää sekä näkyvyyttä että kilpailuedustusta, mikä voi vaikuttaa tutkimuskohteiden valintaan. Lisäksi T54-urheilijat saavuttavat suurempia nopeuksia ja omaavat korkeammat voimatasot, mikä saattaa kiinnostaa tutkijoita ja valmennusala enemmän.

Urheilun ja toimintakyvyn välistä yhteyttä voisi olla arvokasta tarkastella paraurheilun puolella. Huomioitavaa on, että urheilun vaikutukset toimintakykyyn ovat monisyisiä ja niiden yltäessä psyykkisiin, fyysisiin ja sosiaalisiin ulottuvuuksiin, tarkastelulla voidaan lähestyä kyseistä yhteyttä useista näkökulmista. Esimerkkinä fyysisestä lähestymistavasta olisi mielenkiintoista ymmärtää, miten urheilu vaikuttaa arjen pyörätuolin käyttöön ja sitä kautta yksilön toimintakykyyn. Tämänkaltaisen tarkastelu voisi tarjota arvokasta tietoa fysioterapeutin mahdollisuuksista tukea pyörätuolinkäyttäjän toimintakykyä myös urheilun menetelmin.

Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää jatkossa niin käytännön työssä kuin pohjana tuleville opinnäytetöille. Toivottavasti työ myös kannustaa kehittämään lisää käytännön sovelluksia pyörätuolikelauksen ja paraurheilun tueksi.

Lähteet

Aiemmat paralympialaiset. Paralympiahistoriaa. Paralympialaiset. Urheilijalle. Suomen Paralympiakomitea. <<https://www.paraurheilu.fi/fi/287/aiemmat-paralympialaiset>>. Viitattu 15.4.2025.

Alharbi, Amal & Li, Jia & Womack, Erika & Farrow, Matthew & Yara-Fisher, Ceren 2023. The Effect of Lower Limb Combined Neuromuscular Electrical Stimulation on Skeletal Muscle Signaling for Glucose Utilization, Myobiber Distribution, and Metabolic Function after Spinal Cord Injury. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 20 (20). <<https://www.mdpi.com/1660-4601/20/20/6958#B50-ijerph-20-06958>>. Viitattu 27.1.2025.

Alaranta, Hannu & Ahoniemi, Eija 2007. Selkäydinvaurion aiheuttaman haitan järjestelmällistä hoitoa ja seurantaa tarvitaan. *Lääkärilehti*. 24 (62). 2363–2366. <<https://www.laakarilehti.fi/tieteessa/alkuperaistutkimukset/selkaydinvaurion-aiheuttaman-haitan-jarjestelmallista-hoitoa-ja-seurantaa-tarvitaan/>>. Viitattu 21.12.2024.

Alaranta, Hannu & Baer, Gerhard & Hellström, Pekka & Kallanranta, Tapani & Malmivaara, Antti & Ronkainen, Antti & Sairainen, Sirpa & Salminen, Jouko & Vornanen, Markku & Dahlberg, Antti 2001. 117 (7). 772–788. <<https://www.duodecimlehti.fi/duo92194>>. Viitattu 23.1.2025.

Anatomy of the Spine and Peripheral Nervous System 2024. Spine Conditions. Patient Content. AANS. American association of Neurological Surgeons. <<https://www.aans.org/>>. Viitattu 21.2.2025.

Arene 2025. Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset. Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene ry. 8-18. <https://arene.fi/wp-content/uploads/Raportit/2025/AMMATTIKORKEAKOULU-JEN%20OPINN%20C3%84YTET%20C3%96IDEN%20EETTISET%20SUOSITUKSET%202025.pdf?_t=1739803988>. Viitattu 17.5.2025

Avela, Janne & Mero, Antti & Kyröläinen, Heikki 2016. Hermo-lihas järjestelmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Mero, Antti & Nummela, Ari & Keskinen, Kari & Häkkinen, Keijo (toim.). *Huippu-urheiluvalmennus. Teoria- ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. VK-kustannus Oy. Lahti. 88–112.

Bananck, Hailey R. & Sabiston, Catherine M. & Bloom Gordon A. 2013. Coach autonomy support, basic need satisfaction, and intrinsic motivation of paralympic athletes. *Research Quarterly Exercise and Sport*. 82 (4). 722–730. <https://www.researchgate.net/publication/221776590_Coach_Autonomy_Support_Basic_Need_Satisfaction_and_Intrinsic_Motivation_of_Paralympic_Athletes>. Viitattu 11.2.2024.

Barbosa, Tiago M & Coelho, Eduarda 2017. Monitoring the biomechanics of a wheelchair sprinter racing the 100 m final at the 2016 Paralympic Games. *European Journal of Physics*. 38 (4). 883–886.

Barrow, John. *Wheelchair Racing. Maths and Sports*. University of Cambridge. <<https://sport.maths.org/content/wheelchair-racing>> Viitattu 15.12.2024

Bernard, P. L. &, Codine, P. & Minier J. 2004. Isokinetic shoulder rotator muscles in wheelchair athletes. *Spinal Cord*. 42. 222–229. <<https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101556>>. Viitattu 12.1.2024.

Boot, Cecile R.L. & Binkhorst, R.A. & Hopman, Maria T.E. 2006. Body temperature responses in spinal cord injured individuals during exercise in the cold and heat. *International Journal of Sports Medicine*. 27 (8). 599–604.

Bompa, Tudor & Buzzichelli, Carlo 2015. *Periodization Training for Sports*. Third Edition. Human Kinetics. <https://coachezra.weebly.com/uploads/1/1/8/3/118372877/tudor_bompa_carlo_buzzichelli-periodization_training_for_sports-human_kinetics__2015_.pdf>. Viitattu 28.3.2025.

Bhambhani, Yagesh 2002. Physiology of Wheelchair Racing in Athletes with Spinal Cord Injury. *Sports medicine*. 32. 23–51. <https://www.researchgate.net/publication/11586045_Physiology_of_Wheelchair_Racing_in_Athletes_with_Spinal_Cord_Injury>. Viitattu 20.12.2024.

Bhambhani 2011. Physiology. Chapter 3. Teoksessa Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. (toim.). *Handbook of Sports Medicine and Science. The Paralympic Athlete*. Wiley-Blackwell. Chichester, West Sussex. 51–73. <https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Handbooks/2011_Vanlandewijck.pdf>. Viitattu 5.1.2024.

Biomechanics of Push-Rim Wheelchair racing. 2019. *Unified Health & Performance*. Lancaster. <<https://unifiedhp.com/blog/2019/5/2/biomechanics-of-push-rim-wheelchair-racing>>. Viitattu 6.1.2024.

Briley, Simon J. & Vegter, Riemer J. K. & Tolfrey, Victoria L. & Mason, Barry S. 2020. Propulsion biomechanics do not differ between athletics and non-athletic manual wheelchair users in their daily wheelchairs. *Journal of Biomechanics*. 104.

Briley, Simon J. & Vegter, Riemer J.K & Goosey-Tolfrey, Victoria L. & Mason, Barry S. 2022. Alterations in shoulder kinematics are associated with shoulder pain during wheelchair propulsion sprints. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 32. 1213–1223. <<https://doi.org/10.1111/sms.14200>>

Campbell, I.G & Williams, Clyde & Lakomy H.K. 1997. Physiological responses of wheelchair athletes at percentages of top speed. *British Journal of Sports Medicine*. 31 (1). 36–40. <https://www.researchgate.net/publication/14086553_Physiological_responses_of_wheelchair_athletes_at_percentages_of_top_speed>. Viitattu 23.1.2025.

Cavallone, Paride & Tagliavini, Luigi & Botta, Andrea & Colucci, Giovanni & Baglieri, Lorenzo & Quaglia, Giuseppe 2022. *Evolution Of Racing Wheelchair: From Its Origin to the Paralympic Games*. Teoksessa Niola, Vincenzo & Gasperetto, Alessandro & Quaglia, Giuseppe & Carbone, Giuseppe (toim.). *Advances in Italian Mechanism Science*. Springer International Publishing. 16–24.

Cardinale, Marco & Roman, Lee 2011. Strength training. Teoksessa Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. (toim.). *Handbook of Sports Medicine and Science. The Paralympic Athlete*. Wiley-Blackwell. Chichester, West Sussex. 156–171.

<https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Handbooks/2011_Vanlandewijck.pdf>. Viitattu 5.1.2024.

Chow, John W. & Chae, Woen-Sik 2007. Kinematic analysis of the 100- wheelchair race. *Journal of biomechanics*. 40 (11). 2564–2568.

Chow, John W. & Millikan, Tim A. & Carlton, Les G. & Chae, Woen-Sik & Morse, Marty I. 2000. Effect of resistance load on biomechanical characteristics of racing wheelchair propulsion over a roller system. *Journal of Biomechanics*. 33 (5). 601–608

Classification in Para Athletics. World Para Athletics 2023. <<https://www.paralympic.org/athletics/classification>>. Viitattu 12.12.2024.

Classification Rules and regulations 2023. World Para Athletics. <https://www.paralympic.org/sites/default/files/2024-07/2023_02_17%20WPA%20Classification%20Rules%20and%20Regulations_Edition%20February%202023_Final%20%282%29.pdf>. Viitattu 21.12.2024.

Connick, Mark J. & Beckman, Emma & Vanlandewijck, Yves & Malone, Laurie A. & Blomqvist, Sven & Tweedy, Sean M 2018. Cluster analysis of novel isometric strength measures produces a valid evidence-based classification structure for wheelchair track racing. *British journal of sports medicine* 52 (17). 1123–1129.

Connick, Mark J. & Beckman, Emma & Tweedy, Sean M. 2018. Evolution and Development of Best Practice in Paralympic Classification. 389–416. <https://www.researchgate.net/publication/323226750_Evolution_and_Development_of_Best_Practice_in_Paralympic_Classification>. Viitattu 15.4.2025.

Covill, Derek & King, Rob & Townsend, Joe & Brickley, Gary & Drouet, Jean-Marc 2020. Development of Customised Wheelchair Racing Gloves Using Digital Fabrication Techniques. *Proceedings*, 49 (1). <<https://www.mdpi.com/2504-3900/49/1/44>>. Viitattu 1.3.2025

Dahlberg, Antti 2000. Autonomisen dysrefleksian tunnistaminen ja hoito. *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim*. Käypä hoito. Helsinki. 116 (16). 1711–1714. <<https://www.duodecimlehti.fi/duo91694>>. Viitattu 28.3.2025.

Flanagan, Eamon & Murphy, Noel & Gardner, Sam & Singh, Ishan & O’Riordan; alison 2024.) Preparing the paralympic athlete: principles for strength & conditioning coaches, Article. *Sportsmith*. <<https://www.sportsmith.co/articles/preparing-the-paralympic-athlete-principles-for-strength-conditioning-coaches/>>. Viitattu 21.12.2024.

Forte, Pedro & Barbosa, Tiago M & Marinho Daniel A. 2015. Technologic Appliance and Performance Concerns in Wheelchair Racing – Helping Paralympic Athletes to Excel. Teoksessa Chaoqun Liu (toim.). *New Perspectives in Fluid Dynamics*. InTech. <<https://www.intechopen.com/chapters/49463>>. Viitattu 1.3.2025.

Forte, Pedro & Marinho, Daniel A. & Morais, Jorge E. & Morouço, Pedro G. & Barbosa, Tiago M. 2018. The variations on the aerodynamics of a world-ranked wheelchair sprinter in the key-moments of the stroke cycle: A numerical simulation analysis. *PloS one*, 13(2). <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0193658>>. Viitattu 1.3.2025

Forte, Pedro & Marinho, Daniel A. & Morais, Jorge E. & Morouço, Pedro G. & Barbosa, Tiago M. 2018. Estimation of mechanical power and energy cost in elite wheelchair racing by analytical procedures and numerical simulations. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 21 (10). 585–592.

Fuss, Franz Konstantin 2012. Sports Technology Speed measurements in wheelchair sports – theory and application Speed measurements in wheelchair sports – theory and application. *Sports Technology*. 5 (1–2). 29–42. <https://www.researchgate.net/publication/279731731_Sports_Technology_Speed_measurements_in_wheelchair_sports_-_theory_and_application_Speed_measurements_in_wheelchair_sports_-_theory_and_application>. Viitattu 1.3.2025.

García-Fresneda, Adrian & Carmona, Gerard & Padullés, Xabier & Nuell, Sergi & Padullés, Josep M. & Cadefau, Joan A. & Iturricastillo, Aitor 2019. Initial Maximum Push-Rim Propulsion and Sprint Performance in Elite Wheelchair Rugby Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 33 (3). 857–865.

Gollan, Emilie & Wilson, Tiffany 2021. Exercise and Sport. Teoksessa Reznik, Jacqueline & Simmons, Joshua (toim.). *Rehabilitation in Spinal Cord Injuries*. Elsevier. Chatswood. 112–145.

Green, Simon & Dawson B. 1993. Measurement of anaerobic capacities in humans: Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Medicine*. 15 (5). 312–327. <https://www.researchgate.net/publication/14877245_Measurement_of_anaerobic_capacities_in_humans_Definitions_limitations_and_unsolved_problems>. Viitattu 27.1.2025.

Guo, Wei & Liu, Qian & Huang Pen & Wang, Dan & Shi, Lin & Han, Dong 2023. The effects of trunk kinematics an EMG activity of wheelchair racing T54 athletes on wheelchair propulsion speeds. *Sports Medicine and Rehabilitation*. <<https://peerj.com/articles/15792/>>. Viitattu 30.12.2024.

Haff, Gregory & Nimphius, Sophia 2012. Training Principles for Power. *Strength and Conditioning Journal*. 34 (6). 2-12. <https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2012/12000/training_principles_for_power.2.aspx>. Viitattu 11.1.2025.

Hautala, Ari J. & Parkkari, Jari 2022. Naisten ja miesten liikunnan biologiset yhtäläisyydet ja erot. *Liikunta ja Tiede*. 4. 55-57. <<https://www.lts.fi/liikunta-tiede/artikkelit/naisten-ja-miesten-liikunnan-biologiset-yhtalaisydet-ja-erot.html>>. Viitattu 15.4.2025.

Hikosaka, Mikito & Kodachi, Takashi & Yamamoto, Hideaki & Kawashima, Noritaka 2024. *International Journal of Sport Health Science* (22) 123–129. <<https://doi.org/10.5432/ijshs.202407>>

Hoffman, Jay R. & Armstrong, Lawrence E. & Maresh, Carl M. & Kenefick, Robert W. & Castellani, John W. & Pasqualicchio, Angela 1994. Strength and sprint performance in wheelchair athletes. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 5 (3), 165–171.

Hopman, Maria Theresia Elisabeth 1993. Paraplegia and exercise: a study of cardiovascular behaviour during arm exercise in persons with paraplegia. Väitöskirja. Radboud University Nijmegen. Department of Physiology. Doctoral Programme in Medical Sciences. <https://repository.uibn.ru.nl/bitstream/handle/2066/113110/mmubn000001_15777371x.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Viitattu 5.4.2025.

Hulmi, Juha 2016. Kuinka kehittää kimmoisuutta plyometrisen eli hyppyjen ja loikkien avulla – Koskinen. *Lihastohtori-blogi*. Blogipostaus 3.10.2016. <https://lihastahtori.wordpress.com/2016/10/03/plyometrinen_harjoittelu/>. Viitattu 6.1.2025.

Hulmi, Juha 2024. Syntykö lihaksissa maitohappoa, mikä meitä hapottaa ja mikä on laktaatin rooli? Mäntyselkä ja Hulmi. *Lihastohtori-blogi*. Blogipostaus 26.10.2024. <<https://lihastahtori.wordpress.com/2024/10/26/maitohappo/>>. Viitattu 6.1.2025.

Hutzler, Yeshayahu “Shayke” & Meckel, Yoav & Berzen, Judith 2011. Aerobic and Anaerobic Power. Chapter 8. Teoksessa Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. (toim.). *Handbook of Sports Medicine and Science. The Paralympic Athlete*. Wiley-Blackwell. Chichester, West Sussex. 137–155. <https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Handbooks/2011_Vanlandewijck.pdf>. Viitattu 5.1.2024.

International Paralympic Committee 2016. Chapter 4.2. - Position Statement on Autonomic Dysreflexia and Boosting. *IPC Handbook*. Germany. <<https://www.paralympic.org/sites/default/files/2024-04/Position%20Statement%20on%20Autonomic%20Dysreflexia%20and%20Boosting.pdf>>. Viitattu 20.12.2024.

IPC Classification. International Paralympic committee. Germany. <<https://www.paralympic.org/classification>>. Viitattu 12.12.2024.

IPC Historical Results Archive. 2025. International Paralympic Committee. <<https://www.ipc-services.org/hira/>>. Viitattu 16.4.2025.

Janssen Thomas W. & Dallmeijer Annet J. & Veeger Dirk Jan & van der Woude Luc H. 2002. Normative values and determinants of physical capacity in individuals with spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation and Research Development*. 39 (1). 29–39. <https://www.researchgate.net/publication/11434434_Normative_values_and_determinants_of_physical_capacity_in_individuals_with_spinal_cord_injury>. Viitattu 30.11.2024.

Jefferies, Philipp & Gallagher, Pamela & Dunne, Simon 2012. The paralympic athlete: a systematic review of the psychosocial literature. *SageJournals*. 36 (3). 278–289. <<https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/0309364612450184>>. Viitattu 26.11.2024.

Jouste, Petteri & Mero, Antti 2016. Nopeuslajit. Teoksessa Mero, Antti & Nummela, Ari & Keskinen, Kari & Häkkinen, Keijo (toim.). Huippu-urheiluvalmennus. Teoria- ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. VK-kustannus Oy. Lahti. 389–409.

Kaikkonen, Piia 2024. Maksimaalinen hapenottokyky kestävyyskunnan mittarina. Lääkärikirja Duodecim. Duodecim terveyskirjasto. <<https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01038>>. Viitattu 29.1.2025.

Kauranen Kari 2014. Lihask rakenne, toiminta ja voimaharjoittelu. Liikuntatieteellinen Seura. Helsinki. 180–195.

Kawabata, Koichi & Ibusuki, Tatsuru & Mitsui, Toshito & Kamijo, Yoshi-ichiro & Tajima, Fumihiko 2024. Kinematic Analysis of the Head and Trunk Movements of Quadriplegic Wheelchair Athletes in the Initial Acceleration Phase of the 100-m Sprint: A Case Study. International Journal of Sport and Health Science. 22. 34–41.

Kawabata, Koichi & Nishimura, Yukihide & Ibusuki, Tatsuru & Mitsui, Toshito & Kamijo, Yoshi-ichiro & Umemoto, Yasunori & Tajima, Fumihiko 2022. Relationship between Speed Changes in the 100-m Sprint and Maximum Speed in the 300-m Maximum Speed Test among Japanese Elite Wheelchair Racers. International Journal of Sport and Health Science. 20. 224–232.

Kipu selkäydinvamman jälkeen. 2024. Selkäydinvammaan liittyvät erityispiirteet. Ooppaat. Kuntoutumistalo. Terveyskylän talot. Terveyskylä. <<https://www.terveyskyla.fi/kuntoutumistalo/kuntoutumistalon-oppaat/selkaydinvamman-liittyvat-erityispiirteet/kipu-selkaydinvamman-jalkeen>>. Viitattu 3.4.2025.

Knechtle, B. & Hardegger, K. & Müller, G. & Odermatt P. & Eser, P & Knecht H. 2003. Evaluation of sprint exercise testing protocols in wheelchair athletes. Spinal Cord. 41. 182–186. <<https://www.nature.com/articles/3101416>>. Viitattu 2.1.2025.

Konrad, Peter 2005. The ABC of EMG. A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography. <https://hermanwallace.com/download/The_ABC_of_EMG_by_Peter_Konrad.pdf>. Viitattu 6.1.2025.

Kumnerdee, Wipoo & Senakha, Tanormsak & Theplertboon, Aungkana & Limroongreungrat, Weerawat 2018. Association between core muscles and the 400-meter over-ground sprinting velocity among wheelchair racers. Journal of Southeast Medical research. Bangkok. 76–84. <<https://jseamed.org/index.php/jseamed/article/view/12/3>>. Viitattu 27.1.2025.

Lafferrier, Justin & Rice, Ian & Pearlman, Jon & Schein, Michelle & Cooper, Rosi & Liu, Tanya & Cooper, Rory A. 2012. Technology to improve sports performance in wheelchair sports. Sports Technology. 5 (1–2). 4–19. <https://www.researchgate.net/publication/254368802_Technology_to_improve_sports_performance_in_wheelchair_sports>. Viitattu 4.1.2025.

Lewis, Amy 2018. Performance benefits of customized seating interfaces for elite wheelchair racing athletes. Väitöskirja. The University of Adelaide. Faculty of Engineering, Computer and Mathematical Sciences. School of Mechanical Engineering. <<https://core.ac.uk/download/pdf/482255725.pdf>>. Viitattu 19.3.2025

Lewis, Amy & Phillips, Elissa & Moore, Victoria & Bartram, Jason & Grimshaw, Paul & Portus, Marc & Robertson, William SP 2017. The Optimization of Trunk Position for the 2016 Rio Paralympic Wheelchair Racing Finals. ISBS Proceedings Archive 35 (1). <<https://commons.nmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1261&context=isbs>>. Viitattu 19.3.2025.

Lewis, Amy & Phillips, Elissa J. & Robertson, William S. P. & Grimshaw, Paul N. & Portus, Marc 2018. Injury Prevention of Elite Wheelchair Racing Athletes Using Simulation Approaches Proceedings 2(6). 255. <<https://doi.org/10.3390/proceedings2060255>>.

Loiseau, Adrien & Marsan, Thibault & Navarro, Pablo & Watier, Bruno & Landon, Yann 2022. Optimizing racing wheelchair design through coupled biomechanical-mechanical simulation. International Joint Conference on Mechanics, Design Engineering and Advanced Manufacturing, Ischia (NA), Italy. <<https://insa-toulouse.hal.science/hal-03887092/document>>. Viitattu 30.12.2024.

Lundahl, Karoliina 2016. Maksimivoimalajit. Teoksessa Mero, Antti & Nummela, Ari & Keskinen, Kari & Häkkinen, Keijo (toim.). Huippu-urheiluvalmennus. Teoria- ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. VK-kustannus Oy. Lahti. 411–422.

Martin, Jeffrey 2005. Sport psychology consulting with athletes with disabilities. International Review of Sport and Exercise Psychology. 1 (2). 33-39. <https://www.researchgate.net/publication/236122927_Sport_psychology_consulting_with_athletes_with_disabilities>. Viitattu 23.12.2024.

Martin, Jeffrey J. 2016. The psychology of Paralympians and mental preparation. Chapter 5. Teoksessa Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. (toim.). Training and coaching the Paralympic athlete: Handbook of Sports Medicine and Science. International Olympic Committee. 96–107.

Martin, Jeffrey J. & Wheeler 2011. Psychology. Chapter 7. Teoksessa Vanlandewijck Y, Thompson WR. (toim.). The Paralympic athlete: Handbook of sports medicine and science. Oxford. 116–134. <https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Handbooks/2011_Vanlandewijck.pdf>. Viitattu 26.12.2024.

de Mello, Marco Tulio & de Araujo Fernandes Jr, Silvio & da Silva, Andressa. & Oswaldo Carneiro Rodrigueas, Luiz & Colantonio, Emilson & de Santanan Marcos Goncalves & Tufik, Sergio 2011. Preparation for the Paralympic Summer Games: heat, humidity, pollution. Chapter 12. Teoksessa Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. (toim.). Handbook of Sports Medicine and Science. The Paralympic Athlete. UK: Wiley-Blackwell. Chichester, West Sussex. 217–230. <https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Handbooks/2011_Vanlandewijck.pdf>. Viitattu 5.1.2024.

Mero, Antti & Nummela, Ari & Keskinen Kari & Häkkinen, Keijo 2004. Valmentaminen käytännössä. Teoksessa Mero, Antti & Nummela, Ari & Keskinen, Kari & Häkkinen, Keijo (toim.). Urheiluvalmennus. VK-kustannus Oy. Lahti. 410–438.

Mero, Antti & Kalaja, Sami 2016. Taktiikka ja joukkuepelaaminen. Teoksessa Mero, Antti & Nummela, Ari & Keskinen, Kari & Häkkinen, Keijo (toim.). Huippu-urheiluvalmennus. Teoria- ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. VK-kustannus Oy. Lahti. 305–312.

Mitä on fysioterapia? Tietoa fysioterapiasta. Fysioterapia. Suomen fysioterapeutit 2017. Helsinki. <<https://www.suomenfysioterapeutit.fi/fysioterapia/fysioterapia-ammattina/mita-on-fysioterapia/>>. Viitattu 10.5.2025.

Morse, Martin I. & Bleakney, Adam W. 2021. Speed and Strength Training for the Rollers and Gym. Wheelchair racing team -valmennusmateriaali.

Moss, Andrew D. & Fowler, Neil E. & Goosey-Tolfrey Victoria L 2005. The Intra-push Velocity Profile of the Over-ground Racing Wheelchair Sprint Start. Journal of Biomechanics, 38 (1). 15-22. <https://www.researchgate.net/publication/8201786_The_intra-push_velocity_profile_of_the_over-ground_racing_wheelchair_sprint_start>. Viitattu 13.2.2025.

Mulroy, Sara. J. & Gronley, JoAnne.K. & Newsam Craig. J. & Perry, Jacquelin 1996. Electromyographic activity of shoulder muscles during wheelchair propulsion by paraplegic person. Archives of Physical Medication and Rehabilitation. 77 (2). 187–193.

Spinal cord injury 2025. National Institute of Neurological Disorders and Stroke. National Institutes of Health. Päivitetty 7.4.2025. <<https://www.ninds.nih.gov/health-information/disorders/spinal-cord-injury>>. Viitattu 7.4.2025.

National Paralympic Heritage Trust. Wheelchair Racing. <<https://www.paralympicheritage.org.uk/wheelchair-racing>>. Viitattu 12.12.2024.

Nummela, Ari 2016a. Energia-aineenvaihdunta. Teoksessa Mero, Antti & Nummela, Ari & Keskinen, Kari & Häkkinen, Keijo (toim.). Huippu-urheiluvalmennus. Teoria- ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. VK-kustannus Oy. Lahti. 128–139.

Nummela, Ari 2016b. Nopeuskestävyyden harjoittelu. Teoksessa Mero, Antti & Nummela, Ari & Keskinen, Kari & Häkkinen, Keijo (toim.). Huippu-urheiluvalmennus. Teoria- ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. VK-kustannus Oy. Lahti. 295–304.

Osteoporoosi. Selkäsairauksia ja selkävivun syitä. Mistä selkäkipu johtuu? Selkäkipu. Selkäkanava. Selkäliitto. Helsinki. <<https://selkakanava.fi/>>. Viitattu 17.3.2025.

Osteoporoosi. Käypä hoito -suositus 2025. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Endokrinologiyhdistyksen, Suomen Gynekologiyhdistyksen ja Suomen Geriatri ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim <www.kaypahoito.fi>. Viitattu 25.3.2025.

Osteoporoosi ja selkäydinvamma 2024. Selkäydinvammaan liittyvät erityispiirteet. Selkäydinvamma. Kuntoutujalle. Kuntoutumistalo. Terveyskylän talot. Terveyskylä. <<https://www.terveyskyla.fi/kuntoutumistalo/kuntoutumistalon-opaat/selkaydinvamman-liittyvat-erityispiirteet>>. Viitattu 23.12.2024.

Pasternack, Iris & Fogelholm, Carita & Koskinen, Eerika 2018. Selkädinvammaopotilaiden kuntoutuksen vaikuttavuus. Sosiaali- ja terveysturvan tutkimuksia 151. Kela, Helsinki. 41. <<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/1f91d320-e175-48f1-a5ab-474debb9b534/content>>. Viitattu 2.5.2025.

Para-athletics explained: Wheelchair racing 2016. World Para Athletics. <<https://www.paralympic.org/news/para-athletics-explained-wheelchair-racing>>. Viitattu 21.12.2024.

Perret, Claudio 2015. Elite-adapted wheelchair sports performance: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*. 39 (2). 164–172. <https://www.researchgate.net/publication/283293450_Elite-adapted_wheelchair_sports_performance_A_systematic_review>. Viitattu 2.1.2025.

Remahl, Virpi & Wennman, Heini & Kuorikoski, Kirsi & Kuutamo, Osku & Kuorikoski, Tero 2024. Mistä teitä paraurheilijoita aina pulpahtelee? Paraurheilun organisoituminen ja tila Suomessa 2024. *Valtion Liikuntaneuvoston julkaisuja 2024:3*. 22. <<https://www.liikuntaneuvosto.fi/wp-content/uploads/2024/09/Valtion-liikuntaneuvosto-Paraurheilun-organisoituminen-ja-tila-Suomessa-2024-1.pdf>>. Viitattu 20.3.2025.

Rice, Ian & Hettinga, Florentina J. & Laferrier, Justin & Sporer, Michelle L. & Heiner, Christine M. & Burkett, Brendan & Cooper, Rory A. 2011. Teoksessa Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. (toim.). *Handbook of Sports Medicine and Science. The Paralympic Athlete*. UK: Wiley-Blackwell. Chichester, West Sussex. 33-50. <https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Handbooks/2011_Vanlandewijck.pdf>. Viitattu 5.1.2024.

Rice, Ian & Dysterheft, Jen & Bleakney Adam & Cooper, Rory 2015. The Influence of Glove Type on Simulated Wheelchair Racing Propulsion: A Pilot Study. *Int J Sports* 37(1):30-5. <doi: 10.1055/s-0035-1555926.>

Rules and regulations 2024. World Para Athletics. <https://www.paralympic.org/sites/default/files/2024-03/World%20Para%20Athletics%20Rules%20and%20Regulations_March%202024_0.pdf>. Viitattu 14.12.2024.

Röning, Tiina 2024. Psykkinen valmennus. *Terveurheilija*. Tampereen urheilulääkäriasema. Tampere. <<https://terveurheilija.fi/harjoittelu/psykkinen-valmennus/>>. Viitattu 23.12.2024.

Saari, Aija & Määttänen, Mika 2024. Soveltava liikunta. Teoksessa Arokoski, Jari & Mikkelsen, Marja & Saltychev, Mikhail & Vainionpää, Aki (toim.). *Fysiatría*. 6. uudistettu painos. Kustannus Oy Duodecim. Helsinki. 592–602.

Sandamas, Paul & Gutierrez-Farewik, Elena M. & Arndt, Anton 2020. The relationships between pelvic range of motion, step width and performance during an athletic sprint start. *Journal of Sports Sciences*. 38 (19). 2200–2207. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2020.1776914?rfr_dat=cr_pub++0pub-med&url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org#d1e177>. Viitattu 25.4.2025.

Sawka, Michael N. & Wenger, Bruce C. 2011. Physiological Responses to Acute Exercise-Heat Stress. Teoksessa Sawka, Michael N. & Wenger, Bruce C. & Pandolf, Kent B. (toim.). Thermoregulatory responses to Acute Exercise Heat Stress and Heat Acclimation. 97–151. <https://www.researchgate.net/publication/228000415_Thermoregulatory_Responses_to_Acute_Exercise-Heat_Stress_and_Heat_Acclimation>. Viitattu 26.2.2025.

Schuenke & Schulte & Schumacher 2015. Thieme Atlas of Anatomy. 2. painos. Latin Nomenclature. Thieme Medical Publishers, Inc. New York, Stuttgart, Delhi, Rio de Janeiro.

Selkäranka ja selkäydin. 2017. Mikä on selkäydinvamma? Selkäydinvamma. Kuntoutujalle. Kuntoutumistalo. Terveyskylän talot. Terveyskylä. <<https://www.terveyskyla.fi/kuntoutumistalo/kuntoutumistalon-oppaat/mika-on-selkaydinvamma/selkaranka-ja-selkaydin>>. Viitattu 21.2.2025.

Shulga, Anastasia & Vainionpää, Aki 2024. Selkäydinvauriot. Teoksessa Arokoski, Jari & Mikkelsen, Marja & Saltychev, Mikhail & Vainionpää, Aki (toim.). Fysiatría. 6. uudistettu painos. Kustannus Oy Duodecim. Helsinki. 296–318.

Silveira, Ricardo & Marinho, Daniel A. & Santos, Catarina C. & Barbosa, Tiago M. & Coelho, Eduarda & Morais, Jorge & Forte Pedro 2022. Resistive and propulsive forces in wheelchair racing: a brief review. AIMS Biophysics. 9 (1). 42–55. <<http://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/biophy.2022004>>. Viitattu 4.2.2025.

Simmons, Joshua 2021. Early hospital management. Teoksessa Reznik, Jacqueline & Simmons, Joshua (toim.). Rehabilitation in Spinal Cord Injuries. Elsevier. Chatswood. 67.

Slowik, Jonathan S. & McNitt-Gray, Jill L. & Requejo, Philip S. & Mulroy, Sara J. & Neptune, Richard R. 2016. Compensatory strategies during manual wheelchair propulsion in response to weakness in individual muscle groups: A simulation study. Clinical Biomechanics. 34–41. <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4821704/>>. Viitattu 15.1.2025.

Spastisuus ja selkäydinvamma 2024. Selkäydinvammaan liittyvät erityispiirteet. Selkäydinvamma. kuntoutujalle. Kuntoutumistalo. Terveyskylä. <<https://www.terveyskyla.fi/kuntoutumistalo/kuntoutumistalon-oppaat/selkaydinvammaan-liittyvat-erityispiirteet/spastisuus>>. Viitattu 16.3.2025.

Stilsson, Virginia G. 2006. Case study of participation and perception of wheelchair athletes in wheelchair sports. Väitöskirja. Rutgers The State University of New Jersey. Graduate School of Applied and Professional Psychology. Degree of Doctor of Psychology. <<https://www.proquest.com/docview/304940192?%20Theses&fromopenview=true&pq-origsite=gscholar&sourcetype=Dissertations%20>>. Viitattu 25.12.2024.

Suomen Paralympiakomitea. Paralympiahistoriaa. Paralympialaiset. Urheilijalle. <<https://www.paurheilu.fi/fi/59/paralympiahistoriaa>>. Viitattu 14.4.2025.

Suomen urheilufysioterapeutit ry. Urheilufysioterapeutin erityispätevyys. Sertifiointi. Helsinki. <<https://suft.fi/urheilufysioterapeutin-erityispatevyys/>>. Viitattu 14.2.2025.

Takahashi, Chieri & Suga, Tadashi & Ueno; Hiromasa. Miyake, Yuto, Tsuka, Mutsuo & Terada. Masafumi & Nagano, Akinori & Isaka, Tadao. 2018. Potential relationship between passive plantar flexor stiffness and sprint performance in sprinters. *Physical Therapy in Sport*. 32. 52–58.

Taylor, D & Williams, T. 1995. Sports injuries in athletes with disabilities: Wheelchair racing. *Spinal Cord*. 33 (5). 296–299. <<https://doi.org/10.1038/sc.1995.67>>

Tweedy, Sean & Howe, David P. 2011. Introduction to the Paralympic Movement. Chapter 1. Teoksessa Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. (toim.). *Handbook of Sports Medicine and Science. The Paralympic Athlete*. Wiley-Blackwell. Chichester, West Sussex. 3-30. <https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Handbooks/2011_Vanlandewijck.pdf>. Viitattu 5.1.2024.

Tietoa selkäydinvammasta. 2024. Mikä on selkäydinvamma. Selkäydinvamma. Kuntoutujalle. Kuntoutumistalo. Terveyskylän talot. Terveyskylä. <<https://www.terveyskyla.fi/kuntoutumistalo/kuntoutumistalon-oppaat/mika-on-selkaydinvamma/tietoa-selkaydinvammasta>>. Viitattu 23.12.2024.

Turbanski, Stephan & Schmidtbleicher, Dietmar 2010. Effects of Heavy Resistance Training on Strength and Power in Upper Extremities in Wheelchair Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24 (1). 8-16. <https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2010/01000/effects_of_heavy_resistance_training_on_strength.2.aspx>. Viitattu 24.1.2025.

Turner, Anthony N. 2009. Training for power: Principles and practice. *Prof Strength Cond* 20–32. <https://www.researchgate.net/publication/235336704_Training_For_Power_Principles_And_Practice>. Viitattu 6.1.2025.

Ungerer, Greg & Tang, Jonathan 2021. Exercise and Sport. Teoksessa Reznik, Jacqueline & Simmons, Joshua (toim.). *Rehabilitation in Spinal Cord Injuries*. Elsevier. Chatswood. 281–302.

Vanlandewijck, Yves & Theisen, Daniel & Daly, Dan 2001. Wheelchair Propulsion Biomechanics. *Sports medicine*. 31 (5). 339–367. <https://www.researchgate.net/publication/11989209_Wheelchair_propulsion_biomechanics_Implications_for_wheelchair_sports>. Viitattu 14.12.2024.

van der Woude, L.H.V & Veeger, H.E.J & Dallmeijer, A.J. 2000. Manual Wheelchair Propulsion. Luku 29. Teoksessa V.M. Zatsiorsky (toim.). In *Biomechanics in Sport*. 609–636. <https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Encyclopedia/2000_Zatsiorsky.pdf>

Vilkka, Hanna & Airaksinen, Tiina 2004. *Toiminnallinen opinnäytetyö*. Helsinki: Tammi.

Wheeler, GD. & Stedward RD. & Legg D. & Hutzler Y. & Campbell, E. & Johnson, A. 1999. Personal investment in disability sport careers: An international study. *Adapt Phys Activ Q*. 16 (3). 219–237.

Winchester, Jason B. & Nelson, Arnold G. & Landin, Michael A. & Young & Schexnayder, Irving C. 2008. Static stretching impairs sprint performance in collegiate track and field athletes. *Journal of Strength and Conditioning research*. 22 (1). 13-19. <https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2008/01000/static_stretching_impairs_sprint_performance_in.4.aspx>. Viitattu 15.4.2025.

World Para Athletics, World Records. 2025. International Paralympic Committee (IPC). IPC Sport Data Management System. <<https://db.ipc-services.org/sdms/web/record/at/html/type/WR/category/out>>. Viitattu 15.4.2025.

Yleisurheilu. Lajit. Suomen Paralympiakomitea ry. Helsinki. <<https://www.paraurheilu.fi/fi/138/yleisurheilu>>. Viitattu 12.12.2024.