

**MOTORINEN KOORDINAATIO JA SEN YHTEYS JUOKSUNAIKAISEEN
REISILIHASTEN YHTEISAKTIVAATIOON ALAKOULUIKÄISILLÄ LAPSILLA**

Pinja Jylänki

Biomekaniikan pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2019

Ohjaajat:

Taija Juutinen

Timo Rantalainen

TIIVISTELMÄ

Jylänki, P. 2019. Motorinen koordinaatio ja sen yhteys juoksunaikaiseen reisilihasten yhteisaktivaatioon alakouluikäisillä lapsilla. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, biomekaniikan pro gradu -tutkielma, 61s., 1 liite.

Kansallisten tutkimusten mukaan lapset liikkuvat entistä vähemmän ja vain kolmannes lapsista liikkuu kansainvälisten suositusten mukaisesti. Vaikka suositukset täyttyisivätkin, lapset ovat suurimman osan päivästänsä paikallaan tai liikkuvat erittäin kevyesti. Monipuolinen liikunta ja erilaisten taitojen harjoittaminen mahdollistavat motoristen perustaitojen kattavan kehittymisen. Motorisissa taidoissa ja motorisessa koordinaatiossa on havaittu heikentymistä vuosikymmenten aikana muun muassa lisääntyneen ylipainon johdosta. Koaktivaatiota eli pää- ja vastavai-kuttajalihasten yhteisaktivaatiota esiintyy niveltä ympäröivissä lihaksissa usein niveltä vakauttavana tekijänä. Koaktivaatiossa on havaittu yhteyksiä fyysisen aktiivisuuden määrään esimerkiksi hypyissä ja pyöräilyssä. Tutki-muksia juoksunaikaisista koaktivaatioista on tehty varsin vähän etenkin lapsilla. Tämän tutkielman tarkoituksena oli tutkia motorisen koordinaation ja juoksunaikaisen reisilihasten koaktivaation yhteyksiä 1., 3. ja 5. luokkalaisilla lapsilla. Motorisen koordinaation ja koaktivaation yhteyksien lisäksi tarkasteltiin koaktivaation yhteyksiä ikään sekä juoksun koordinaatiomallin kehittymistä askelten toistettavuuden kautta.

Tutkimukseen osallistui yhteensä 35 vapaaehtoista tutkittavaa, joista 21 oli tyttöjä ja 14 poikia iältään 7 – 11-vuotiaita. Juoksumittaukset toteutettiin 200 metrin sisäjuoksuradalla Hipposhallissa lapsen omavalintaisella juok-sunopeudella. Juoksun aikaisen lihasaktiivisuuden mittaamiseen käytettiin elektromyografiaa (EMG) ja kiihtyvyy-den mittaamiseen vyötärölle kiinnitettävää kiihtyvyyssanturia. Käytössä olleet EMG-shortsit mittasivat etu- ja ta-kareiden lihasryhmien aktiivisuutta shortseihin kiinnitetyillä tekstiiliektrodeilla. Kiihtyvyyden avulla EMG-datasta tunnistettiin askelparit kustomoidulla Matlab laskentakoodilla. Koaktivaation kynnyksarvona käytettiin kä-velyn EMG-arvoja ja lihaksen todettiin olevan aktiivisena kynnyksarvon ylittäessään. Lopullinen koaktivaatio il-moitettiin prosenttiosuutena askelsyklistä, lihasparien ollessa yhtäaikaaisesti aktiivisena. Motorista koordinaatiota mitattiin Körperkoordinationstest für Kinder (KTK)-testistöllä, joka koostui takaperin tasapainoilusta, esteen yli kinkkauksesta, sivuttaishyppelystä ja sivuttaissiirtymisestä. KTK-testistö on kansainvälisesti laajalti käytetty menetelmä motorisen koordinaation mittaamisessa ja sen validiteetti sekä reliabiliteetti on osoitettu hyväksi. Mittauk-set toteutettiin osana Jyväskylän yliopiston CHIPASE-projektia, jonka aikana tutkittaville suoritettiin myös muita mittauksia.

Tutkimus osoitti, että suurella osalla (70,6 %) lapsista oli normaalit motoriset koordinaationaidot. Tilastollisesti merkitseviä eroja löytyi 3. ja 5. luokkalaisten KTK-tulosten välillä ($p = 0,048$). Koaktivaation ja motorisen koor-dinaation välillä havaittiin positiivinen yhteys, mutta hypoteesin ja aiempien tutkimusten vastaisesti heikon moto-risen koordinaation todettiin korreloivan alhaiseen koaktivaatioprosenttiin ($r_s = 0,611$; $n = 13$; $p = 0,026$). Myös aikaisempien tutkimustulosten vastaisesti 5. luokkalaisilla lapsilla havaittiin koaktivaatiota (70 % askelsyklistä) keskimäärin enemmän, kuin 3. ja 1. luokkalaisilla (alle 60 %). Juoksuaskeleet olivat 3. ja 5. luokkalaisilla keski-määrin yhtä toistettavia. EMG-signaaleja tarkasteltaessa huomattiin, että 5. ja 3. luokkalaisilla lapsilla oli keski-määrin vähemmän vaihtelevuutta EMG-signaalissa verrattuna 1. luokkalaisiin.

Tuloksista voidaan päätellä, että ikään suhteutettu motorisen koordinaation kompetenssi kasvaa iän myötä. Myös juoksun koordinaatiomalli vakiintuu kehityksen myötä ja tämä näkyy EMG-signaalissa selkeämpänä lihasaktiivi-suusmallina. Koaktivaation ja motorisen koordinaation välillä havaittiin yhteys, mutta se oli ristiriidassa aiempiin tutkimustuloksiin. Aihetta tulisi tutkia lisää esimerkiksi tarkemmalla pinta elektromyografialla. Kuitenkin aiheen tutkiminen on haasteellista lasten EMG-aktiivisuuden suuren vaihtelun takia.

Asiasanat: Motorinen koordinaatio, KTK-testistö, elektromyografia, koaktivaatio, juoksu, alakoululaiset

ABSTRACT

Jylänki, P. 2019. Correlation between motor coordination and coactivation while running on elementary school children, University of Jyväskylä, Master's thesis, 61 p., 1 appendix.

According to previous studies, elementary school children are less active and only one third of the children achieves international physical activity (PA) recommendations. Although the physical activity recommendations are achieved, children are usually inactive or the intensity of PA is very light during the day. Versatile skill exercises are needed while developing motor skill capacity. Motor skills and motor coordination skills in children have been decreasing in previous decades and one of the reasons for that is increased obesity. Coactivation occurs when agonist and antagonist muscles are activated at the same time. Previous studies suggest that physical activity level correlates to muscle coactivation in jumping and cycling. In children, coactivation during running has not been extensively studied. The aim of this study was to examine correlation between motor coordination, age and coactivation in elementary school aged children. Also, coordination model of running was examined based on gait cycle repeatability.

Together 35 voluntary subjects, involving 21 girls and 14 boys age 7 – 11 years participated to the study. Running test was performed on 200-meter indoor track in Hipposhalli. Subjects got to choose their own running speed. While running the muscle activity was measured with electromyography (EMG) and acceleration with acceleration meter placed on subject's waist. Muscle activity was measured with EMG-shorts that measures muscle activation with textile electrodes. Acceleration was used to identify running pace from the EMG signal with customized Matlab script. EMG from walking was used as threshold in coactivation. When activation level in the muscle increased over threshold, the muscle was activated. Coactivation is reported as percentage of the gait, when muscle pair was activated at the same time. Motor coordination was measured with Körperkoordinationstest für Kinder (KTK). The KTK-test involves walking backwards, hopping for height, jumping sideways and moving sideways. KTK is widely used to measure motor coordination and its validity and reliability have been proven to be good. All measurements were part of ongoing CHIPASE-study in University of Jyväskylä.

The results show that 70,6 % of the subjects had normal motor coordination skills. Significant differences were found between 3rd and 5th graders KTK-test results ($p = 0,048$). Positive correlation was found between coactivation and motor coordination ($r_s = 0,611$; $n = 13$; $p = 0,026$). Although the correlation was opposite to our hypothesis and previous studies. Also 5th graders had more coactivation (approximately 70 % of the gait) than 3rd and 1st graders (under 60 %). Running gait cycle repeatability was approximately the same between 3rd and 5th graders and they had less variability in the EMG signals than 1st graders.

As conclusion we can assume that motor coordination competence increases with age. Also, coordination model of the running becomes stable with age and that leads to less variability in the EMG signal. There was positive correlation between motor coordination and coactivation, but it was in contradiction with previous studies. More research needs to be done for further conclusions. Although, it is hard to collect good quality EMG data from children, we suggest that coactivation should be studied with surface EMG in the future.

Key words: Motor coordination, KTK-test, electromyography, coactivation, running, elementary school children

KÄYTETYT LYHENTEET

| | |
|---------|---|
| CHIPASE | Children's Physical Activity Spectrum (-tutkimus) |
| EMG | Elektromyografia eli lihassähkökäyrä |
| ISO-BMI | Lasten (2 – 18-vuotiaiden) painoindeksi |
| KTK | Körperkoordinationstest für Kinder |
| MVIC | Maximum voluntary isometric contraction eli maksimaalinen tahdonalainen isometrinen lihassupistus |
| WHO | World Health Organization |

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

| | |
|--|----|
| 1 JOHDANTO..... | 1 |
| 2 LASTEN MOTORINEN KEHITYS..... | 3 |
| 2.1 Motorinen oppiminen | 6 |
| 2.2 Herkkyyskaudet | 7 |
| 3 MOTORISET PERUSTAI DOT | 10 |
| 3.1 Motorinen koordinaatio | 11 |
| 3.2 Tasapainotaidot..... | 13 |
| 3.3 Käsittelytaidot..... | 14 |
| 3.4 Liikkumistaidot..... | 14 |
| 4 JUOKSUN BIOMEKANIikka | 16 |
| 4.1 Askelsykli | 17 |
| 4.2 Lihasaktiivisuus | 18 |
| 4.3 Koaktivaatio | 20 |
| 5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS..... | 23 |
| 6 MENETELMÄT..... | 25 |
| 6.1 Tutkimusasetelma..... | 25 |
| 6.2 Tutkittavat..... | 26 |
| 6.3 Mittausprotokolla | 26 |
| 6.4 Mittaukset ja datan käsittely | 29 |
| 6.4.1 Motorisen koordinaation mittaaminen KTK-testistöllä..... | 29 |
| 6.4.2 Kiihtyvyyden ja lihasaktiivisuuden mittaaminen | 31 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.4.3 | Askelparien tunnistaminen | 33 |
| 6.4.4 | Kynnysarvojen määrittäminen EMG-signaalista | 35 |
| 6.4.5 | Koaktivaation ja EMG-signaalin keskihajonnan määrittäminen..... | 36 |
| 6.5 | Tilastolliset analyysit | 38 |
| 7 | TULOKSET | 40 |
| 7.1 | Motorinen koordinaatio | 41 |
| 7.2 | Koaktivaatio | 42 |
| 7.2.1 | Koaktivaation raja-arvona yksinkertaiset kävelyn EMG-arvot | 42 |
| 7.2.2 | Koaktivaation raja-arvona kaksinkertaiset kävelyn EMG-arvot | 44 |
| 7.3 | Askelten toistettavuus..... | 46 |
| 7.4 | Askeleen sisäinen keskihajonta | 47 |
| 8 | POHDINTA JA YHTEENVETO..... | 49 |
| 8.1 | Tulosten pohdinta | 49 |
| 8.2 | Johtopäätökset ja jatkoehdotukset | 52 |
| | LÄHTEET | 53 |
| | LIITTEET | |

1 JOHDANTO

WHO:n kansainvälisten suositusten mukaan 5 – 17-vuotiaiden lasten ja nuorten tulisi liikkua vähintään tunti aerobista liikuntaa päivittäin, ja vähintään kolmena päivänä viikossa tähän tulisi sisällyttää lihaksia ja luustoa vahvistavaa rasittavaa liikuntaa. Lapsille hyviä liikuntamuotoja ovat erilaiset pelit ja kilpailut, välimatkaliikunta, arkiaskareet, harrastukset, koululiikunta ja muut ohjatut harjoitukset vanhempien, koulun tai yhteisön toimesta. (World Health Organization 2011.) Vuonna 2018 kansallisen LIITU -tutkimuksen mukaan vain noin kolmannes 7 – 15-vuotiaista lapsista ja nuorista liikkui suositusten mukaisesti tunnin päivässä. Nuoremmat lapset liikkivat yleisemmin liikuntasuositusten mukaisesti verrattuna vanhempaan ikäluokkaan ja myös poikien todettiin saavuttavan liikuntasuositus useammin tyttöihin verrattuna. (Kokko ym. 2019.)

Vaikka kansainväliset liikuntasuositukset toteutuisivatkin, lapset ovat suurimman osan päivänsä paikallaan tai liikkuvat erittäin kevyesti (Vale ym. 2010). Päivittäinen fyysinen aktiivisuus on suuressa roolissa motoristen taitojen kehittämisessä (Zeng ym. 2017) ja tutkimusten perusteella voidaan olettaa, että fyysisesti aktiivisemmat lapset ovat myös motorisilta taidoiltaan pätevämpiä (Wrotniak ym. 2006). Motoriset taidot luovatkin perustan lapsen liikkumiselle ja lapsuudessa kehitetyt hyvät motoriset taidot johtavat usein korkeampaan fyysiseen aktiivisuuteen myös myöhemmällä iällä. Korkeamman fyysisen aktiivisuuden lisäksi hyvillä motorisilla taidoilla on yhteyksiä myös muihin terveyttä edistäviin tekijöihin, kognitiivisiin taitoihin sekä psyykkiseen hyvinvointiin. (Rintala ym. 2016.)

Motoriset perustaidot ovat jaettavissa tasapaino-, käsittely- ja liikkumistaitoihin (Numminen 1996, 24). Näiden muodostuminen edellyttää tiettyjen fyysisten tekijöiden, kuten voiman, tasapainon, liikkuvuuden, ketteryyden, nopeuden ja koordinaation kehittymistä alle kouluikäisenä (Numminen 1996, 62). Motorisen koordinaation kehitys näkyy lähes kaikissa liikkeissä, joita lapsi tuottaa. Kehitys on havaittavissa etenkin vartalon sekä sen osien liikeyhdistelmissä. Motorisissa koordinaatiotaidoissa jälkeen jääminen saattaa johtua esimerkiksi liikunnan puutteesta

ja sitä kautta vähäisiksi jääneiden kokemusten aiheuttamasta hermostollisesta kehityksestä jälkeeseen jäämisestä. (Numminen 1996, 41.)

Motorinen koordinaatio onkin tärkeä tekijä juoksemisen oppimisessa ja sen sujuvoittamisessa. Aikaisemmissa tutkimuksissa on pystytty osoittamaan, että fyysisellä aktiivisuudella on vaikutuksia lihasten aktivoitumismalleihin ja niin sanottuun koaktivaatioon eli lihasten yhteisaktivaatioon. Tutkimuksia aiheesta on tehty lapsilla melko rajallisesti ja varsinkin juoksun aikaista reisilihasten koaktivaatiota on tutkittu vähän. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää motorisen koordinaation vaikutuksia juoksun aikana havaittuun etu- ja takareisilihasten koaktivaatioon sekä selvittää onko lapsen iällä vaikutusta näihin muuttujiin. Motorisen koordinaation ja koaktivaation lisäksi tarkastellaan juoksuaskelten toistettavuutta ikäryhmittäin.

2 LASTEN MOTORINEN KEHITYS

Motorisella kehityksellä viitataan iän mukaisiin muutoksiin erinäisten liikkeiden muodostamisessa. Motoriseen kehitykseen vaikuttavat niin yksilölliset kuin ympäristöllisetkin tekijät. Kehitys ei ole siis riippuvaista iästä, mutta normaalissa kehityksessä on havaittavissa iälle ominaisia piirteitä. Yksilölliset erot vaikuttavat kehitykseen ja tästä johtuen motoriset taidot kehittyvät eri tahdissa. Yhtenevää kaikilla yksilöillä on motorisen kehityksen eteneminen: yhden taidon oppiminen mahdollistaa seuraavan taidon oppimisen synnyttäen jatkumon. Motorinen kehitys ei siis lopu tiettyyn pisteeseen tai ikään vaan jatkuu läpi elämän. Voidaan siis todeta, että kaikki yksilöt käyvät läpi samankaltaiset motorisen kehityksen vaiheet, mutta tästä huolimatta lopputuloksena on motorisilta taidoiltaan uniikkeja yksilöitä. (Haywood & Getchell 2009, 4 – 5.)

Kehittyminen on koko elämän jatkuva prosessi. Yleisesti ottaen kehitys nähdään lapsen lisääntyvänä motorisena kapasiteettina. Kuitenkin motorinen kehitys on riippuvainen useista kehitykseen liittyvistä tekijöistä. Esimerkiksi kroonisesti sairailta lapsilla kehitys kattaa myös liikkumisen kapasiteetin taantumisen iän myötä. Normaalin kehityksen myötä lapsilla on havaittavissa vähittäisiä muutoksia niin liikkumis- ja käsittelytaidoissa, kuin toiminnan vakaantumisesakin. Varhaislapsuudessa lapsi saavuttaa vähäistä liikkumisen kontrollia, jonka avulla lapsi selviää yksinkertaisista motorista tehtävistä. Esi- ja peruskouluikäisillä lapsilla kehitystä ja tarkkuutta tapahtuu etenkin yleistaidoissa. Myöhäislapsuudessa, nuoruudessa ja aikuisena yleis- taidoista kehitetään aina yksityiskohtaisempia ja monimutkaisempia taitoja. (Gallahue & Donnelly 2003, 38.)

Refleksitoimintojen vaihe. Ensimmäiset liikkeet, mitä sikiö ja vastasyntynyt muodostavat ovat reflektiivisiä. Refleksitoimintojen vaihe kestää kohdusta noin yhteen ikävuoteen asti. Refleksit ovat tahdottomia liikkeitä, jonka avulla vastasyntynyt saa tietoa häntä ympäröivästä ympäristöstä. Tahdottomia liikkeitä käynnistävät muun muassa kosketus, valo, äänet ja painemuutokset. Ensimmäisiä refleksejä nimitetään alkukantaisiksi reflekseiksi, jotka jaetaan informaation keräämiseen, ravinnon hankintaan ja suojavasteeseen. Alkukantaisten refleksien tarkoituksena on mahdollistaa lapsen selviäminen syntymän jälkeen. Alkukantaisia refleksejä seuraa asento-

refleksit. Asentoreflaksit muistuttavat hyvin paljon myöhemmin esiintyviä tahdonalaisia liikkeitä, mutta ne ovat tahdottomia. Niiden avulla vauvan hermostoa valmistellaan tasapaino-, liikkumis- ja käsittelytaitoihin. Esimerkiksi varhaisilla askel- ja konttausreflekseillä on paljon yhteisiä piirteitä tahdonalaisen kävelyn ja konttaamisen kanssa. (Gallahue & Ozmun 2002, 47.)

Alkeellisten taitojen omaksumisen vaihe. Ensimmäisiä tahdonalaisia liikkeitä, joita lapsi tuottaa kutsutaan alkeistaidoiksi. Alkeellisten taitojen omaksumisen vaihe alkaa syntymästä ja kestää noin kahteen ikävuoteen asti. Alkeistaidot ovat kehityksestä riippuvaista ja niihin vaikuttavat niin biologiset, ympäristölliset kuin tehtäväkohtaisetkin tekijät. Vaihe ovat jaettavissa kahteen progressiivisesti etenevään vaiheeseen: refleksejä estävään vaiheeseen sekä esikontrollivaiheeseen. Refleksejä estävässä vaiheessa tahdottomia refleksejä aletaan vähitellen estämään ja niitä korvataan tahdonalaisilla liikkeillä. Tässä vaiheessa liikkeet esiintyvät vielä hyvin kontrolloimattomina ja karkeina. Noin vuoden ikäisenä lapsi siirtyy esikontrollivaiheeseen ja liikkeisiin tulee mukaan tarkkuutta sekä kontrollia. Tässä vaiheessa lapsen kehitys on erittäin nopeaa lisääntyneiden kognitiivisten ja motoristen taitojen takia. (Gallahue & Ozmun 2002, 47 – 48.)

Motoristen perustaitojen oppimisen vaihe. Motoristen perustaitojen kehittyminen sijoittuu varhaislapsuuteen, 2 – 7 ikävuoteen. Lapsi alkaa aktiivisesti kokeilemaan liikekapasiteettiaan ja harjoittelemaan tasapaino-, liikkumis- ja käsittelytaitoja erillään sekä hiljalleen myös yhdistetynä. Motoristen perustaitojen oppimisen myötä lapsi muodostaa mallin perusliikkeille, joiden avulla hän pystyy vastaamaan erilaisiin motorisiin haasteisiin. Tämän vaiheen aikana liikkeiden kontrollointi lisääntyy ja lapsi oppii muun muassa juoksemaan, hyppäämään, kävelemään lankulla ja tasapainoilemaan yhdellä jalalla. Motoristen perustaitojen oppimiseen vaikuttavat kehitykselliset erot, mutta kuitenkin myös ympäristölliset tekijät kuten mahdollisuudet harjoitteluun, rohkaiseminen, ohjeistus ja elinympäristö vaikuttavat merkittävästi taitojen kehittymiseen. (Gallahue & Ozmun 2002, 48 – 49.)

Motoristen perustaitojen kehittyminen jaetaan vielä kolmeen peräkkäiseen vaiheeseen: varhaiseen eli kognitiiviseen vaiheeseen, väli- eli assosiatiiviseen vaiheeseen ja lopulliseen eli autonomiseen kehitysvaiheeseen. Kognitiivisessa vaiheessa lapsi alkaa yrittää ensimmäisen kerran päämäärätietoisesti motoristen perustaitojen suorittamista. Tässä vaiheessa liikesarjat ovat

usein väärin toteutettuja, vartalon käyttö on merkittävästi rajoitettua tai ylikorostettua ja liikkeiden rytmi sekä koordinaatio ovat vielä heikkoa. Useimmiten 3 – 4 vuoden ikäisenä lapsi saavuttaa motoristen perustaitojen kehityksessä assosiativisen vaiheen. Tässä vaiheessa motoristen perustaitojen kontrolli ja rytmisen koordinaatio on jo parantunutta, mutta liikkeet ovat edelleen rajoittuneita tai ylikorostuneita. Useat yksilöt, niin aikuiset kuin lapsetkin, jäävät monissa motoristen perustaitojen liikemalleissa assosiativiseen vaiheeseen eivätkä pääse ollenkaan autonomiseen vaiheeseen. Autonomisessa vaiheessa liike on mekaaniselta hyötysuhteeltaan hyvää ja suoritukset ovat koordinoituja sekä hyvin kontrolloituja. Tutkimusten mukaan lapsen tulisi saavuttaa autonominen vaihe 5 – 6 ikävuoden kohdalla. Jotta lapsen motoriset perustaidot voivat kehittyä autonomiseen vaiheeseen asti, tulee hänelle tarjota mahdollisuuksia harjoitteluun sekä ympäristö, missä häntä rohkaistaan ja ohjeistetaan. Ilman tätä lapsen on lähes mahdotonta saavuttaa autonomista vaihetta, mikä tulee vaikuttamaan negatiivisesti yleisten liikevalmiuksien kehittymiseen. (Gallahue & Ozmun 2002, 49 – 50.)

Yleisten liikevalmiuksien kehittymisen vaihe. Yleisiä liikevalmiuksia hyödynnetään erilaisista haastavista motorisista tehtävistä selviytymisessä joka päiväisessä elämässä, niin vapaa-ajalla kuin liikuntaharrastuksissakin. Yleisten liikevalmiuksien kehittymisen aikana tasapaino-, liikumis- ja käsittelytaitoja harjoitetaan, yhdistetään ja täsmennetään vastaamaan erittäin vaativia tilanteita. Kehitys jakautuu kolmeen osaan: siirtymävaiheeseen, lajitaitojen oppimisen vaiheeseen sekä opittujen taitojen hyödyntämisen vaiheeseen. (Gallahue & Ozmun 2002, 50.)

Yleisten liikevalmiuksien kehitysvaiheeseen lapset siirtyvät yleensä 7 – 8 vuotiaina. Siirtymävaiheessa lapset alkavat yhdistellä motorisia perustaitoja erikoistuneisiin suorituksiin. Tästä esimerkkejä ovat köysisillä käveleminen ja hyppynarulla hyppiminen. Erittäin tärkeää tässä vaiheessa on kiinnittää huomiota siihen, että lapsen motorinen kontrolli ja liikekapasiteetti lisääntyvät useiden eri aktiviteettien ohessa. 11 – 13 vuotiaana lapsen kognitiiviset taidot ja kokemukset ovat jo niin vahvoja, että hän alkaa tehdä omia päätöksiä liikunnan suhteen. Esimerkiksi lapsi voi tehdä itselleen sopivan lajivalinnan tässä lajitaitojen oppimisen vaiheessa. Tämä johtaa entistä haastavimpien taitojen kehittymiseen ja niiden käyttöön kehittyneemmissä aktiviteeteissa ja valitussa urheilulajissa. Noin 14 vuoden kohdalla nuori siirtyy lajien erityistaitojen kehitysvaiheeseen, joka jatkuu koko aikuisuuden ajan. Tässä opittujen taitojen hyödyntä-

misen vaiheessa hyödynnetään lapsuudessa kehittyneitä motorisia taitoja. Aikaisemmissa vaiheissa kerrytetty motorinen kompetenssi, mielenkiinnonkohteet ja valinnat pysyvät elämässä mukana ja niitä kehitetään edelleen. Tämä vaihe voidaan lukea siis kaikkien edellisten vaiheiden kulmakiveksi, joka jatkuu ja muokkautuu koko loppuelämän ajan. (Gallahue & Ozmun 2002, 50 – 51.)

2.1 Motorinen oppiminen

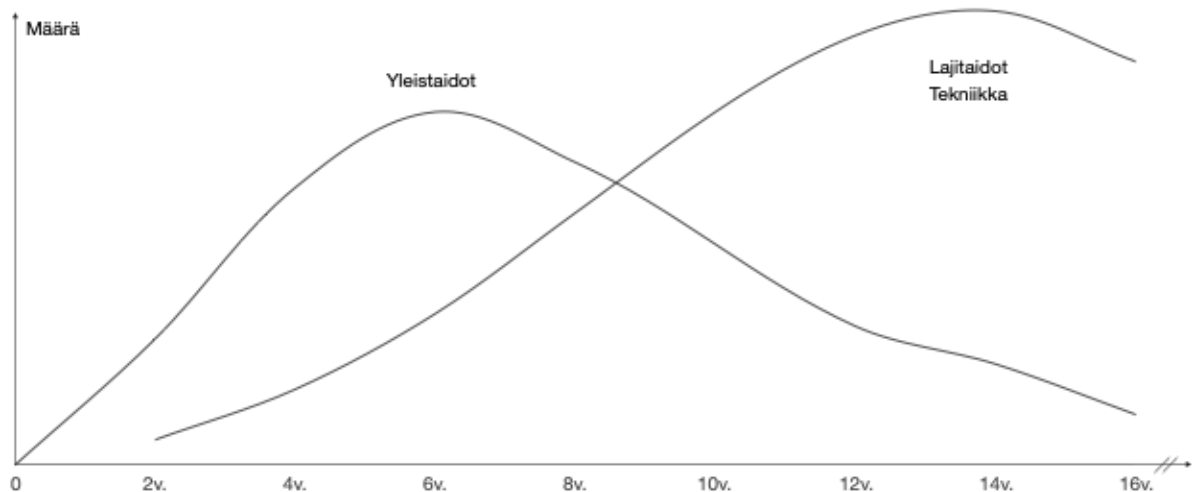
Kaikki muutokset liikkeiden muodostamisessa eivät kuitenkaan lukeudu motoriseen kehitykseen, vaan niitä kutsutaan motoriseksi oppimiseksi. Motorinen oppiminen ei ole motorisen kehityksen tavoin yhteydessä ikään vaan enemmänkin taitojen harjaantumiseen. (Haywood & Getchell 2009, 5.) Schmidt & Leen (2014, 178) mukaan motorinen oppiminen on harjoitteluun tai kokemukseen pohjautuva tapahtumasarja, joka muokkaa pysyvästi kyvykkyyttä suoriutua taitoa vaativista suorituksista. Motorista oppimista ovat esimerkiksi sellaiset muutokset, jotka valmentaja saa aikaiseksi muuttamalla pieniä yksityiskohtia tietyssä liikesarjassa. Yhdessä motorinen kehitys ja oppiminen muodostavat yksilön motorisen käyttäytymisen perustan. (Haywood & Getchell 2009, 5.)

Motorinen oppiminen on yksinkertaisimmillaan nähtävissä harjoittelusta johtuvana suorituksen parantumisena. Tämä on itsestään selvää, mutta kuitenkin sen taustalla tapahtuu paljon enemmän kuin on nähtävissä. Harjoituksen aikana keskushermostossa tapahtuu useita muutoksia, jotka auttavat saavuttamaan suhteellisen pysyvää kehitystä liikkumisen kapasiteetissa. Tätä kapasiteetin kehittymistä ei kuitenkaan pystytä suoranaisesti havaitsemaan, vaan muutoksia voidaan päätellä suorituksista, joita kehityksen oletetaan parantavan. Toisin sanoen harjoittelulla parannetaan perustana olevaa kapasiteettia suoriutua taitoa vaativista suorituksista ja kehitykset kapasiteetissa johtavat puolestaan yksittäisen suorituksen paranemiseen. (Schmidt & Lee 2014, 178.)

2.2 Herkkyyskaudet

Herkkyyskaudella tarkoitetaan tiettyä ikää, jonka aikana jonkin taidon omaksuminen on helpointa. Herkkyyskausi ei kuitenkaan tarkoita samaa kuin kriittinen kausi. Herkkyyskauden aikana taidon oppiminen on helpompaa, mutta taito on myös omaksuttavissa myöhemmällä iällä. Kriittisen kauden aikana jokin taito täytyy oppia juuri tietyn ikävaiheen aikana tai sen saavuttaminen on erittäin hankalaa myöhemmässä vaiheessa. (Anttila ym. 2010, 21-22.) Lapsuus on erittäin otollista aikaa oppimiselle eikä oppimisen tiellä ole myöhemmin mukaan tulevia negatiivisia oppimiskokemuksia, kyvyttömyyden tunteita sekä pelkoa itsensä loukkaamisesta tai hyljätyn tulemisesta. Koko lapsuuden aikakausi voidaan nähdä herkkyyskautena yleistaitojen ja erinäisten lajitaitojen oppimiselle. (Gallahue & Donnelly 2003, 42 - 43.)

Taidon ja tekniikan herkkyyskausi. Hermosto kehittyy 5. – 6. ikävuoteen mennessä 80 – 90%:iin aikuisen hermoston koosta. Hermoston kehitys hidastuu 12. ikävuoden kohdalla muuhun elimistön kehitykseen verrattaessa huomattavasti. (Mero 2004a, 21.) Meron (2004b, 241) mukaan juuri varhaisen hermostollisen kehityksen takia taidon ja tekniikan oppimisen herkkyyskausi on jo lapsuudessa (kuvio 1). Liikkeiden ja liikkumisen taidot opitaankin hermoston kehittymisen myötä ilman erillistä huomiota 1 – 5 vuoden iässä. Tämä aika on parasta yleistaitojen kehityksen ja kehittämisen kannalta. 7 – 10 vuoden ikä on taas yleistaitojen vakiinnuttamisen aikaa. Herkkyyskauden hyödyntämättä jättäminen vaikeuttaa korkeampien taitotasojen saavuttamista myöhemmässä vaiheessa. (Gallahue & Donnelly 2003, 43). Voidaankin siis todeta, että ensimmäiset 10 elinvuotta ovat taitoharjoittelun kannalta erittäin tärkeitä (Mero 2004a, 22).



KUVIO 1. Yleistaitojen, lajitaitojen ja tekniikan herkkyyskaudet (mukaillen Mero & Numminen 1990, 63).

Koordinatiivisten edellytysten herkkyyskausi. 1 – 6 vuoden iässä kehittyvät myös koordinatiiviset edellytykset, jotka toimivat myöhemmin urheiluun liittyvien lajitaitojen perustana. Koordinatiiviset edellytykset koostuvat reaktio-, suuntautumis-, rytmittäytymis-, tasapaino-, erottelu-, yhdistely- ja sopeutumiskyvystä. Reaktiokyvyllä tarkoitetaan kykyä reagoida nopeasti tiettyyn merkkiin, kuten ääneen tai kosketukseen. Suuntautumiskyvyllä kuvataan puolestaan kykyä ohjata ja muuttaa kehon liikkeitä sekä sijaintia ajan, asennon ja tilan suhteen. Suuntautumiskyky lähtee yleensä näköaistimuksesta, jonka perusteella sovelletaan liikettä. Rytmittämiskyvyllä säädelään lihastoiminnan oikea-aikaisuutta, kestoa ja nopeutta. Esimerkiksi tanssiminen mahdollistetaan rytmittämiskyvyllä. Tasapainokyky kuvaa joko staattista eli paikallaan olevaa tai dynaamista eli liikkeessä tapahtuvaa tasapainon hallintaa. Erottelukyvyllä tarkoitetaan kykyä tuntea eri liikkeet, asennot ja voimantuoton vaihtelut. Erottelukyvyyn avulla saavutetaan liikkeiden tarkkuus ja taloudellisuus. Yhdistelykyvyllä yhdistetään kehon eri osien liikkeitä ja sopeutumiskyky mahdollistaa liikkeiden suorittamisen poikkeuksellisissa olosuhteissa. (Mero & Numminen 1990, 54 – 55.)

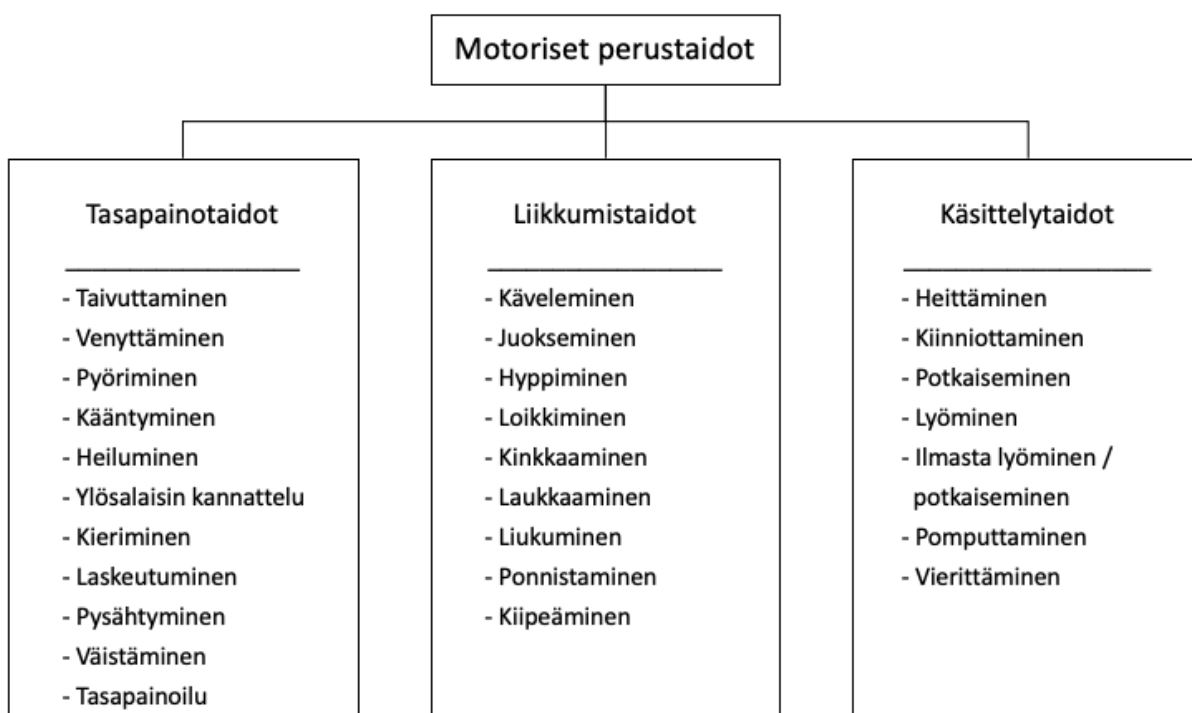
Nopeuden herkkyyskausi. Taidon lisäksi nopeutta on painotettava jo varhaislapsuudessa hermolihasjärjestelmän kehittymisen vuoksi (Mero 2004b, 244). Mero & Pullisen (1990, 116) mukaan nopeus on voimakkaasti periytyvää hermolihasjärjestelmän osalta. Kuitenkin biologis-

ten rakennemuutosten saavuttaminen on mahdollista, mutta muutokset ovat helpoiten saavutettavissa erittäin varhaisessa vaiheessa lapsuutta, jopa ennen ensimmäistä ikävuotta. Taidon ja koordinatiivisten edellytysten kehitys 1 – 6 ikävuoden aikana mahdollistaa myös liikkeiden ja liikesarjojen suorittamisen entistä nopeammin. (Mero & Pullinen 1990, 116.) Näin ollen kuuden vuoden ikäisestä lähtien lapset pystyvät nopeuttamaan liikkeitään. Tällöin lapsen kehitys on edennyt sille tasolle, että hän pystyy yhdistelemään vartalon eri osien välisiä liikkeitä sekä samalla, että vastakkaisella puolella vartaloa. (Mero & Numminen 1990, 52.)

Gallahue & Donnelly (2003, 52) mukaan motoristen taitojen kehittämisessä jälkeen jääminen johtaa usein lapsen turhautumiseen ja epäonnistumisiin, ja sillä on kauaskantoisia vaikutuksia myös myöhemmin nuoruudessa sekä aikuisuudessa. Esimerkiksi, jos lapsi ei ole täysin kehittynyt heittämisessä, kiinniottamisessa tai potkaisemisessa, ei hän pysty menestyksekkäästi ottamaan osaa ja nauttimaan sosiaalisista yhteispeleistä muiden lasten kanssa. Tämän kaltaiset kokemukset laskevat muun muassa lapsen itsetuntoa. Herkkyyskausien sijoittuminen lapsuuteen ei tarkoita sitä, etteikö niitä voisi oppia myöhemmin elämässä. Kuitenkin motoristen taitojen oppiminen on helpointa lapsuudessa ja tästä johtuen taidot jäävätkin usein oppimatta, mikäli niitä ei lapsuudessa opittu. (Gallahue & Donnelly 2003, 52.)

3 MOTORISET PERUSTAIIDOT

Ihminen kohtaa elämänsä eri vaiheissa useita motorisia haasteita. Vaikka motoriset haasteet ovat vaihtelevia, on pystytty osoittamaan ryhmä motorisia perustaitoja, jotka ovat edellytyksenä kaikelle liikkumiselle. Motoriset perustaidot on jaettu David Gallahuen (1993) toimesta kolmeen ryhmään: tasapainotaitoihin, liikkumistaitoihin sekä käsittelytaitoihin. Tasapainotaidot mahdollistavat muut motoriset perustaidot ja ovat näin ollen motoristen perustaitojen perusta. Liikkumistaidot kuvaavat ihmisen kykyä liikkua paikasta toiseen esimerkiksi kävelemällä tai juoksemalla ja käsittelytaidot puolestaan kykyä käsitellä esineitä, välineitä tai telineitä eri kehon osilla (kuvio 2). (Gallahue ym. 2012; Sääkslahti 2015; Rintala ym. 2016.)



KUVIO 2. Motoristen perustaitojen ryhmittely (mukaiillen Gallahue & Donnelly 2003, 54).

Laukkanen ym. (2013) ovat todenneet Shumway-Cook & Wollacott (2012) viitaten, että lapsuudessa motoristen taitojen riittävä kartuttaminen on osa elintärkeää kehittymistä. Erilaisissa

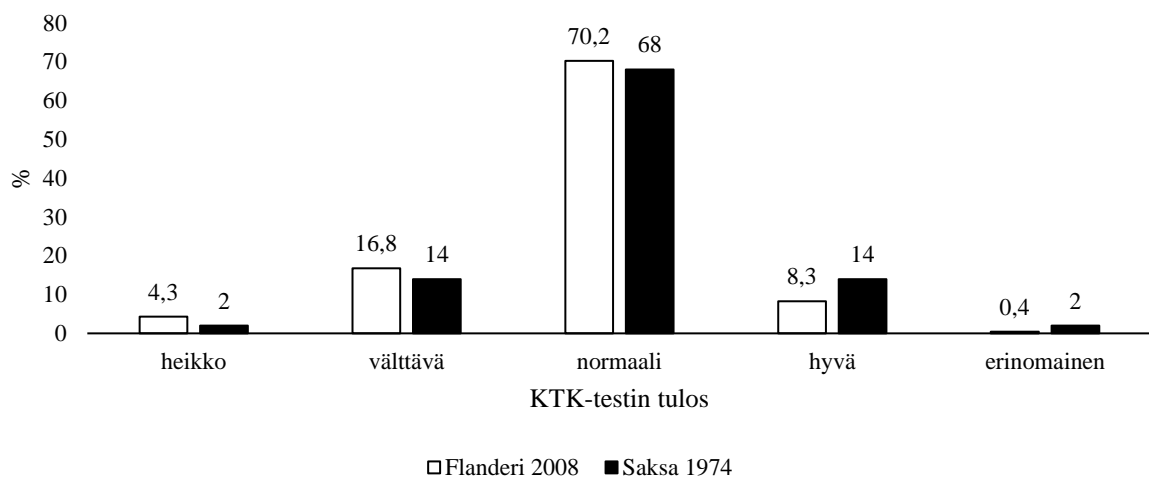
ympäristöissä liikkuminen sekä uusien taitojen omaksuminen vaativat lapselta laajaa kirjoa erilaisia karkea- ja hienomotorisia taitoja. Alhaisemmalle motoristen taitojen taitotasolle jäämisellä onkin todettu olevan yhteyksiä heikompiin fyysisiin kykyihin (Robinson 2011), alhaisempaan akateemiseen kouluttautumiseen (Kantomaa ym. 2013) sekä terveydellisiin tekijöihin kuten suurempaan painoindeksiin (BMI) ja vyötärön ympäröykseen (Okely, Booth & Chey 2004; D’Hondt ym. 2011; Lopes ym. 2012b). Laukkasen ym. (2013) tutkimuksen mukaan karkeamotorisilta taidoiltaan kehittyneemmät 5 – 8-vuotiaat lapset omaksuvat fyysisesti aktiivisemmän elämäntyylin herkemmin ja heille kertyy istumista päivittäin vähemmän. Myös vanhempien fyysinen aktiivisuus ja heidän antama sosiaalinen tuki fyysistä aktiivisuutta kohtaan vaikuttaa myönteisesti lasten fyysiseen aktiivisuuteen ja tätä kautta myös parempiin motorisiin taitoihin. (Laukkanen ym. 2015.)

3.1 Motorinen koordinaatio

Motorinen koordinaatio tarkoittaa aistien ja hermolihaskäytännön yhteistyönä tuotettua lihasten yhteistoiminnan säätelyä (Mononen, Blomqvist & Konttinen 2017), joka mahdollistaa motoristen taitojen muodostumisen mahdollisimman tehokkaaksi (Iivonen, Sääkslahti & Laukkanen 2016). Motorinen koordinaatio onkin motoristen taitojen tärkeä osatekijä, jota tarvitaan jokapäiväisessä elämässä (Mononen ym. 2017). Lopes ym. (2011) mukaan lapsuudessa kerrytetyillä motorisen koordinaation taidoilla on kauas kantoisia vaikutuksia fyysisessä aktiivisuudessa. Tutkimuksessaan he huomasivat, että kuusi vuotiaana hyvät motorisen koordinaation taidot omaavat lapset säilyttivät saman fyysisen aktiivisuuden tason myös seuraavana kolmena vuotena. Kuitenkin saman ikäisillä lapsilla, joilla motorinen koordinaatio oli alhaisella tai keskinkertaisella tasolla, huomattiin merkittävää vähentymistä fyysisessä aktiivisuudessa saman seurantajakson aikana. Motorista koordinaatiota voidaan siis pitää merkittävä fyysisen aktiivisuuden ennustaja 6 – 10 vuotiailla lapsilla. (Lopes ym. 2011.)

Roth ym. (2010) mukaan esikouluikäisten lapsien tasapaino- ja heittotaidot ovat heikentyneet viimeisen 20 – 30 vuoden aikana. Molemmat taidot vaativat hyviä koordinaatiotaitoja, mikä viittaisi siihen, että lasten koordinaatiotaidot ovat heikentyneet vuosikymmenten aikana. Tämä saattaa olla seurausta yleisesti vähentyneestä fyysisestä aktiivisuudesta sekä motoristen taitojen

monipuolisen harjoittamisen vähenemisestä. Monosen ym. (2017) mukaan osalle kouluikäisistä lapsista kertyy fyysistä aktiivisuutta pääasiallisesti ainoastaan koulupäivän aikana ja vapaa-ajan fyysinen aktiivisuus on vähäistä. Toisaalta pelkästään jo korkea liikkumattoman ajan määrä itsessään on yhteydessä motorisen koordinaation heikkenemiseen (Lopes ym. 2012a). Vanderpe ym. (2011) mukaan 35 vuodessa lapsista on tullut keskimäärin antropometrisesti isompi kokoisia ja he saavuttavat puberteetti-ään aiemmin. Tämä näkyy muun muassa siinä, että vuonna 2008 Flanderissa lapset saavuttivat keskimäärin heikommät tulokset KTK – testissä kuin vuonna 1974 Saksassa (kuvio 3).



KUVIO 3. Motorisen koordinaation jakautuminen KTK - testin mukaisesti vuonna 1974 Saksassa ja 2008 Flanderissa (mukaillen Vanderpe ym. 2011).

Lasten motorisen koordinaation mittaamiseen on käytetty laajalti Euroopassa jo useiden vuosikymmenten ajan KTK-testistöä. Körperkoordinationstest für Kinder (KTK) on saksalaisten lasten ja nuorten psykiatrien E. J. Kiphardin ja F. Schillingin vuonna 1974 standardisoima 5 – 14 vuotiaiden lasten motorista koordinaatiota mittaava testistö. Kiphardin ja Schillingin tarkoituksena oli kehittää käytännöllinen testi, osoittamaan yksilön kykyä yhdistää aistihavainnot sekä motoriikka hallitakseen omaa kehoaan. Myöhemmin KTK – testistö on otettu käyttöön myös muilla tieteenaloilla ja on yleisesti käytetty myös muissa kuin alkuperäisessä tarkoituksessaan. (Kiphard & Schilling 2007; Iivonen, Sääkslahti & Laukkanen 2015.)

Iivosen ym. (2015) mukaan KTK – testistö soveltuu niin normaalisti kehittyneille kuin erityistarpeita tarvitseville lapsille. Neljä kohtaa sisältävä KTK – testistö koostuu takaperin tasapainoilusta, esteen yli kinkkauksesta, sivuttaishyppelystä ja sivuttaissiirtymisestä. Testistön avulla saadaan tietoa lapsen dynaamisesta tasapainosta, nopeudesta, ketteryydestä ja voimasta (Lopes ym. 2012a). Näin ollen KTK- testistö kattaa motorisista taidoista ainoastaan yhden osa-alueen: tasapainotaitojen mittaamisen. Tästä johtuen sen rinnalla tulisi käyttää myös muita motorisen taitojen mittaristoja, jotta lapsen motorisesta kompetenssista saataisiin kokonaisvaltaisempi kuva. (Rudd ym. 2015.)

3.2 Tasapainotaidot

Tasapaino on yksi merkittävimmistä taidoista opittaessa liikkumaan (Gallahue & Ozmun 2002, 188). Liikkeiden muodostamisen yksi tärkeimmistä mahdollistajista on kehon vakaana pitäminen ja tästä johtuen tasapainotaitoja voidaan pitää liikkumis- ja käsittelytaitojen perustana. Tasapainotaidot sisältävät sekä staattisia että dynaamisia tasapainotaitoja. Staattinen tasapaino ilmenee henkilön ollessa paikallaan, jolloin on pystyttävä pitämään tasapaino samalla, kun vartalo kiertyy oman horisontaali tai vertikaali akselin ympäri. Staattista tasapainoa vaaditaan esimerkiksi kurkottaessa, kääntyessä, kumartuessa ja venytellessä. Dynaaminen tasapaino puolestaan tarkoittaa tasapainon säilyttämistä maanvetovoimaa vastaan erilaisissa liikkeissä. Esimerkiksi vastustajan väistäminen ja kuperkeikan tekeminen vaativat dynaamista tasapainoa. (Gallahue & Donnelly 2003, 53 – 56.)

Tasapainotaitojen kehitys etenee progressiivisesti ja lapsi oppiikin ensin staattisia tasapainotaitoja paikallaan ja vasta tämän jälkeen dynaamisia tasapainotaitoja liikkueensa paikasta toiseen. Tasapainotaitojen kehitys tapahtuu erityisesti 5. – 7. ikävuoden välillä. (Numminen 1996, 24.) Tasapainon ja monipuolisen keuhonhallinnan kehitys vaatii intensiteetiltään erittäin kevyttä liikumista tai jopa paikallaan oloa. Tällaisessa liikkeessä vaaditaan paljon isometristä lihasaktiivisuutta, joka rasittaa hermojärjestelmää. Onkin mahdollista, että kovavauhtinen ja intensiivinen suorittaminen saattavat jopa heikentää tasapainotaitojen kehittymistä. Fyysisesti aktiiviset lapset liikkuvat usein suurella intensiteetillä, joten olisi tärkeää, että myös he suorittaisivat ke-

hohhallintaa kehittäviä harjoitteita. (Laukkanen ym. 2014.) On tärkeää harjoittaa tasapainotaitoja nuorena, sillä lihastoiminnan kehittyminen vaatii hermostolta tiettyä johtumisnopeutta, joka on parhaimmillaan lapsena ja hidastuu iän myötä (Numminen 1996, 24).

3.3 Käsittelytaidot

Käsittelytaitojen kehittyminen vaatii lapselta motoristen toimintojen lisäksi hyvää havaitsemiskykyä (Numminen 1996, 26). Käsittelytaidot jaetaan karkea- ja hienomotorisiin käsittelytaitoihin. Karkeamotoriset taidot pitävät sisällään käsittelytaidot, missä voimaa tuotetaan tai vastaanotetaan joltain välineeltä. Tällaisia taitoja ovat esimerkiksi heittäminen, kiinniottaminen ja lyöminen. Karkeamotorisia taitoja tarvitaan monessa urheilulajissa, kuten tenniksessä, jalkapallossa tai keihäänheitossa. Tästä syystä esimerkiksi koulussa keskitytään enemmän karkeamotorisiin kuin hienomotorisiin taitoihin. Hienomotoriset taidot painottavat enemmän täsmällisiä ja tarkkoja liikkeitä, joita tarvitaan muun muassa kengännauhoja sitoessa, värittäessä ja leikatessa. (Gallahue & Donnelly 2003, 57.)

Okely & Booth (2004) mukaan alakouluikäiset pojat ovat yleensä käsittelytaidoiltaan, kuten kiinniottamisessa, potkaisemisessa, heittämisessä ja lyömisessä, huomattavasti kehittyneempiä kuin tytöt. Tämä ero johtuu hyvin todennäköisesti tämän ikäisten lasten mahdollisuuksista osallistua mukaan lajeihin ja aktiviteetteihin, jotka kehittävät käsittelytaitoja. (Okely & Booth 2004.) Sukupuolten väliset erot ovat siis yleisesti lähtöisin siitä, että pojat saavat harjoiteltua käsittelytaitoja enemmän tyttöihin verrattuna. Näin ollen erojen taustalla on enemmän ympäristölliset kuin biologiset tekijät, vaikka biologisillakin tekijöillä on osittain vaikutusta esimerkiksi heittovoimaan. Harjoittelumahdollisuuksien ero lisää biologisten tekijöiden vaikutusta, poikien harjoitellessa käsittelytaitoja enemmän. (Nelson ym. 1986.)

3.4 Liikkumistaidot

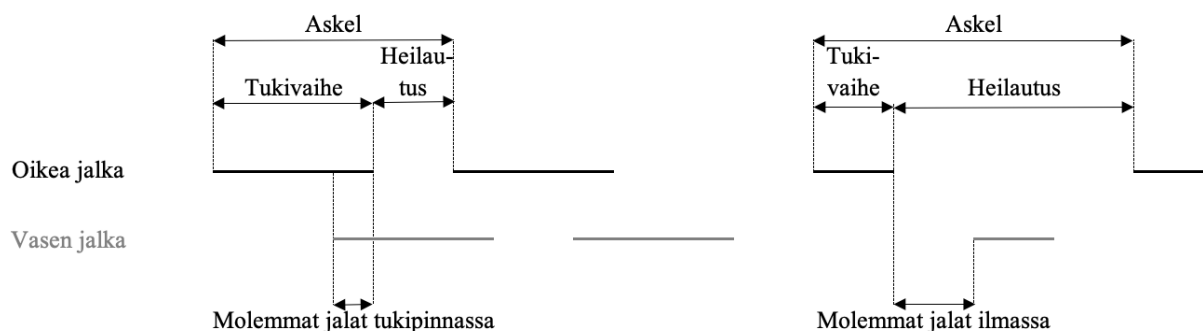
Liikkumistaidoissa on kyse vartalon liikuttamisesta yhdestä pisteestä toiseen joko vertikaalisesti tai horisontaalisesti (Gallahue & Donnelly 2003, 56). Liikkumistaitojen perustana on oppia

liikkumaan mahdollisimman tehokkaasti erilaisissa ympäristöissä ja on erityisen tärkeää omak-
sua liikkumistaidot mahdollisimman joustavasti, jotta niitä voidaan muokata ympäristön vaati-
musten mukaisiksi. Liikkumistaidoksi lasketaan esimerkiksi juokseminen, hyppiminen, loik-
kiminen ja kinkkaaminen. Lasten tulisi osata käyttää useita eri liikkumistapoja, vaihtaa liikku-
mistapaa tilanteen niin vaatiessa ja muokata liikkumista ympäristön muutosten vaikutuksesta.
(Gallahue & Ozmun 2002, 200.) Liikkumistaidot kehittyvät järjestyksessä kiipeäminen, kävely,
juoksu, hyppy, hyppely ja loikka. Kehitys tapahtuu yleensä kolmen ensimmäisen vuoden aikana
ja liikkumistaitojen kehittyneet liikemallit tulisi saavuttaa jo ennen seitsemättä ikävuotta.
(Numminen 1996, 26).

4 JUOKSUN BIOMEKANIikka

Lapset oppivat kävelemään aikaisintaan seitsemän kuukauden ikäisinä. Kävelyn edellytyksenä lapsen tulee kannatella ja liikuttaa painoaan, jalkojen tulee liikkua vuorotellen ja hänellä tulee olla tarpeeksi voimaa kannatella itseään yhdellä jalalla sekä vartaloon pystyasennossa. Tasapaino on myös merkittävässä roolissa kävelemään opetellessa, sillä lapsen tulee pysyä tasapainossa yhdellä jalalla vaihtaessaan askelta. (Haywood & Getchell, 2009, 115-116.) Sutherlandin ym. (1997) mukaan lapsilla on tyypillisesti jo neljänteen ikävuoteen mennessä saavutettuna kaikki edellytykset kehittynyttä kävelyä varten ja tästä johtuen kävelyn kehitykselliset muutokset tapahtuvat jo hyvin varhaisessa vaiheessa lapsen kehitystä. Kuitenkin kävelyn tekniikka, kuten muukin motorinen käyttäytyminen, muuttuu elämän aikana samalla, kun yksilön rajoitteet liikkumisen suhteen muuttuvat (Haywood & Getchell, 2009, 113).

Kävelyn alkaessa sujua ja nopeutua, lapselle tulee ”kiire” ja tästä johtuen lapsi alkaa muuttamaan kävelyään vähitellen juoksuksi ja samalla juoksutaito alkaa kehittyä. (Mero & Pullinen 1990, 116.) Kävely ja juoksu pitävät sisällään samankaltaisia piirteitä: jalat liikkuvat symmetrisesti, mutta keskenään vuorotellen (kuvio 4). Kävelyn ja juoksun erottaa toisistaan siitä, että kävelyssä jalat ovat aina hetkellisesti samaan aikaan maassa. Tätä ei kuitenkaan juoksussa tapahdu, vaan juoksussa ollaan hetkellisesti ilmassa, jolloin kumpikaan jaloista ei ole kosketuksessa tukipintaan. (Haywood & Getchell, 2009, 118.)

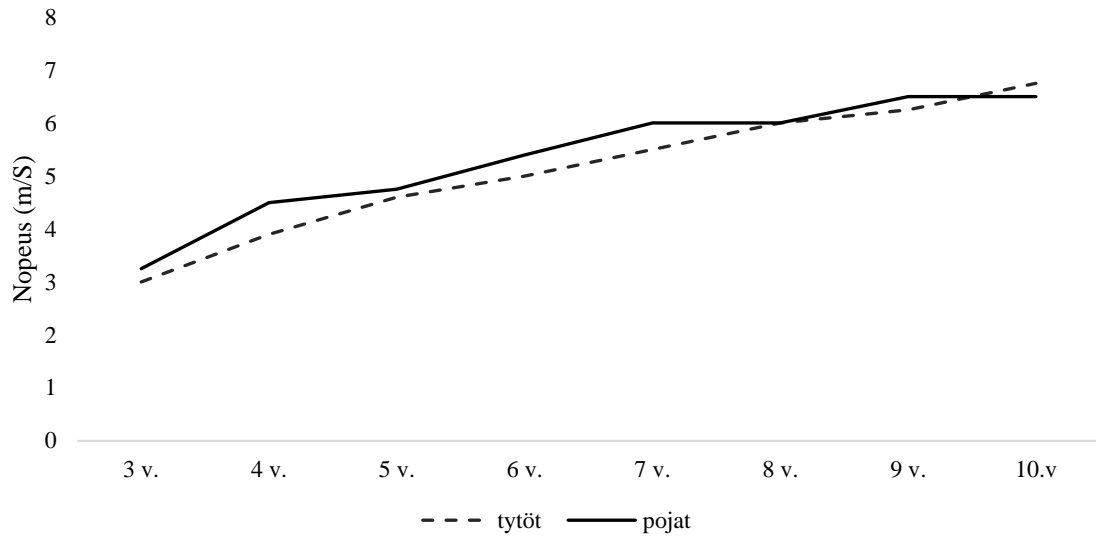


KUVIO 4. Kävelyn (vasemmalla) ja juoksun (oikealla) askellusmallit (mukaihen Enoka 2015, 130).

Burnett & Johansson (1971) mukaan lapsien ensimmäiset juoksu yritykset luokitellaan kävelyksi, sillä juuri juoksulle ominainen lentovaihe jää puuttumaan. Juoksun oppiminen tapahtuu yleensä noin 6 – 7 kuukautta kävelemään oppimisen jälkeen (Clark & Whitall, 1989). Sekä kävelyn että juoksun oppimisessa on lapsilla useidenkin kuukausien eroja ja tähän pystytään vaikuttamaan ulkoisilla tekijöillä. Muun muassa vanhempien aktiivisella avustamisella ja ohjaamisella on suuri merkitys kävelyn oppimisessa. Myös ravitsemuksella on merkitystä, sillä esimerkiksi ylipainoinen lapsi pysyttelee enemmän paikoillaan kuin pyrkii liikkumaan. (Mero & Pullinen 1990, 116.)

4.1 Askelsykli

Alle 3-vuotiaana lapsen jalka koskettaa tukipintaa heilahdusliikkeen jälkeen koko jalkapohjalla. Kehityksen myötä kosketus tukipintaan siirtyy koko jalkapohjasta kantapää edellä ja myöhemmin päkiä edellä askellukseen. Muutosten myötä liikettä jarruttavien voimien vastus vähenee, joka johtaa tukivaiheen lyhenemiseen. Kehityksen myötä juoksun työntövaiheessa työntävän jalan nilkka- ja polvinivel ojentuvat jo alle seitsemän vuotiailla lapsilla. Jalan heilahdusta eteenpäin auttaa lantionivelen ja polvinivelen koukistuminen. Jalan tulisi koskettaa tukipintaa painopisteen alapuolella, jotta vartalon tuonti tukipisteen yli helpottuisi. Kuitenkaan kaikki lapset eivät kykene tätä tekemään vielä kahdeksan vuotiaanakaan, vaan jalka tuodaan pitkälle eteen ja vartalo jää taakse. Tämä hidastaa juoksuvauhtia huomattavasti ja lisää painopisteen liikkumista ylös-alas suunnassa. (Mero & Numminen 1990, 56 – 57.) Juoksunopeus kehittyy tasaisesti, eikä sukupuolten välillä ole huomattavia eroja (kuvio 4.) (Mero & Pullinen 1990, 118).



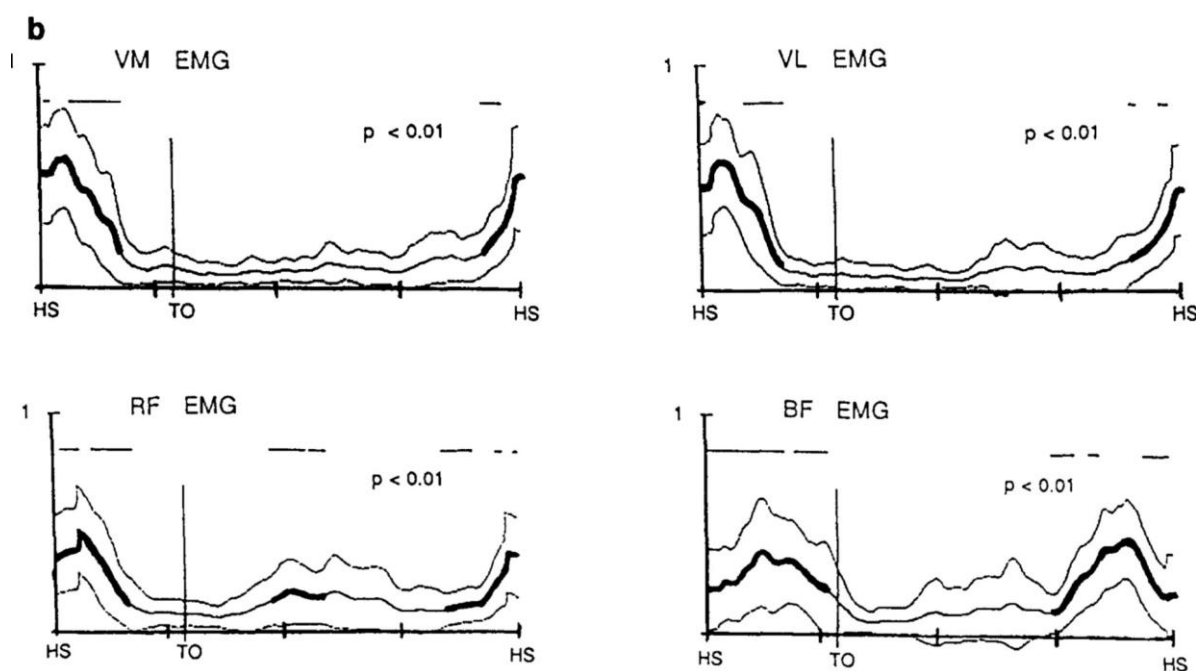
KUVIO 5. Juoksunopeuden kehitys 3 - 10 vuotiailla lapsilla (mukaiillen Mero & Pullinen 1990, 117).

Juoksunopeuden kehittyminen riippuu kahdesta tekijästä: askelpituudesta ja askellustiheydestä (Enoka 2015, 131). Alle seitsemän vuotiaana lapsen juoksunopeuden lisääntyminen tapahtuu lähinnä askelpituuden lisäämisellä. Kuitenkin 8 – 11 vuotiaana askeltiheyden kasvu nopeutuu ja siitä tulee juoksunopeutta ensisijaisesti lisäävä tekijä. (Mero & Numminen 1990, 57.) Mero & Pullinen (1990, 118) mukaan 3 – 10 ikävuoden välillä lasten askelpituus lisääntyy keskimäärin 0,55 metristä 1,13 metriin. Askeltiheydessä ei vastaavaa muutosta ole havaittavissa vaan se pysyy lähes samana 4,00 – 4,43 askelta sekunnissa (Mero & Pullinen 1990, 118).

4.2 Lihasaktiivisuus

Juostessa aktivoituu raajoja, keskivartaloa ja pään suuntaa kontrolloivia lihaksia. Näissä lihaksissa havaitaan erisuuruisia lihasaktiivisuuksia askelsyklin vaiheesta riippuen. Aktivoituvat lihakset kontrolloivat muuttuvia nivelkulmia ja stabiloivat liikettä. (Enoka 2015, 134.) Ajan myötä juoksusta muodostuu kävelyn tapaan lähes automaatiota eikä sen suorittaminen vaadi ylimääräistä ajatustyötä. Tätä tilannetta kutsutaan motoriseksi ohjaukseksi ja sen syntyminen

muodostuu juoksun harjoitteluvaiheessa. Vähitellen lihasaktivaatioista muodostuu aktiivisuusmalleja, jotka aktivoituvat juoksemaan lähtiessä. (Enoka 2015, 296.) Lihasaktivaatiomallit ja niiden ajoitukset pysyvät lähes muuttumattomina, vaikka juoksunopeus vaihtelisi. Ainoastaan lihasaktiivisuuden määrässä havaitaan muutoksia. (Cappellini ym. 2006.) Juostessa aktivoituvien etu- ja takareiden lihasten aktivaatiomallit kantaiskusta saman jalan kantaiskuun on kuvattu kuvassa 1.



KUVA 1. EMG aktiivisuus etureiden (VM = m. vastus medialis, VL = m. vastus lateralis) ja takareiden (RF = m. rectus femoris, BF = m. biceps femoris) lihaksista juoksun aikana. Vaaka-akselilla HS (heel strike) kuvaa kantaistua ja TO (toe-off) varpaiden irtoamista tukipinnasta. EMG amplitudin keskimäinen viiva kuvaa keskiarvoistettua EMG- signaalia, jonka ympärille on piirretty keskihajonta. (Kuva: Guidetti, Rivellini & Figura 1996.)

Lihaskäyttöä pystytään mittaamaan elektromyografialla eli EMG:llä. (Enoka 2015, 134.) EMG perustuu aktivoituneissa lihassoluissa johtuvien aktiopotentiaalien mittaamiseen ja tästä johtuen EMG-signaali on havaittavissa muutoksia lihasaktivaatioiden muuttuessa. Todelliseen lihasvoimaan EMG-aktiivisuus korreloi parhaiten isometrisissä voimamittauksissa, mutta sitä pystytään hyödyntämään myös muissa tilanteissa kuvaamaan luustolihasvoimantuottoa.

Jotta EMG-arvoja voidaan pitää vertailukelpoisina, käytetään isometristä maksimaalista voimantuottoa useimmiten submaksimaalisista mittauksista saatujen EMG-arvojen normalisointiin. (Enoka 2015, 67.)

Tahdonalaisten liikkeiden lihasaktiivisuutta mitataan usein pinta-EMG:llä. Askelsykliä mitattaessa käytössä on usein 8 – 12 hopea/hopeakloridi elektrodia. Elektrodit asetetaan pareittain parin sentin päähän toisistaan standardoituihin anatomisiin pisteisiin. (Frigo & Crenna 2008.) Yleisesti elektrodit ohjeistetaan asettamaan lihaksen alkupisteen ja lihasjänneliitoksen puoleen väliin (Farina, Cescon & Merletti 2002) ja elektrodit tulisi pyrkiä asettamaan lihassyiden suuntaisesti (Frigo & Crenna 2008). Elektrodit kiinnitetään johdoilla kannettavaan EMG-lähettimeen, joka lähettää signaalin vastaanottimelle (Frigo & Crenna 2008).

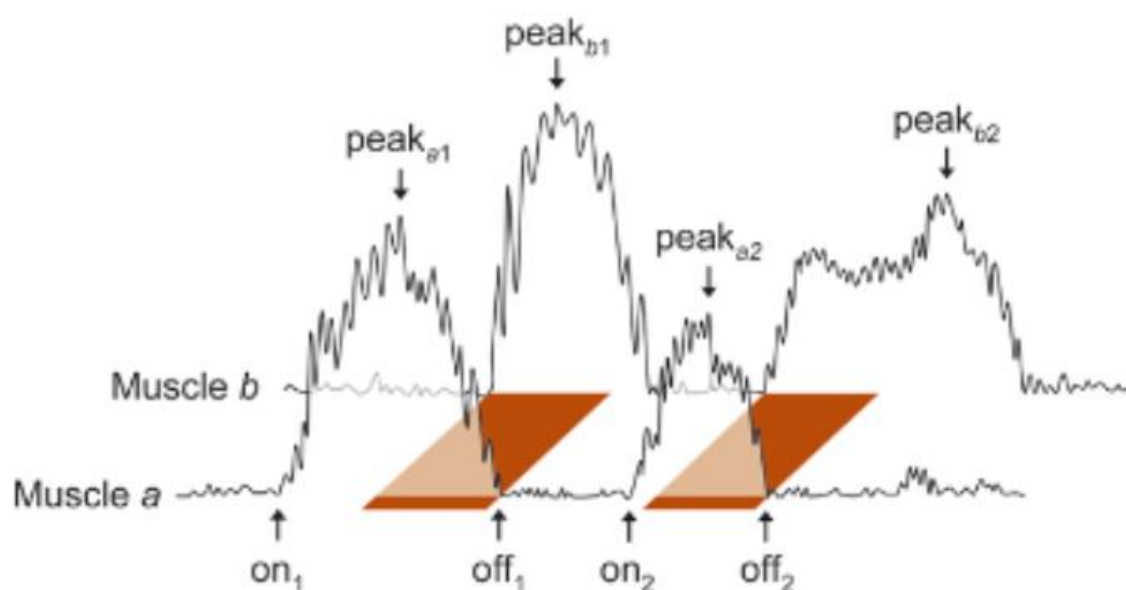
Pintaelektrodien rinnalle on vähitellen noussut vaatteisiin kiinnitettäviä tekstiilelektrodeja. Tekstiilelektrodeissa mittaus pinta-ala on pintaelektrodeja laajempi ja EMG-shortsien istuvuus sekä elektrodien asettuminen oikeaan mittauskohtaan on herättänyt keskustelua. (Scilingo ym. 2005.) Kuitenkin tekstiilelektrodit ovat helppoja käyttää laboratorion ulkopuolella ja mahdollistavat rajoittamattoman liikehdinnän (Colyer & McGuigan 2018). Finni ym. (2007) tutkivat shortseihin kiinnitettyjen tekstiilelektrodien luotettavuutta ja käyttökelpoisuutta aikuisilla ja totesivat, että tekstiilelektrodien tuottama EMG-signaali vastaa hyvin perinteisesti pintaelektrodeilla mitattua EMG-signaalia. Molemmilla mittausmenetelmillä oli toisiaan vastaavat toistettavuudet mittauksen sisällä ja tekstiilelektrodeilla mitattaessa päivittäinen vaihtelevuus EMG-signaalissa oli alle 11 %. Molemmilla menetelmillä saatiin myös samanlaiset vasteet EMG-signaalin ja voimantuoton välille. Tulokset viittaavat siihen, että EMG-shortseja voidaan pitää luotettavana lihasaktiivisuuden mittausmenetelmänä. Kuitenkin luotettavien tulosten saamiseksi EMG-shortsien tulee istua koehenkilöille hyvin. (Finni ym. 2007.)

4.3 Koaktivaatio

Liikkeet mahdollistava lihasaktivaatio muodostetaan hermoston avulla. Hermojärjestelmä aktivoi motoneuroneja eli liikehermoja, jotka rekrytoivat tarvittavan lihaksen toimintaan. Motoneuronista tieto kulkeutuu lihasafferentteja eli hermosyitä ja laskevia motorisia ratoja pitkin

lihakseen, joka aktivoituu. Sekä agonistille eli päävaikuttajalihakselle, että antagonistille eli vastavaikuttajalihakselle on omat, symmetriset, afferenttinsa. Lihakset toimivat eri liikkeisiin agonisteina, antagonisteina sekä synergisteinä eli liikettä avustavina lihaksina. Esimerkiksi agonisti lihaksen aktivoituessa, myös synergisti aktivoituu. Kuitenkin samalla antagonistin lihasta inhiboidaan eli estetään aktivoitumasta. (Enoka 2015, 278.)

Kaikissa tapauksissa ei kuitenkaan esiinny agonistin kiihtynyttä aktivaatiota ja antagonistin inhibointia, vaan tarvitaan koaktivaatiota eli sekä agonistin että antagonistin yhtäaikaista aktivoimista (kuva 2) (Enoka 2015, 278). De Luca & Mambrito (1987) mukaan koaktivaatiota esiintyy kahdessa tapauksessa niveltä ympäröivissä lihaksissa liiketarkkuutta lisäämään: kun tehtävän suorittaminen on epävarmaa tai kun korvaavalle voimalle on nopeasti tarvetta. Esimerkiksi liikesarjaa toteuttaessa, ennalta tunnettuun liikkeeseen osataan jo etukäteen valmistautua, jolloin voiman käyttö on tasaisempaa, eikä antagonistia tarvitse käyttää liikkeessä apuna. Kuitenkin ennalta-arvaamattomat liikkeet lisäävät niveliä tukevien voiman määrää, jotta esimerkiksi yllättävistä suunnan muutoksista selvitään. (De Luca & Mambrito 1987.) Koaktivaatio toimii myös esimerkiksi kävelyssä eturistisiteen apuna vakauttamassa polviniveltä ja estämässä sääri- luon liikkumista pois paikoiltaan (Strazza ym. 2016). Maalla juostessa aikuisilla havaitaan etu- ja takareisilihasten välillä koaktivaatiota keskimäärin hieman alle 40 % askelsykyistä. Juoksumatolla juostessa havaitun koaktivaation määrä hieman lisääntyy. (Montgomery ym. 2016.)



KUVA 2. Koaktivaatio lihaksen a ja b välillä. Oranssilla merkitty alue havainnollistaa koaktivaatiota. Kuvaan lihaksen aktivoituminen on merkitty on_1 ja on_2 ja lihaksen rentoutuminen off_1 ja off_2 merkinnöin. (kuva: Chapman ym. 2005.)

Chapman ym. (2005) huomasivat, että paljon harjoitelleiden ja noviisien pyöräilijöiden jalkalihasten lihasaktiivisuudessa sekä koaktivaatiossa olevan huomattavia eroja jalkalihasten aktiivisuusmalleissa sekä koaktiivisuuden esiintymisen vahvuudessa. Tämä puoltaa harjoittelun ja alhaisemman koaktivaatioon yhteyttä. Samaan tapaan da Fonseca ym. (2004) tutkivat koaktivaatiota kävelyssä ja totesivat lihasten koaktivaatiota esiintyvän enemmän vähän liikkuvilla naisilla verrattuna urheilijoihin. Miehillä vastaavaa eroavaisuutta ei ole huomattu. Tutkimuksessa todettiin myös, ettei koaktivaation määrässä ole sukupuolten välisiä eroja. Hamsta-Wright ym. (2006) totesivat da Fonsecan ym. (2004) tapaan, ettei tyttöjen ja poikien välillä ole eroavaisuuksia esiintyvän koaktivaation määrässä. Kuitenkin fyysiseltä aktiivisuudeltaan alhaisemmillä lapsilla koaktivaatiota havaittiin EMG-käyrissä vertikaalihypyn aikana huomattavasti enemmän, mitä fyysisesti aktiivisemmilla lapsilla (Hamsta-Wright ym. 2006; Chapman ym. 2005). Frost ym. (2002) tutkivat iän vaikutusta koaktivaatioon juoksun ja kävelyn aikana eri nopeuksilla. Verrattaessa ikäryhmiä 7 – 8, 10 – 12 ja 15 – 16 vuotiaat samalla metabolisella intensiteetillä huomattiin, että nuoremmilla lapsilla oli etu – ja takareisien välillä enemmän koaktivaatiota kuin vanhemmilla lapsilla. (Ford ym. 2008.)

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli selvittää motorisen koordinaation ja iän yhteyksiä juoksun aikana havaittuun reisilihasten koaktivaatioon alakouluikäisillä lapsilla. Koaktivaation lisäksi tarkasteltavina muuttujina oli askelten toistettavuus ja EMG-signaalin selväpiirteisyys. Muuttujia peilattiin tutkittavien motoriseen koordinaatioon, ikään ja herkkyykskausiin nähden.

1. *Tutkimuskysymys:* Onko motorisella koordinaatiolla yhteys reisilihasten (m. quadriceps femoris ja hamstring muscles) lihasaktivaatioon ja havaittuun koaktivaatioon juoksun aikana 1- 5. luokkalaisilla lapsilla?

Hypoteesi: Motoriselta koordinaatioltaan heikommilla lapsilla havaitaan reisilihaksessa koaktivaatiota enemmän, kuin motoriselta koordinaatioltaan paremmilla lapsilla.

Hamsta-Wright ym. (2006) ja Chapman ym. (2005) mukaan fyysiseltä aktiivisuudeltaan alhaisemmilla lapsilla havaittiin koaktivaatiota EMG käyrissä vertikaalihypyn aikana huomattavasti enemmän, kuin fyysisesti aktiivisemmilla lapsilla. Puolestaan Mononen ym. (2017) totesivat useiden muiden tutkimusten tapaan lasten heikolla motorisella koordinaatiolla olevan yhteyden lapsen fyysiseen aktiivisuuden vähäisyyteen. Aikaisempien tutkimusten perusteella voisi siis olettaa, että myös motorisella koordinaatiolla on yhteyksiä havaittuun koaktivaatioon.

2. *Tutkimuskysymys:* Onko motorisissa taidoissa ja juoksun aikana havaitussa reisilihasten (m. quadriceps femoris ja hamstring muscles) koaktivaatiossa havaittavissa ikään tai herkkyykskausiin liittyviä yhteyksiä 1., 3. ja 5. luokkalaisilla lapsilla?

Hypoteesi: Motorisissa taidoissa ja koaktivaatiossa on havaittavissa ikään liittyviä yhteyksiä.

Gallahue & Donnelly (2003, 32) mukaan esipuberteettinen kasvupyrähdys esiintyy tytöillä noin 10 ja pojilla 12 ikävuoden kohdalla. Tätä edeltävä aika 8 ikävuodesta 12 vuoteen on hitaan ja

tasaisen kasvun aikaa, joka mahdollistaa lapsen totuttelun kasvavaan vartaloon ja sen käyttämiseen. Tässä myöhäisen lapsuuden ajanjakson aikana lapsi kokee huomattavan harppauksen oppimisessa ja sen johdosta ovat kykeneviä etistä monimutkaisempiin suorituksiin liikkumistaidoissa. Tämä nähdään etenkin koordinaation ja motorisen kontrollin kehityksenä. (Gallahue & Donnelly 2003, 32.) Hamsta-Wright ym. (2006) totesivat, ettei tyttöjen ja poikien välillä ole eroavaisuuksia esiintyvän koaktivaation määrässä. Kuitenkaan tutkimuksissa ei ole viitattu iästä riippuviin tekijöihin koaktivaation osalta. Tutkimusten perusteella 5. luokkalaisten lasten motoristen taitojen tulisi olla paremmat verrattain 3. ja 1. luokkasiin. Tämän perusteella voisi olettaa, että myös vanhemmilla lapsilla esiintyy vähemmän koaktivaatiota juoksun aikana.

3. *Tutkimuskysymys:* Onko 1., 3. ja 5. luokkalaisilla lapsilla peräkkäiset juoksuaskeleet toistettavia ja onko ikä- ja herkkyyskausilla tai motorisella koordinaatiolla yhteyttä askelten toistettavuuteen?

Hypoteesi: Juoksuaskeleet on toistettavampia lapsilla, joilla on paremmat motoriset taidot. Toistettavuus lisääntyy myös iän mukaisesti. Kuitenkin kaikilla on havaittavissa luonnollista askelvariaatiota.

Juoksuaskelten variaatio on oleellinen osa ympäristön muutoksiin vastaamista ja näin ollen askelvariaatiot mahdollistavat juoksun mukautuvuuden ympäristön vaatimukseen (Bartlett 2004) ja edesauttavat pystyssä pysymistä (Seethapathi & Srinivasan 2019). Myös kuormituksen mukanaan tuoma väsymys lisää juoksuaskelten variaatiota vähentyneen koordinaation ja kontrollin johdosta (Cortes, Onate & Morrison 2014). Kuitenkin juoksuaskelten toistettavuutta on mahdollista lisätä taitoharjoittelun tuoman liikekontrollin myötä. Taloudellisuuden kannalta ei kuitenkaan ole suotavaa, ettei variaatiota tapahtuisi ollenkaan, sillä muuten maksimaalinen kuormitus ei jakautuisi tasaisesti eri kudoksille. (Bartlett 2004.) Tämän perusteella voisi olettaa, että 5. luokkalaisilla on 1. luokkalaisiin verrattain vähemmän juoksuaskelten variaatiota kehittyneemmästä liikekontrollista johtuen. Kuitenkin kaikilla luokka-asteilla tullaan havaitsemaan juoksuaskelten variaatiota.

6 MENETELMÄT

Tämä tutkimus toteutettiin osana lasten fyysistä aktiivisuutta ja liikkumattomuutta tutkivaa Children's Physical Activity Spectrum (CHIPASE)-tutkimusta. Opetus- ja kulttuuriministeriön rahoittaman CHIPASE-tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia 8 – 11-vuotiaiden lasten liikkumattomuutta sekä laboratoriotesteissä että normaalissa päivittäisessä elämässä. Liikkumattomuuden raja-arvojen lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin luokkatilojen ja istumisen välisiä yhteyksiä eri kouluympäristöissä ja tuotettiin suosituksia luokkaympäristöihin liikkumattomuuden vähentämiseksi. Tutkimuksessa käytettiin mittareina useita objektiivisia menetelmiä ja laboratoriotestit suoritettiin Jyväskylän yliopiston liikuntalaboratoriossa. CHIPASE-tutkimukselle myönnettiin Jyväskylän yliopiston eettisen lautakunnan hyväksyntä 28.8.2017 koskien tutkimuksen kaikkia osa-alueita ja tutkimuksessa noudatettiin Helsingin julistuksen mukaisia eettisiä perusteita.

6.1 Tutkimusasetelma

CHIPASE-tutkimukseen rekrytoitiin 1., 3. ja 5. luokkaisia tyttöjä ja poikia paikallisista kouluista. Ennen tutkimuksen alkua sekä tutkittavien että heidän perheidensä kanssa käytiin läpi mittausmenetelmät, tutkittavien oikeudet, tutkimusaineiston käsittely ja säilyttäminen, mittaus tulosten käyttö, tutkimuksen mahdolliset haitat ja hyödyt sekä tutkimuksen taustat ja tavoitteet. Tutkittavien osallistuminen tutkimukseen oli täysin vapaaehtoista ja heillä oli mahdollisuus keskeyttää osallistuminen tai perua suostumus tutkimuksen vaiheesta riippumatta ilman mitään seurauksia. Tutkimukseen osallistuminen oli luottamuksellista ja jokaisen tutkittavan aineisto pseudonymisoitiin siten, ettei tutkittavan henkilöllisyyttä pystytä tunnistamaan. Tätä varten jokaiselle tutkittavalle annettiin omat ID numerot. Manuaalista aineistoa säilytettiin lukituissa tiloissa Jyväskylän yliopistossa ja digitaalinen data säilytettiin yliopiston palvelimilla, minne oli pääsy ainoastaan tutkijoiden henkilökohtaisilla tunnuksilla ja salasanoilla. Kirjallinen suostumus tutkimukseen osallistumisesta annettiin sekä tutkittavan että huoltajien toimesta kahtena kappaleena (liite 1). Kirjallinen suostumus kattoi myös aineiston käytön pro gradu -tutkielman toteuttamiseen.

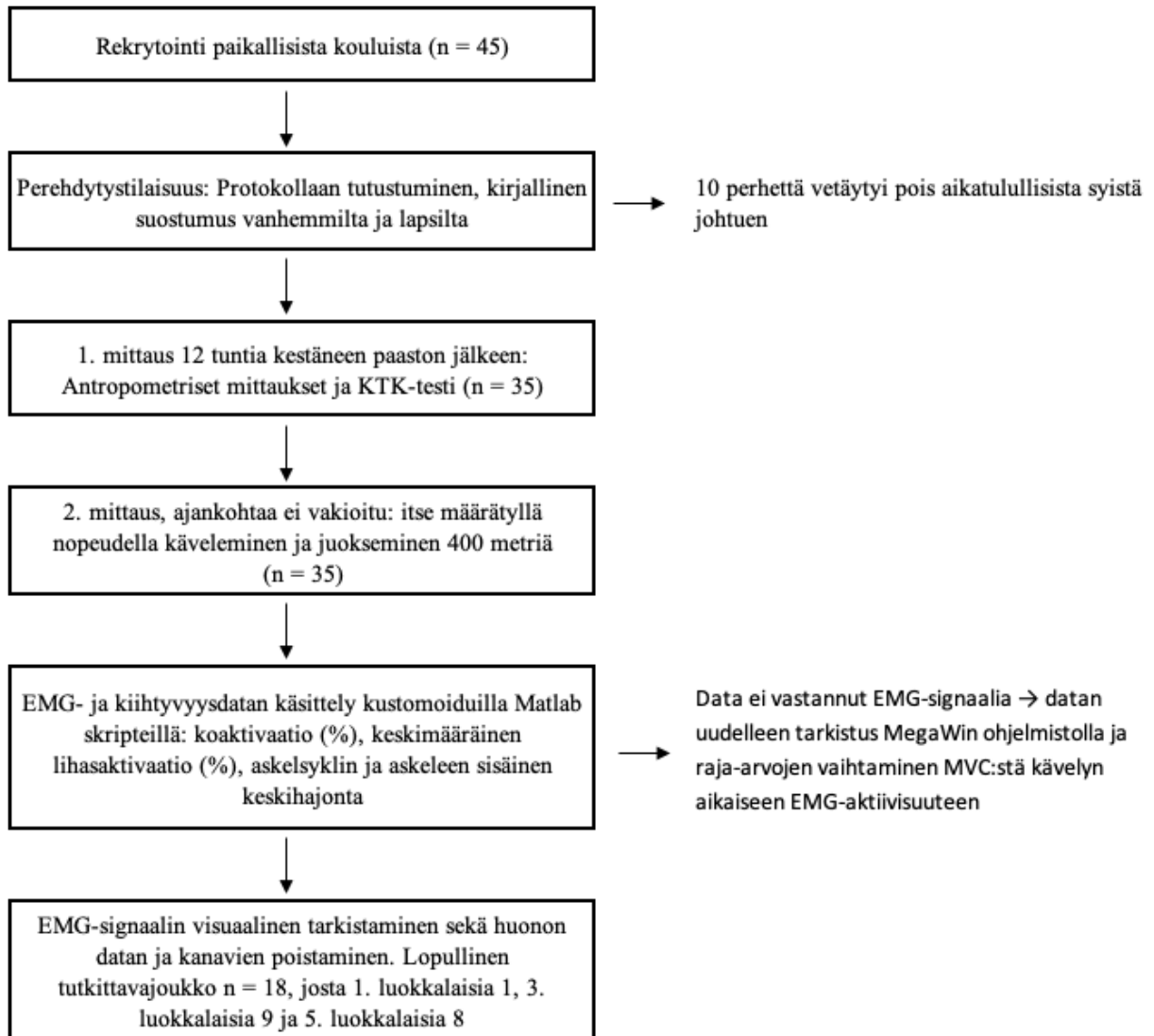
6.2 Tutkittavat

Tutkittavat olivat iältään 7 – 11 vuotiaita terveitä lapsia, jotka osallistuivat CHIPASE-tutkimukseen. Tutkimukseen rekrytoitiin 1., 3. ja 5. luokkalaisia lapsia paikallisista kouluista. Yhteensä 45 lasta perheineen haastateltiin tutkimuksen perehdytystilaisuudessa, jonka jälkeen 10 heistä vetäytyi pois aikataulullisten ongelmien vuoksi. Lopulta 35 vapaaehtoista 7 – 11-vuotiasta lasta otettiin mukaan tutkimukseen. Kaikki lapset antoivat suostumuksensa ja heidän huoltajansa allekirjoittivat kirjallisen tietoon perustuvan suostumuksen tutkimukseen osallistumisesta.

Tutkimukseen osallistuvista lapsista 21 oli tyttöjä ja 14 poikia. Tutkittavat jakautuivat siten, että 1. luokkalaisia oli yhteensä 9 (5 tyttöä ja 4 poikaa), 3. luokkalaisia 15 (9 tyttöä ja 6 poikaa) ja 5. luokkalaisia 11 (7 tyttöä ja 4 poikaa). Tutkittavat olivat keskimäärin $9,6 \pm 1,4$ vuotiaita, $137,6 \pm 9,2$ cm pitkiä ja $32,6 \pm 6,9$ kg painoisia. Analyysivaiheessa lopullisten tutkittavien määrä karsiutui 18 puuttuneen tai huonon EMG-datan johdosta. Heistä 1. luokkalaisia oli 1 (tyttö), 3. luokkalaisia 9 (4 tyttöä ja 5 poikaa) ja 5. luokkalaisia 8 (5 tyttöä ja 3 poikaa). Tarkemmat poissulkukriteerit on kuvattu tarkemmin myöhemmin (ks. sivu 34).

6.3 Mittausprotokolla

Tutkimuksen aikana tutkittavat saapuivat kolmesti Jyväskylän yliopiston liikuntalaboratoriolle. Ensimmäinen kerta käytettiin tutkimukseen tutustumiseen ja sitä seurasi kaksi mittauskertaa (kuvio 6). Tutustumiskerralla tutkittavat vierailivat huoltajiensa kanssa laboratoriossa, jossa he tutustuivat tutkimuksen protokollaan, laboratorioympäristöön sekä mittauslaitteistoon. Tutustumiskäynnille varattiin aikaa myös tutkimukseen liittyvien kysymysten esittämiseen. Tutustumiskerran päätteeksi sekä tutkittava että huoltajat allekirjoittivat tietoon perustuvat suostumuksensa tutkimukseen. Mittauskerroille tutkittavat saapuivat joko yksin tai huoltajiensa seurassa. Mittausten tapahtumat merkattiin tarkasti ylös tutkimuspöytäkirjaan ja mittausten alkamisai-koja käytettiin hyväksi mittausdatan analysoinnissa.



KUVIO 6. Mittausprotokolla ja tämän tutkimuksen kannalta oleelliset mittaukset.

Ensimmäinen mittauskerta oli aamumittaus. Tutkittavat saapuivat mittaukseen 12 tuntia kestäneen paaston jälkeen. Mittausten alkuun tutkittaville tehtiin antropometrisiä mittauksia: Pituus mitattiin 0,1 cm tarkkuudella seinään kiinnitetyllä mekaanisella stadiometrillä. Kehonkoostumuksen, sisältäen tutkittavan painon, lihasmassan, rasvan ja rasvattoman massan sekä rasvaprosentin, mittaamisessa käytettiin bioimpedanssilaitetta InBody 770 (Biospace Ltd., Seoul, Korea). Antropometristen mittausten jälkeen tutkittavalle puettiin päälle sopivan kokoiset EMG-shortsit (Myontec Ltd, Kuopio, Suomi). Tutkittavan vyötärölle, oikean lonkan päälle,

asetettiin kiihtyvyyssanturi (X6-1a, Gulf Coast Data Concepts Inc., Waveland, USA) joustavassa vyössä. Tutkittavalle suoritettiin lepoaiheenvaihdunnan mittausta, jonka jälkeen hänelle tarjottiin aamupalaa.

Ensimmäinen mittauskerta oli kestoltaan noin kaksi tuntia. Halutessaan tutkittavat pystyivät tekemään mittauksen viimeisen osion, liikkumistaitojen mittaamisen, erillisellä mittauskerralla, jolloin mittaus kertojen pituudeksi tuli kummallekin kerralle noin yksi tunti. Liikkumistaitojen mittaamisen yhteydessä tutkittavilta mitattiin maksimaalinen alaraajojen isometrinen voimapsille mukautetussa isometristä polvenojennus ja -koukistusvoimaa mittaavissa laitteissa (David F 200 knee extension & David F 300 leg curl, David Health Solutions Ltd., Helsinki, Suomi) sekä motorinen koordinaatio KTK-testistöllä. Neljä kohtaa sisältävä KTK – testistö koostuu takaperin tasapainoilusta, esteen yli kinkkauksesta, sivuttaishyppelystä ja sivuttaissiirtymisestä.

Toisen mittauskerran aikaa ei vakioitu, vaan se valikoitui tutkittavien aikatauluun sopivaksi. Tutkittavia pyydettiin suorittamaan seuraavia tehtäviä 4,5 minuutin ajan 1 minuutin tauolla: hiljaa istuminen, videopelin pelaaminen istuessa, hiljaa seisominen, videopelin pelaaminen seistessä, portaiden nouseminen, ruutuhyppely, juoksumatolla käveleminen 4 km/h ja 6 km/h nopeuksilla sekä itsemäärätyllä nopeudella käveleminen ja juokseminen 400 metrin sisäjuoksuradalla (kuva 3). Tehtävien suoritusjärjestys satunnaistettiin arpomalla. Tehtävien aikana tutkittavilta mitattiin kiihtyvyyttä sekä EMG-lihasaktiivisuutta samalla laitteistolla, kuin mittauksessa 1. Liikuntatehtävien jälkeen mitattiin hermolihaskäytön toimintakykyä alaraajojen ojennus- ja koukistustesteillä.



KUVA 3. Liikuntatehtävien kävelytesti (kuva: Martti Melin).

6.4 Mittaukset ja datan käsittely

Tässä tutkielmassa käytettiin CHIPASE-tutkimuksessa kerättyä mittausdataa. Koska CHIPASE-tutkimuksessa kerättiin laajasti tietoa alakouluikäisten lasten liikkumattomuudesta ja fyysisestä aktiivisuudesta, oli suuri osa datasta epäoleellista tämän tutkimuksen kannalta. Oleellisimmat mittaukset olivat motorisen koordinaation mittaaminen KTK-testistöllä sekä kiihtyvyyden ja EMG-aktiivisuuden mittaaminen oma valintaisella nopeudella kävelemisestä sekä juoksemisesta sisäjuoksuradalla. Tässä kappaleessa kuvataan tarkemmin tärkeimmät mittaukset sekä mittausdatan käsittely.

6.4.1 Motorisen koordinaation mittaaminen KTK-testistöllä

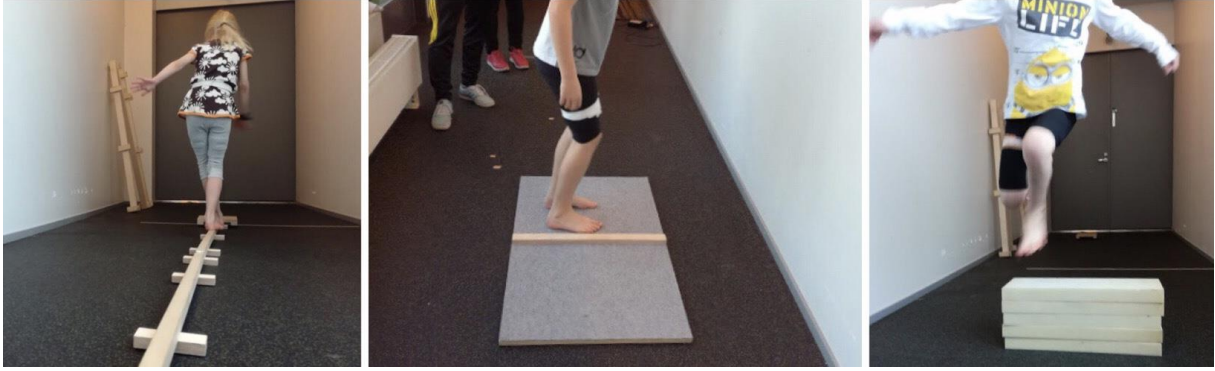
Motorista koordinaatiota mitattiin Körperkoordinationstest für Kinder (KTK) testistöllä, joka on saksalaisten lasten ja nuorten psykiatrien E. J. Kiphardin ja F. Schillingin vuonna 1974 standardisoima 5 – 14 vuotiaiden lasten motorista koordinaatiota mittaava testistö (Iivonen ym. 2015). KTK-testin reliabiliteetin on osoitettu olevan korkea (Kiphard & Shilling, 2007). KTK

– testistö koostuu neljästä osasta ja mittaukset suoritettiin samassa tilassa sekä samoilla välineillä jokaisen tutkittavan kanssa. Tutkittavia ohjeistettiin jokaiseen tehtävään sekä suullisesti että esimerkiksi näyttämällä. Tutkittavat saivat myös kokeilla jokaista suoritusta kerran ennen mittauksen aloittamista.

Takaperin tasapainoilu. KTK – testistön ensimmäisessä tehtävässä tutkittavat kävelivät takaperin tasapainoilupuomia pitkin, joka oli viiden senttimetrin korkeudella maasta ja pituudeltaan kolme metriä (kuva 4). Tasapainoilupuomeja oli kolme eri leveyttä: 6 cm, 4,5 cm ja 3 cm. Jokaisella puomilla tutkittavat saivat kolme yritystä ja näistä laskettiin yhteen askelten määrittämät pisteet. Jokaisella puomilla oli mahdollista ottaa kahdeksan askelta, joten maksimipistemääräksi testistä pystyi saamaan 72 pistettä. (Laukkanen ym. 2014.)

Esteen yli kinkkaus. Testi suoritettiin yhdellä jalalla esteen yli hypäten. Este kostui päällekkäin pinotuista pehmeistä patjoista, jotka olivat leveydeltään 60 cm, syvyydeltään 20 cm ja korkeudeltaan 5 cm (kuva 4). Jokaisella korkeudella tutkittava sai kolme yritystä. Ensimmäisellä yrityksellä tehdystä ylityksestä sai 3 pistettä ja sen jälkeen 2 tai 1 pistettä järjestyksessä. Yksittäisen jalan maksimipisteet olivat 39, joten yhteensä testistä pystyi saamaan maksimipisteinä 78 pistettä. (Laukkanen ym. 2014.)

Sivuttaishyppely. Sivuttaishyppely suoritettiin 60 x 4 x 2 cm kokoisen puuriman yli hyppelemällä puolelta toiselle. Hyppy alue oli kooltaan 100 x 60 cm (kuva 4). Suoritus toteutettiin kaksi kertaa ja suoritus aika oli 15 sekuntia. Lopullinen pistemäärä saatiin summaamalla molempien suoritusten hyväksytyt hyppyt yhteen. (Laukkanen ym. 2014.)



KUVA 4. Takaperin tasapainoilu, sivuttaishyppely ja esteen yli kinkkaus (kuvat: Martti Melin).

Sivuttaissiirtyminen. Tutkittavilla oli käytössä kaksi identtistä puualustaa kooltaan 25 x 25 cm ja korkeudeltaan 5,7 cm. Testi alkoi tutkittavien seistessä toisen puualustan päällä. Testin aikana tutkittavat siirsivät toista puualustaa sivuttaissuunnassa, jonka jälkeen siirtyivät maahan asetetun puualustan päälle ja jatkoivat alustojen sivuttaissiirtämisen toistamista. Kokonaiset siirtymiset laskettiin kahdesta 20 sekuntia kestäneestä suorituksesta yhteen, joista muodostui lopullinen pistemäärä. Kumpikin suorituksista tehtiin samaan suuntaan. (Laukkanen ym. 2014.)

Osatestien absoluuttiset tulokset normalisoitiin ikä – ja sukupuolivakioiduiksi motorisiksi osamääriksi pohjautuen Kiphard & Schilling (2007) tuottamiin viitearvoihin. Normalisoinnissa käytettiin tarkkaa ikää vuosina ja kuukausina. Motoriset osamäärät jokaisesta osatestistä muodostivat summattuna lopullisen kokonaisosamäärän, joka kuvaa lapsen karkea motorista koordinaatiota mitta-asteikolla 1 – 5. Nämä viisi motorisen koordinaation tasoa jaettiin luokkiin: 1 heikko (arvot 56 – 70), 2 välttävä (arvot 71-85), 3 normaali (arvot 86-115), 4 hyvä (arvot 116-130) ja 5 erinomainen (arvot 131-145). (Mononen ym., 2017.)

6.4.2 Kiihtyvyyden ja lihasaktiivisuuden mittaaminen

Kiihtyvyyttä mitattiin 400 metrin juoksun ja kävelyn aikana, jotka suoritettiin CHIPASE-tutkimuksen toisella mittauskerralla. Mittaus suoritettiin Hipposhallin kumiruuhapällysteisellä 200 metrin sisäjuoksuradalla. Tutkittavat saivat itse valita juoksunopeutensa. Juoksun aikaiset liikkeet taltioitiin vyötärölle asetetulla kiihtyvyydsmittarilla (X6-1a, Gulf Coast Data Concepts Inc., Waveland, USA). Mittari oli kiinni joustavassa vyössä ja se asetettiin tutkittavan oikean

lonkan päälle (kuva 5). Kiihtyvyyssmittari oli äänetön ja se kiinnitettiin siten, ettei mittari kiristänyt tai puristanut tutkittavaa. Näin ollen kiihtyvyyssmittari ei häirinnyt tutkittavan luonnollista liikkumista.



KUVA 5. Kiihtyvyyssmittarin paikka (kuva: Martti Melin).

Lihaskäytävyyttä mitattiin EMG-shortseilla (Myontec Ltd, Kuopio, Suomi) (kuva 6). Shortsien sisäpinnalla olevat tekstiilelektrodit mittasivat EMG-signaalia etu- ja takareiden lihaksista. Shortsien vyötärölle sijoitettu MCell-yksikkö tallensi EMG-signaalia ja myöhemmin raakadata ladattiin Muscle Monitor ohjelmistoon (Myontec Ltd, Kuopio, Suomi), missä dataa tarkasteltiin visuaalisesti mahdollisten artefaktien eli signaalihäiriöiden tunnistamiseksi. Shortseja oli käytössä neljää eri kokoa (120 cm, 130 cm, 140 cm ja 150 cm). Sopivan istuvuuden varmistamiseksi shortsien takaosassa ja lahkeissa oli vetoketjut, jolla shortsit pystyttiin säätämään tutkittavalle sopivaksi. Sekä oikean että vasemman etureiden lihasaktiivisuutta mittaava tekstiilelektrodi oli kooltaan 9 x 2 cm. Takareiden aktiivisuutta mittaavien tekstiilelektrodien koko oli riippuvainen shortsien koosta. Sekä 120 cm, 130 cm että 140 cm kokoisissa shortseissa tekstiilelektrodit olivat kooltaan 6 x 2 cm. Puolestaan 150 cm kokoisissa shortseissa tekstiilelektrodi oli puoli senttimetriä pidempi eli 6,5 x 2 cm. Referenssielektrodi oli kooltaan 11 x 2 cm ja se oli sijoitettu IT-jänteen (iliotibial band) päälle pitkästä suunnasta. Tekstiilelektrodien ja ihon väliin lisättiin elektrodipastaa (Parker Laboratories inc., Fairfield, New Jersey, USA) sähköjohtavuuden lisäämiseksi.



KUVA 6. EMG-shortsit ja tekstiilelektrodiin sijainti.

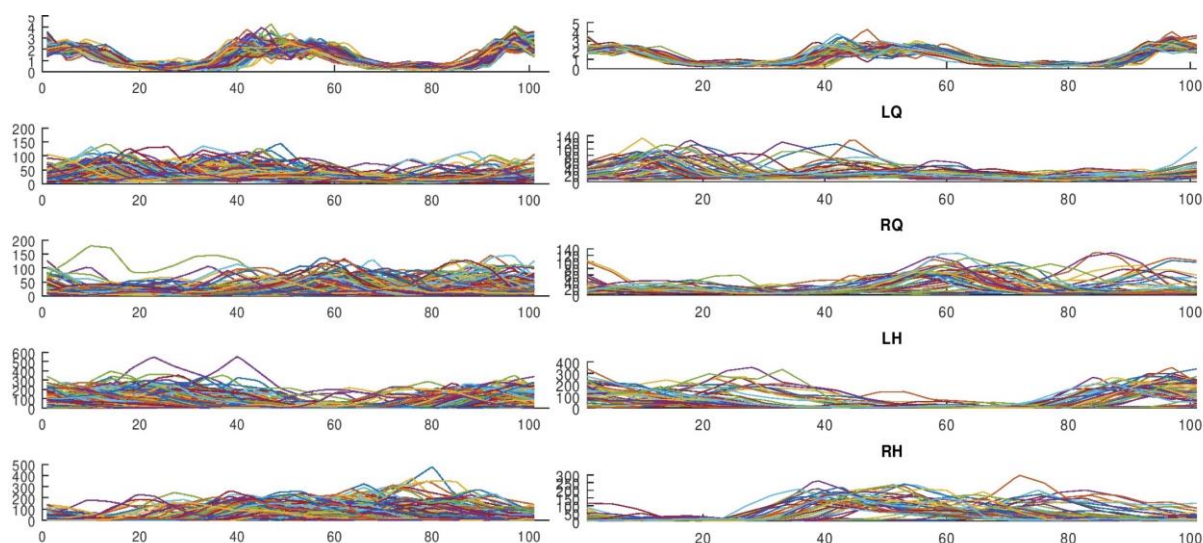
6.4.3 Askelparien tunnistaminen

Askelparien tunnistamiseksi mittauksissa kerätty kiihtyvyyss- ja EMG-data yhdistettiin MATLAB-laskentaohjelmaa käyttäen (The MathWorks, Natick, Massachusetts, Yhdysvallat). Kiihtyvyyssdatan keräystaajuus oli 40 Hz ja EMG-datan 25 Hz. Koska kiihtyvyyss- ja EMG-datan keräystaajuus poikkesi toisistaan, EMG-data interpoloitiin vastaamaan kiihtyvyyssdatan keräystaajuutta. Kun kiihtyvyyss- ja EMG-data oli interpoloitu samalle taajuudelle, käytettiin konvoluutiota (convKernel, rickerWavelet) kiihtyvyyssignaalin suodattamiseen. Signaalin suodattaminen olisi voitu tehdä myös kaistanpäästösudatuksella, mutta silloin signaalin taajuusvaste olisi ollut hieman erilainen. Konvoluution todettiin soveltuvan paremmin tähän tapaukseen. Kiihtyvyyssignaalin suodatukseen valittiin 4 Hz taajuus, koska sen todettiin tunnistavan kaikista parhaiten askelparit kiihtyvyyssignaalista.

Askelparien tunnistuksen jälkeen laskettiin mediaani askelintervalleille. Askelintervallin todettiin olevan epäonnistuneesti havaittu, mikäli sen pituus poikkesi 25 % mediaanista. Yhteensä 11 tutkittavalla havaittiin useampia epäonnistuneita askelintervalleja, joita tarkasteltiin yksitellen. Kiihtyvyyss- ja EMG-signaaleiden perusteella todettiin, että havaitut epäonnistuneet askelintervallit olivat juoksun sijaan kävelyä ja siitä johtuen askelintervallien pituus oli mediaania

lyhyempi. Kiihtyvyyssignaali jaettiin 60 sekunnin jaksoihin, ja askelintervallien pituuden mukaan signaali jaettiin kävelyyn ja juoksuun. Tämän jälkeen signaalista valittiin analysointia varten pisin yhtenäinen juoksuosuus.

Tunnistettujen askelparien EMG-signaalit piirrettiin päällekkäin kuvaajaan tutkittavakohtaisesti. Kuvaajat tulostettiin ja niitä tarkasteltiin silmämääräisesti artefaktien osalta. Tässä vaiheessa huomattiin vielä useiden tutkittavien EMG-signaalin olevan heikkoa. Jotta mahdollisimman monelta tutkittavalta saataisiin käytettyä EMG-signaalia analysoinnissa, palattiin heikkoja EMG-signaaleja tarkastelemaan tutkittavakohtaisesti MegaWin-ohjelmaan (Biomation, Almonte, ON, Canada). Huonot kanavat hylättiin ja jokaiselta tutkittavalta yritettiin löytää mahdollisimman hyvä ajanjakso juoksun aikaista EMG-signaalia analysointia varten (kuva 7). Lopulta 25 tutkittavalta saatiin hyvää EMG-signaalia vähintään kahdelta kanavalta. Kuitenkin tästä joukosta 7 tutkittavalla hyvät EMG-kanavat eivät olleet lihaspareja eli jäljellä oli esimerkiksi ainoastaan vasemman jalan etureiden- ja oikean jalan takareidenlihasten EMG-signaalit. Näin ollen lopullinen tutkittavajoukko karsiutui 18 tutkittavaan.

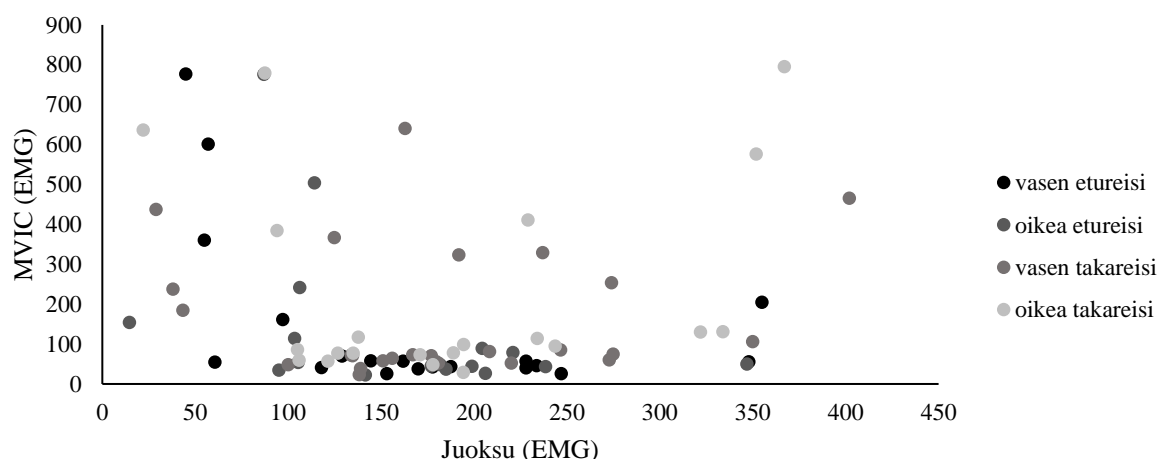


KUVA 7. Esimerkki kiihtyvyyssignaalista (ylin rivi) ja tarkastetusta EMG-signaalista neljästä lihasryhmästä. Vasemmalla alkuperäinen kiihtyvyyss- ja EMG-signaalit ja oikealla signaalit,

joista artefaktit on poistettu. Ylin kanava kuvaa kiihtyvyyttä ja siitä alapäin järjestyksessä vasemman etureiden (LQ), oikean etureiden (RQ), vasemman takareiden (LH) ja oikean takareiden (RH) EMG-signaalia.

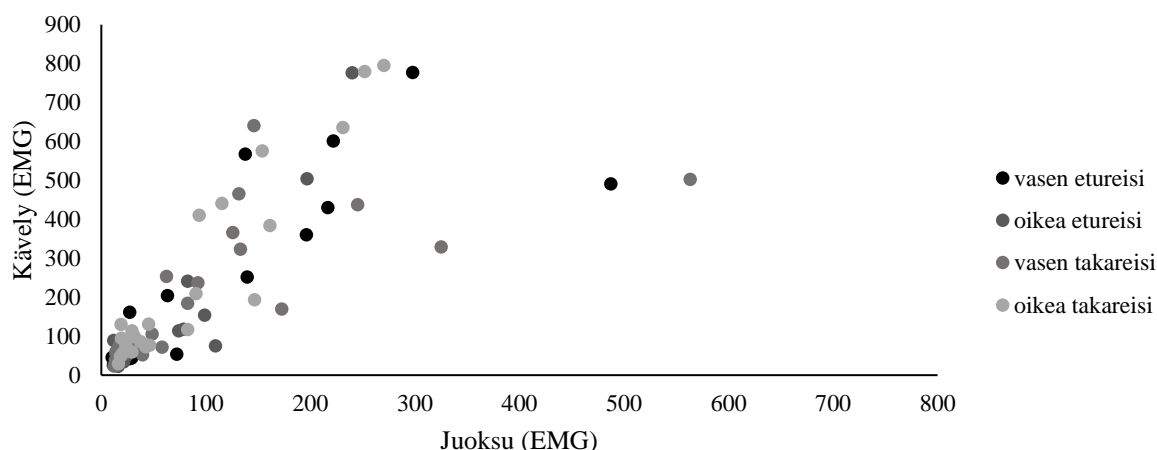
6.4.4 Kynnysarvojen määrittäminen EMG-signaalista

Juoksun aikana kerätyn EMG-signaalin normalisointiin sekä koaktivaation kynnysarvoksi tuli määrittää jokin mitattu EMG-arvo tutkittavakohtaisesti. Yleisesti normalisointiin käytetään maksimaalisista suorituksista kerättyä EMG-signaalia. Tutkittavien mittauskohtaiset EMG-signaalit ladattiin MegaWin ohjelmaan, jossa niitä käsiteltiin yksitellen. Mittauspäiväkirjan perusteella EMG-signaalista etsittiin maksimaaliset isometriset polvenojennus ja -koukistusmitaukset (MVIC). Polvenojennusvoiman mittauksesta saatiin määritettyä sekä oikean että vasemman jalan etureiden lihasten maksimaalinen lihasaktiivisuus yhden sekunnin ajalta. Puolestaan polvenkoukistusvoiman mittauksesta saatiin määritettyä takareiden lihasten maksimaalinen lihasaktiivisuus sekunnin ajalta. Koska MVIC-mittaukset suoritettiin molemmilla mittauskerroilla, valittiin normalisointia varten parhaimmat tulokset molemmista mittauksista. Kuitenkaan MVIC-arvojen sekä juoksun aikaisten lihasaktiivisuuksien välillä ei havaittu yhteyttä (kuvio 7). MVIC-arvojen käyttöä EMG-signaalin normalisoinnissa ja koaktivaation kynnysarvona ei pidetty tästä johtuen järkevänä.



KUVIO 7. MVIC-arvojen ja juoksun aikaisen EMG-arvojen välinen yhteys.

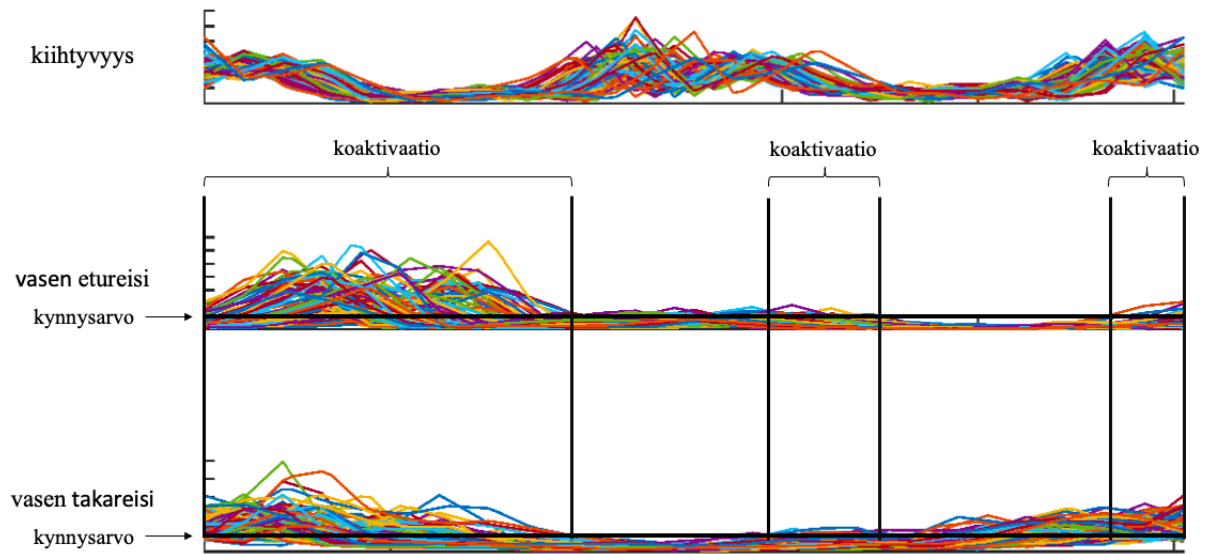
Kun MVIC-arvoja ei pystytty käyttämään EMG-signaalin normalisoinnissa ja koaktivaation kynnsarvona, päädyttiin käyttämään kävelyn aikaisia EMG-arvoja. Kävelyn ja juoksun aikana kerätyillä EMG-arvoilla havaittiin olevan hyvä korrelaatio (kuvio 8). Koska lapsilla on tutkittu koaktivaatiota vain vähän, ei kynnsarvoille löytynyt verrokkiarvoja. Tästä syystä kynnsarvona päätettiin käyttää sekä yksin-, että kaksin kertaisia kävelyn EMG-arvoja.



KUVIO 8. Kävelyn ja juoksun aikaisten EMG-arvojen välinen yhteys.

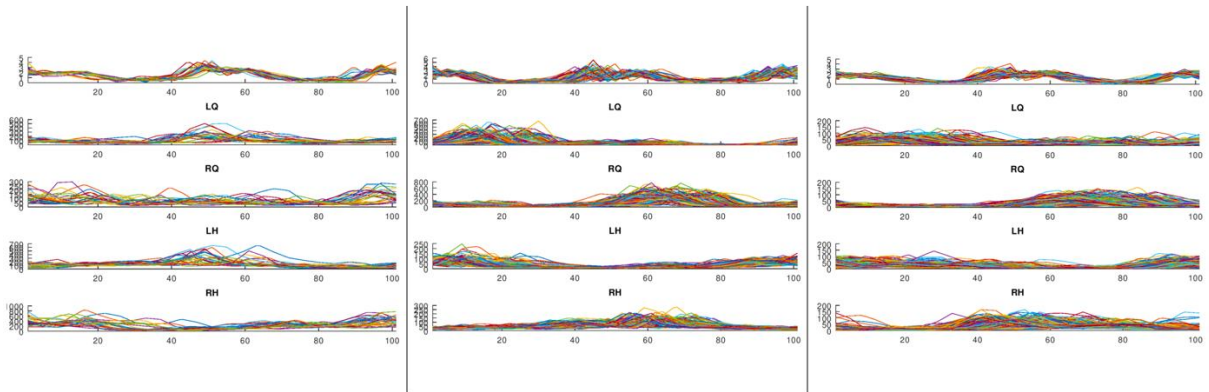
6.4.5 Koaktivaation ja EMG-signaalin keskihajonnan määrittäminen

Koaktivaation ja EMG-signaalin keskihajonta määritettiin MATLAB -laskentaohjelmassa. Koaktivaation määrittämistä varten EMG-data normalisoitiin kävelyn aikaisilla EMG-arvoilla. Ennen koaktivaation laskemista, tuli selvittää, milloin lihas oli aktiivinen. Tätä varten määritettiin kynnsarvo, jona toimi kävelyn aikaisen EMG-arvot lihaskohtaisesti. Kynnsarvon ylittäessään lihaksen todettiin olevan aktiivisena. Koska koaktivaatio kuvaa etu- ja takareiden lihasten yhteisaktiivisuutta (kuva 8), tuli määrittää oikeat kanavaparit, joiden saman aikaista aktiivisuutta oltiin laskemassa. Koaktivaatio määritettiin jokaiselta askeleelta erikseen ja näistä laskettiin keskiarvo. Lopullinen koaktivaatio ilmoitettiin prosenttiosuutena koko askelsyklistä.



KUVA 8. Koaktivaatio vasemman jalan etu- ja takareiden lihasten välillä.

Koaktivaation lisäksi haluttiin määrittää askelsyklin keskihajonta sekä askeleen sisäinen keskihajonta. Askelsyklin keskihajonnalla kuvataan peräkkäisten askelten toistettavuutta. Mitä pienempi keskihajonta on, sitä toistuvampi juoksun koordinaatiomalli on. Keskihajonta määritettiin jokaiselta aikapisteeltä ja EMG-datan normalisoinnissa käytettiin kävelyn EMG-arvoja. Lopuksi keskihajonnoista laskettiin keskiarvot jokaiselle lihakselle erikseen. Askeleen sisäisellä keskihajonnalla kuvattiin puolestaan EMG-signaalin muotoa. Mitä selkeämmin lihas aktivoitui ja rentoutui tietyissä kohdissa sykliä, sitä isompi oli askeleen sisäinen keskihajonta. Kuvassa 9 on havainnollistettu askeleen sisäinen keskihajonta. Vasemmalla on 1. luokkalaisen, keskellä 3. ja oikealla 5. luokkalaisen EMG-signaalia. Näistä 1. luokkalaisella keskihajonta oli pienempi, kuin 3. ja 5. luokkalaisilla. Tämä näkyi siten, että 1. luokkalaisen EMG-signaali ei ollut yhtä selkeän muotoinen, kuin 3. ja 5. luokkalaisilla. Myös askeleen sisäisen keskihajonnan määrittämisessä käytettiin EMG-datan normalisoitua kävelyn EMG-arvoja. Keskihajonta laskettiin jokaiselta aikapisteeltä askelsyklin sisältä ja tästä laskettiin keskiarvot jokaiselle lihakselle erikseen.



KUVA 9. Esimerkki 1., 3. ja 5. luokkalaisen kiihtyvyyssignaalista (ylin rivi) ja EMG-aktiivisuudesta neljästä lihasryhmästä juoksun aikana. Ylin kanava kuvaa kiihtyvyyttä ja siitä alaspäin järjestyksessä vasemman etureiden (LQ), oikean etureiden (RQ), vasemman takareiden (LH) ja oikean takareiden (RH) lihasten EMG-aktiivisuutta.

6.5 Tilastolliset analyysit

Tilastolliset analyysit toteutettiin IBM SPSS Statistics 24 tilastomenetelmä-ohjelmalla (Chicago, IL, Yhdysvallat). Otosten normaalijakautumisen testaamiseen käytettiin Shapiro-Wilk -testiä, sillä kaikissa analyyseissä otoskoko oli alle 50. Suuriosa tarkasteltavista muuttujista oli normaalisti jakautuneita ja niitä pystyttiin tarkastelemaan parametrisilla testeillä. Motorista koordinaatiota kuvaavan KTK-testin tulosten, luokka-asteen, koaktivaation sekä askelten toistettavuutta ja EMG-signaalin huipukkuutta kuvaavien keskihajontojen välisiä tilastollisia merkitsevyyksiä testattiin riippumattomien ryhmien t-testeillä. Koaktivaatio, jonka raja-arvona käytettiin kaksinkertaisia kävelyn aikaisia EMG-arvoja, muutettiin logaritimuutoksella normaalisti jakautuneeksi, analysoitaessa riippumattomien ryhmien t-testillä yhteyksiä luokka-asteeseen. Luokka-asteen ja iän, pituuden, painon, ISO-BMI:n sekä KTK-tulosten välisien yhteyksien tarkastelussa käytettiin yksisuuntaisen ANOVA:n post hoc (LSD) analyysiä. Tilastollisen merkitsevyyden tasona käytettiin p-arvoa $\leq 0,05$.

Tilastollisten merkitsevyyserojen lisäksi tutkimusaineistosta tarkasteltiin eri muuttujien välisiä korrelaatioita. Testattaessa normaalisti jakautuneiden määrällisten muuttujien, kuten koaktivaa-tion ja keskihajonnan välisiä yhteyksiä käytettiin Pearsonin korrelaatiokertointa. Jos tarkastel-tavana muuttujana järjestysasteikollinen muuttuja, kuten KTK-testin tulos tai luokka-aste, käy-tettiin Spearmanin järjestyskorrelaatiokerrointa. P-arvoa $\leq 0,05$ pidettiin riittävänä näyttönä muuttujien välisestä korrelaatiosta. Korrelaatiokertoimet tulkitaan r-arvon mukaisesti: erittäin korkea korrelaatio ($r = 0,80 - 1,00$), korkea korrelaatio ($0,60 - 0,80$) ja melko korkea korrelaatio ($r = 0,40 - 0,60$) (Metsämuuronen 2011, 376).

7 TULOKSET

Tutkimukseen osallistui 35 lasta, iältään 7-11-vuotiaita, pituudeltaan 116,3 – 155,4 cm ja painoltaan 19,9 – 48,0 kg (taulukko 1). Painoindeksi (ISO-BMI) lapsilla oli keskimäärin 21,5 kg/m², joka vastaa suomalaisille lapsille lasketun iänmukaisen painoindeksirajan mukaan normaalipainoa (Saari, Sankilampi & Dunkel 2010). Mann Whitney U -testin mukaan tyttöjen ja poikien välillä ei havaittu merkitseviä eroja yhdessäkään muuttujassa tarkasteltaessa erikseen jokaisella luokka-asteella.

TAULUKKO 1. Tutkittavien ikä, pituus, paino ja painoindeksi (ISO-BMI).

| | Kaikki | 1 lk. | 3 lk. | 5 lk. | p-arvo* |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--|
| Lukumäärä | n = 35 | n = 9 | n = 15 | n = 11 | |
| Tytöt, pojat | n _t = 21, n _p = 14 | n _t = 5, n _p = 4 | n _t = 9, n _p = 6 | n _t = 7, n _p = 4 | |
| Ikä (vuosina) | 9,6 ± 1,4 | 7,7 ± 0,3 ^a | 9,5 ± 0,3 ^a | 11,4 ± 0,3 ^a | < 0,001 ^a |
| Tytöt | 9,6 ± 1,5 | 7,5 ± 0,05 ^a | 9,5 ± 0,3 ^a | 11,4 ± 0,2 ^a | < 0,001 ^a |
| Pojat | 9,7 ± 1,4 | 7,9 ± 0,3 ^a | 9,6 ± 0,3 ^a | 11,4 ± 0,4 ^a | < 0,001 ^a |
| Pituus (cm) | 137,6 ± 9,2 | 127,1 ± 7,1 ^a | 137,8 ± 6,4 ^{abc} | 145,8 ± 4,5 ^{bc} | <0,001 ^{ab} /0,002 ^c |
| Tytöt | 135,7 ± 9,3 | 123,5 ± 6,2 ^a | 136,1 ± 6,4 ^{abc} | 144,0 ± 2,3 ^{bc} | <0,001 ^{ab} /0,009 ^c |
| Pojat | 140,4 ± 8,7 | 131,7 ± 5,8 ^{ac} | 140,4 ± 6,0 ^{bc} | 149,0 ± 5,9 ^{ab} | 0,002 ^a /0,044 ^b /0,045 ^c |
| Paino (kg) | 32,6 ± 6,9 | 28,1 ± 7,0 ^a | 33,3 ± 7,7 | 35,2 ± 3,4 ^a | 0,022 ^a |
| Tytöt | 30,2 ± 6,0 | 23,9 ± 1,5 ^{ab} | 30,8 ± 6,6 ^b | 33,9 ± 3,1 ^a | 0,002 ^a /0,019 ^b |
| Pojat | 36,2 ± 6,8 | 33,5 ± 7,7 | 37,2 ± 8,3 | 37,4 ± 3,2 | 0,439 |
| ISO-BMI (kg/m²) | 21,5 ± 4,1 | 23,2 ± 5,2 | 21,9 ± 4,3 | 19,7 ± 1,9 | 0,056 |
| Tytöt | 20,0 ± 2,7 | 20,3 ± 1,9 | 20,3 ± 3,6 | 19,3 ± 1,8 | 0,455 |
| Pojat | 23,9 ± 4,8 | 26,8 ± 5,9 | 24,3 ± 4,4 | 20,4 ± 2,3 | 0,065 |
| KTK-tulos (1 – 5) | 2,9 ± 0,8 [§] | 2,8 ± 0,7 | 2,7 ± 0,9 ^{§a} | 3,4 ± 0,7 ^a | 0,048 ^a |
| Tytöt | 3,0 ± 0,8 [§] | 3,0 ± 0,0 | 2,6 ± 1,1 [§] | 3,3 ± 0,5 | 0,103 |
| Pojat | 2,9 ± 0,9 | 2,5 ± 1,0 | 2,8 ± 0,8 | 3,5 ± 1,0 | 0,143 |

[§] Tutkittavien määrä poikkeaa: 3 lk. n_t = 8, n = 14 ja kokonaismäärä n = 34, n_t = 20

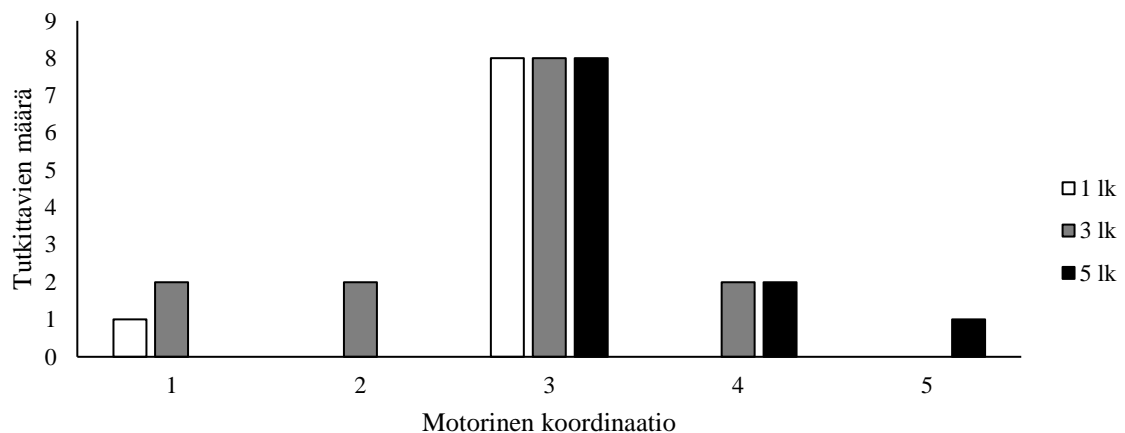
* Yksisuuntaisen ANOVA:n post hoc –testi luokka-asteiden väliltä. Tilastollisesti merkitsevät erot (p < 0,05) lihavoituna. P-arvojen perään on merkattu ^a, ^b tai ^c kuvaamaan, minkä muuttujien välillä erot ovat.

Taulukossa 1. on kuvattu tutkittavien välisiä merkittäviä eroja iän, pituuden, painon, ISO-BMI:n ja KTK-tuloksen välillä. Tarkasteltaessa koko tutkittavajoukkoa, huomatiin merkitseviä eroja olevan iän, pituuden, painon ja KTK-tuloksen välillä. Ikä ja pituus erosivat tilastollisesti

merkitsevästi kaikkien luokka-asteiden välillä, paino 1. ja 5. luokkalaisten ja KTK-tulos 3. ja 5. luokkalaisten välillä. Verrattaessa ainoastaan tyttöjä eri luokka-asteilla, merkitseviä eroja löytyi iästä, pituudesta ja painosta. Poikien välisessä tarkastelussa eroja löytyi ainoastaan iässä ja pituudessa. Sekä tytöillä että pojilla näiden muuttujien erot olivat merkitseviä kaikkien luokka-asteiden välillä.

7.1 Motorinen koordinaatio

Motorista koordinaatiota mittaavaan KTK-testin tulokset jakautuivat tutkittavien (n = 34) siten, että heikon (1) tuloksen saivat kolme tutkittavaa, välttävän (2) kaksi tutkittavaa, normaalin (3) 24 tutkittavaa, hyvän (4) neljä tutkittavaa ja erinomaisen (5) tuloksen yksi tutkittava (kuvio 9). Näin ollen 70,6 %:lla tutkittavista oli normaali motorinen koordinaatio. KTK-testin tulokset erosivat tilastollisesti merkittävästi 3. ja 5. luokkalaisten välillä ($p = 0,048$). Muiden luokka-asteiden sekä tyttöjen ja poikien välillä ei ollut merkitseviä eroja.



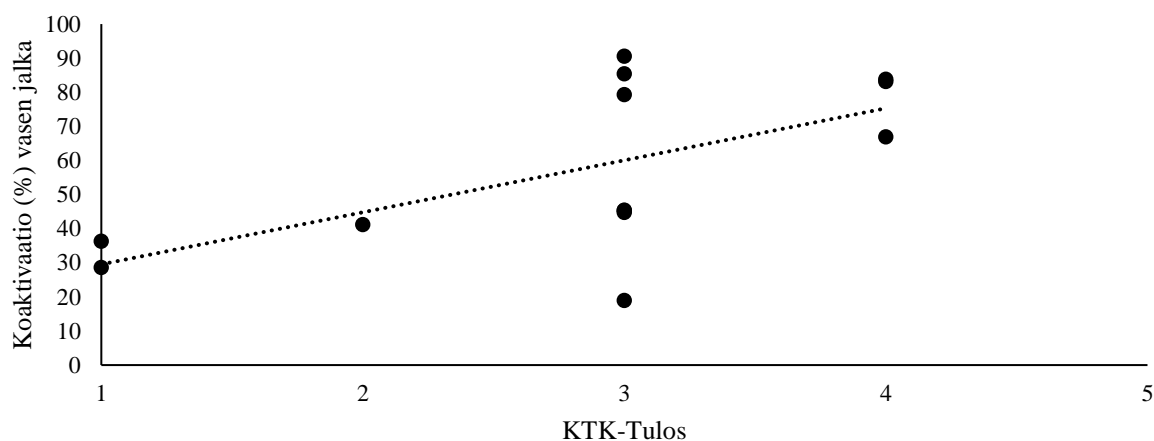
KUVIO 9. Motorisen koordinaation jakautuminen luokka-asteiden välillä perustuen KTK-testin tuloksiin. 1 = heikko, 2= välttävä, 3 = normaali, 4 = hyvä ja 5 = erinomainen.

7.2 Koaktivaatio

Koaktivaation raja-arvona käytettiin sekä kävelyn aikaisia EMG-arvoja, että kaksinkertaisin kävelyaikaisia EMG-arvoja, sillä raja-arvoille ei ollut saatavilla verrokkisarvoja. Myöskään MVIC-arvojen käyttäminen raja-arvona ei ollut järkevää. Tulokset on esitetty erikseen molemmille tapauksille.

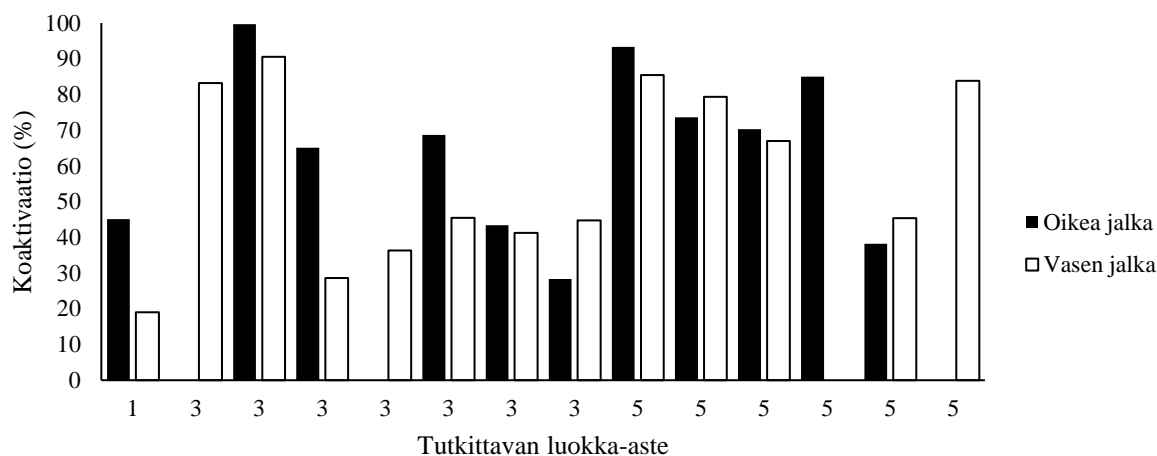
7.2.1 Koaktivaation raja-arvona yksinkertaiset kävelyn EMG-arvot

KTK-tuloksen ja vasemman jalan etu- ja takareiden koaktivaation välillä havaittiin korkea korrelaatio ($r_s = 0,611$; $n = 13$; $p = 0,026$) (kuvio 10). Kuitenkaan korrelaatiota ei havaittu samassa tapauksessa oikean jalan etu- ja takareiden koaktivaation sekä KTK-tuloksen välillä ($r_s = 0,272$; $n = 11$; $p = 0,419$). Myöskään KTK-tulosten ja koaktivaation välillä ei havaittu merkitseviä eroja riippumattomien ryhmien t-testillä.



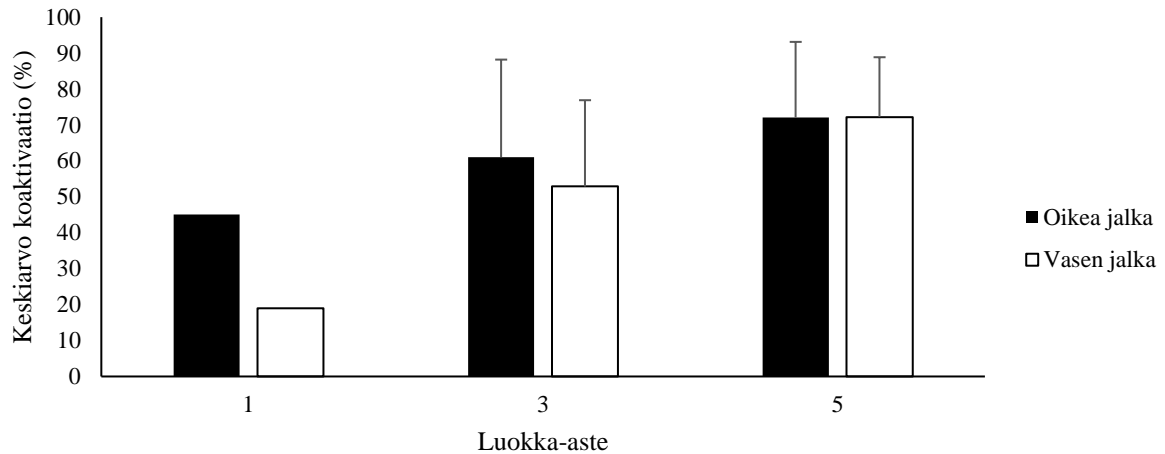
KUVIO 10. Vasemman jalan etu- ja takareiden koaktivaation sekä KTK-tuloksen välinen korrelaatio.

Reisilihasten koaktivaatio suhteutettuna kävelyn aikaisiin EMG-arvoihin, on kuvattu kuviossa 11. luokka-asteittain. Sekä oikean, että vasemman jalan etu- ja takareidenlihasten koaktivaatioissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eri luokka-asteiden välillä riippumattomien ryhmien t-testillä. Koaktivaation ja sukupuolen välillä ei havaittu korrelaatiota.



KUVIO 11. Oikean (n = 11) ja vasemman jalan (n = 13) etu- ja takareisilihasten koaktivaatio suhteutettuna kävelyn aikaisiin EMG-arvoihin.

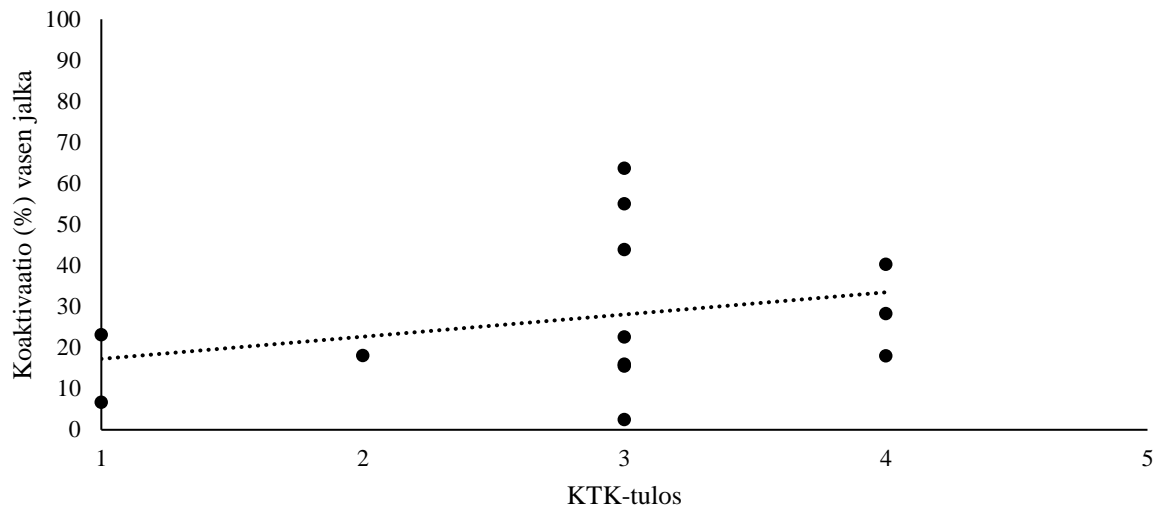
Tarkasteltaessa keskimääräisiä koaktivaatiota luokka-asteittain (kuvio 12) huomattiin, että 1. luokkalaisella (n = 1, oikea 45,1 %, vasen 19,0 %) oli keskimäärin vähemmän koaktivaatiota, kuin 3. luokkalaisilla (n = 7, oikea 61,0 % ja vasen 52,9 %) ja 5. luokkalaisilla (n = 6, oikea 72,1 % ja vasen 72,2 %). Ryhmät eivät eronneet merkittävästi toisistaan. Vasemman ja oikean jalan etu – ja takareisilihaksen koaktivaation välillä havaittiin korkea korrelaatio ($r_p = 0,765$; $n = 10$; $p = 0,010$).



KUVIO 12. Keskimääräinen koaktiivisuus (%) luokka-asteittain.

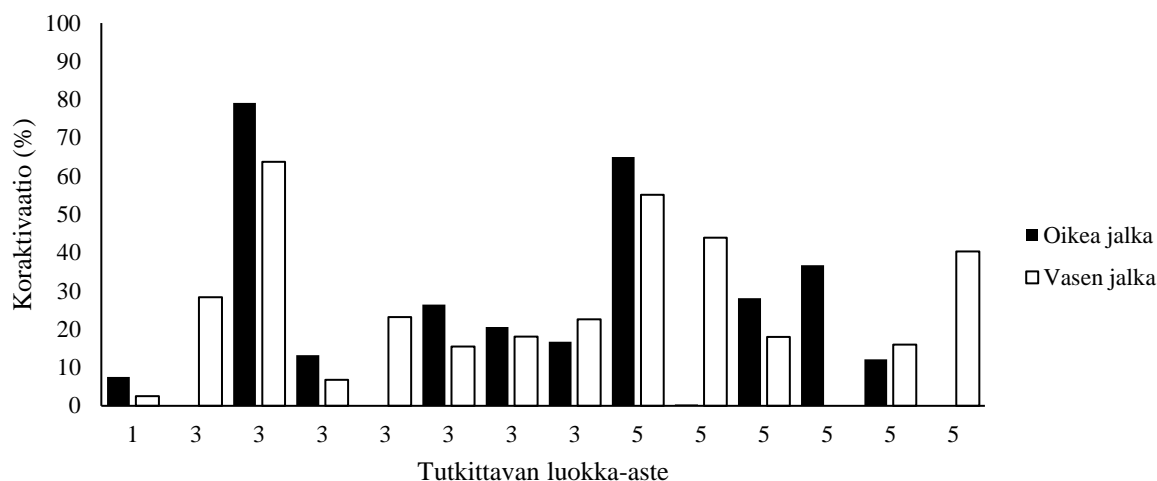
7.2.2 Koaktivaation raja-arvona kaksinkertaiset kävelyn EMG-arvot

KTK-testi tulosten ja oikean ($r_s = 0,295$; $n = 11$; $p = 0,379$) tai vasemman ($r_s = 0,247$; $n = 13$; $0,416$) jalan koaktivaation välillä ei havaittu korrelaatiota (kuvio 13). Myöskään KTK-testitulosten ja koaktivaation välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja.



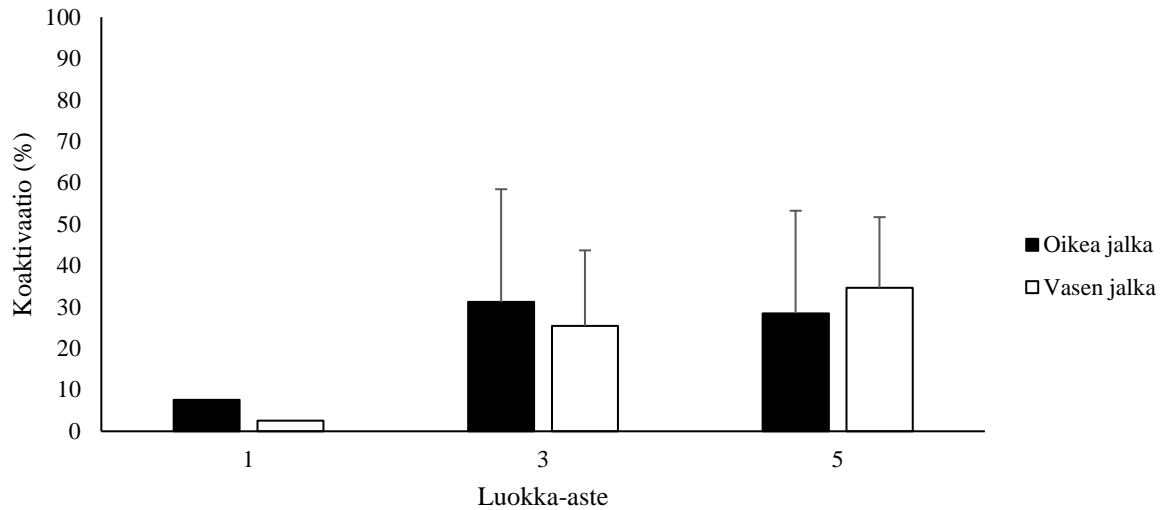
KUVIO 13. Koaktivaation ja KTK-tuloksen korrelaatio, kun raja-arvona kaksinkertainen EMG.

Koaktivaatioprosentit on esitetty kuviossa 14, kun raja-arvona käytettiin kaksinkertaista kävelyn aikaista EMG-arvoa. Oikean tai vasemman jalan etu- ja takareidenlihasten koaktivaatioissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eri luokka-asteiden välillä riippumattomien ryhmien t-testillä. Koaktivaation ja sukupuolen välillä ei havaittu yhteyttä.



KUVIO 14. Oikean (n = 11) ja vasemman jalan (n = 13) etu- ja takareisilihasten koaktivaatio suhteutettuna kaksinkertaisiin kävelyn aikaisiin EMG-arvoihin.

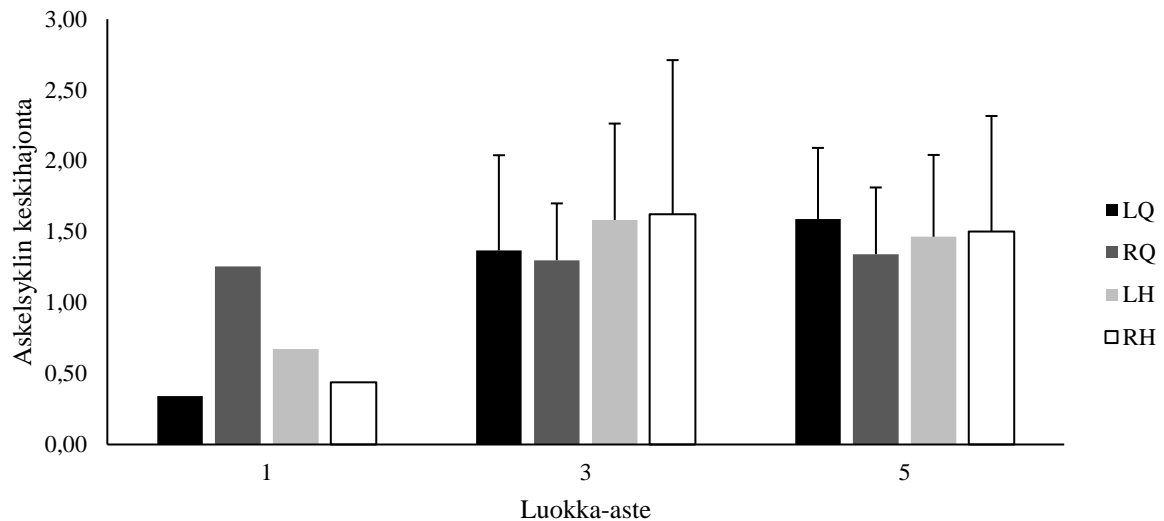
Tarkasteltaessa keskimääräisiä koaktivaatiota luokka-asteittain (kuvio 15) huomattiin, että 1. luokkalaisilla (n = 1, oikea 7,6 %, vasen 2,6 %) oli keskimäärin vähemmän koaktivaatiota, mitä 3. luokkalaisilla (n = 7, oikea 31,2 % ja vasen 25,5 %) ja 5. luokkalaisilla (n = 6, oikea 36,2 % ja vasen 34,7 %). Ryhmät eivät eronneet merkittävästi toisistaan. Vasemman ja oikean jalan etu- ja takareisilihaksen koaktivaation välillä havaittiin erittäin vahva korrelaatio ($r_p = 0,954$; n = 10; $p < 0,001$).



KUVIO 15. Keskimääräinen koaktivaatio luokka-asteittain.

7.3 Askelten toistettavuus

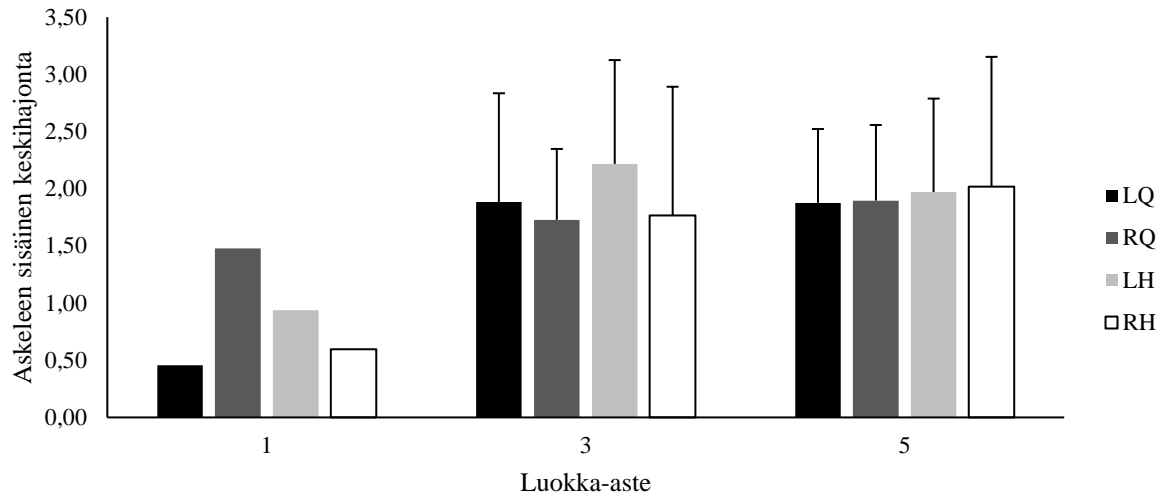
Askelten toistettavuutta mitattiin askelsyklin EMG-signaalin keskihajonnalla. Keskihajonnat on esitetty kuviossa 16. Askelten toistettavuudessa ei havaittu merkitseviä eroja eri ikäryhmien välillä. Vasemman jalan etureiden lihasten EMG-signaalin keskihajonnalla oli korkea korrelaatio saman jalan koaktivaation kanssa ($r_p = 0,788$; $n = 13$; $p = 0,001$). Kuitenkaan vasemman jalan takareiden ja oikean jalan etu- ja takareiden EMG-signaalien keskihajontojen sekä koaktivaatioiden välillä ei havaittu yhteyttä. Yhteyksiä askelten toistettavuuden ja motorisen koordinaation välillä ei myöskään havaittu. Oikeassa jalassa etu- ja takareiden EMG-signaalin keskihajonnat korreloivat hyvin toisiinsa ($r_p = 0,674$; $n = 11$; $p = 0,023$). Samaa ei havaittu vasemmassa jalassa. Jalkojen välillä takareiden lihasten EMG-signaalin keskihajonta korreloi toisiaan korkeasti ($r_p = 0,729$; $n = 13$; $p = 0,005$), mutta etureisien välillä ei havaittu korrelaatiota.



KUVIO 16. Askelten toistettavuus luokka-asteittain keskiarvoistettuna (1. luokka $n = 1$, 3. luokka $n = 7$ ja 5. luokka $n = 6$). Keskihajonta on merkitty lihaskohtaisesti järjestyksessä vasen etureisi (LQ), oikea etureisi (RQ), vasen takareisi (LH) ja oikea takareisi (RH).

7.4 Askeleen sisäinen keskihajonta

Askeleen sisäisellä keskihajonnalla kuvattiin EMG-signaalin muodon selkeyttä. Keskihajonnat on kuvattu kuviossa 17. Ikäryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja. Vasemman jalan etu- ja takareiden EMG-aktiivisuuden keskihajonta korreloi vasemman jalan koaktivaation kanssa. Etureiden EMG-aktiivisuuden keskihajonnan ja koaktivaation välillä oli korkea korrelaatio ($r_p = 0,728$; $n = 12$; $p = 0,007$) sekä takareiden EMG-aktiivisuuden keskihajonnan ja koaktivaation välillä oli erittäin korkea korrelaatio ($r_p = 0,872$; $n = 9$; $p = 0,002$). Askeleen sisäisellä keskihajonnalla ei havaittu myöskään yhteyttä motoriseen koordinaatioon. Oikean jalan etu ja takareiden lihasten EMG-aktiivisuuden keskihajonnan välillä oli korkea korrelaatio ($r_p = 0,782$; $n = 10$; $p = 0,008$). Vasemman ja oikean jalan takareiden lihasten EMG-aktiivisuuden keskihajonnan välillä oli korkea korrelaatio ($r_p = 0,736$; $n = 12$; $p = 0,006$) ja etureiden lihasten EMG-aktiivisuuden keskihajonnan välillä oli erittäin korkea korrelaatio ($r_p = 0,830$; $n = 10$; $p = 0,003$).



KUVIO 17. Askeleen sisäinen keskihajonta luokka-asteittain keskiarvoistettuna (1. luokka n = 1, 3. luokka n = 7 ja 5. luokka n = 6). Keskihajonta on merkitty lihaskohtaisesti järjestyksessä vasen etureisi (LQ), oikea etureisi (RQ), vasen takareisi (LH) ja oikea takareisi (RH).

8 POHDINTA JA YHTEENVETO

Tämän tutkielman tarkoituksena oli tutkia motorisen koordinaation ja juoksun aikaisten etu- ja takareisilihasten koaktivaation yhteyksiä alakouluikäisillä lapsilla. Motorisen koordinaation mittarina käytettiin KTK-testistöä ja juoksumittaukset suoritettiin juoksuradalla lapsen omavoluntaisella juoksunopeudella. Tarkastelussa oli myös motorisen koordinaation ja koaktivaation jakautuminen ikäluokittain 1., 3. ja 5. luokkalaisten välillä. Tämän lisäksi tutkittiin askelten toistettavuutta ja sen yhteyksiä motoriseen koordinaatioon sekä ikäluokkiin.

8.1 Tulosten pohdinta

Tulokset osoittivat, että reilu kahdella kolmannesta (70,6 %) tutkittavista on normaali motorinen koordinaatio. Motorisilta koordinaatiotaidoiltaan heikon tuloksen sai 8,8 %, välttävän 5,7 %, hyvän 11,8 % ja erinomaisen 2,9 %. Motorinen koordinaatio jakautuu hyvin samankaltaisesti kuin Vanderpe ym. 2011 tekemä tutkimus flanderilaisten lasten motorisesta koordinaatiosta (kuvio 3). Verrattaessa Kiphart & Schilling vuonna 1974 määrittämiin viitearvoihin, tulokset ovat keskimäärin heikompia ja etenkin heikon motorisen koordinaation sai huomattavasti suurempi prosenttiosuus kuin viitearvoissa. Iivonen ym. (2016) huomasivat systemaattisessa katsauksessa, että viitearvojen soveltuvuus nykypäivän lapsille on ollut huolenaiheena useissa eri tutkimuksissa. Vuonna 1974 kehitetyissä viitearvoissa ei ole otettu huomioon muuttunutta elinympäristöä ja yksilöiden välisiä eroja. (Laukkanen ym. 2013; Iivonen ym. 2016.) Vanderpe ym. (2011) vertasivat saksalaisten vuonna 1974 kehittämiä viitearvoja flanderilaisten lasten tuloksiin vuodelta 2008. Kaiken kaikkiaan vuonna 2008 sekä tytöt että pojat saivat lähes kaikista testeistä alhaisemmat pisteet. Poikkeuksena esteen yli kinkkaus ja sivuttaishyppely. 35 vuoden aikana lapset ovat muun muassa antropometrisesti isompi kokoisempia ja saavuttavat puberteetti-ikänsä aiemmin, joka vaikuttaa etenkin hyppytehtävien tuloksiin.

Ikään suhteutetulla motorisella koordinaatiolla havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero 3. ja 5. luokkalaisten välillä. Tuloksia tarkasteltaessa myös huomataan, että 1. luokkalaisten tulokset jakautuvat välillä heikko – normaali, kun taas 3. luokkalaisille heikko – hyvä ja 5. luokkalaisilla

välille normaali – erinomainen. Kuitenkaan sukupuolten välillä ei ollut ikäluokkien sisällä eroavaisuuksia motorisissa koordinaatio-aidoissa. Voidaan siis todeta, että ikään suhteutetussa motorisessa koordinaatiossa oli havaittavissa kehitystä iän myötä.

Motorisen koordinaation ja vasemman jalan reisilihasten koaktivaation välillä havaittiin korkea korrelaatio. Kuitenkin hypoteesin vastaisesti alhainen koaktivaatioprosentti korreloi heikkoon motoriseen koordinaatiotaitoon. Havaittu reisilihasten koaktivaatio jakautui myös hypoteesin vastaisesti siten, että 1. luokkalaisilla oli keskimäärin alhaisimmat koaktivaatioprosentit ja 5. luokkalaisilla kaikista suurimmat. Mero, Komi & Gregor (1992) ovat todenneet, että juoksunopeuden kasvaessa lihasaktiivisuus lisääntyy ja maksimaalisilla nopeuksilla juostaessa lihasten esiaktiivisuus ennen alastulokontaktia nousee tärkeään rooliin. Tässä tutkimuksessa lapset saivat itse määrittää juoksunopeutensa, joten on myös mahdollista että 5. luokkalaiset juoksivat suhteellisesti kovempaa, mitä 1. luokkalaiset ja tästä johtuen lihasaktivaatiota ja koaktivaatiota esiintyy enemmän. Myös nopeuden vaihtelu kesken juoksumittausten saattaa vaikuttaa juoksun aktiivisuusmalleihin ja tästä johtuen 1. luokkalaisten EMG-signaalissa oli havaittavissa paljon enemmän vaihtelevuutta. Koaktivaatiota tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon myös se, että huonosta EMG-datasta johtuen tutkittavien määrä väheni erittäin pieneksi ja 1. luokkalaista saatiin analyysiin ainoastaan yksi tutkittava, 3. luokkalaisia seitsemän ja 5. luokkalaisia kuusi tutkittavaa.

Frost ym. (2010) tutkivat koaktivaatiota juoksun aikana 7 – 16 vuotiailla lapsilla ja totesivat, että koaktivaation määrä vähenee iän myötä. Tutkimuksessa verrattiin juoksunopeuksia, jotka olivat metaboliselta intensiteetiltään vastaavia jokaisella lapsella. Lisäksi tutkimus toteutettiin juoksumatolla, jolloin mittausolosuhteet olivat säädelymmät, verrattuna tähän tutkielmaan. Lisäksi lihasaktiivisuudet mitattiin pintaelektrodeilla. Suureksi epävarmuustekijäksi tässä tutkielmassa osoittautuivat EMG-mittauksessa käytetyt EMG-shortsit. Finni ym. (2007) ovat tutkineet EMG-shortsien luotettavuutta ja todenneet, että ne ovat validi tapa mitata lihasaktiivisuutta. Kuitenkin he huomasivat, että EMG-shortsien istuvuus vaikutti huomattavasti tulosten luotettavuuteen. Vaikka lapsille oli tarjolla eri kokoisia shortseja säätö mahdollisuuksilla, on hyvin mahdollista, että shortseja ei saatu istumaan riittävän hyvin lapsille. Tätä oletusta puoltaa se, että suurin osa huonosta EMG-datasta oli 1. luokkalaisilla lapsilla, jotka olivat keskimäärin koolta pienempiä kuin 3. ja 5. luokkalaiset.

Koaktivaation kynnyksisarvona sekä normalisoinnissa käytettiin kävelyn EMG-arvoja, sillä MVIC-arvot eivät korreloineet juoksun EMG-arvoja ollenkaan ja näin ollen MVC-arvojen käyttö ei ollut perusteltua. Kynnyksisarvona käytettiin sekä yksin- että kaksinkertaisia kävelyn EMG-arvoja, sillä ei tiedetty miten kävelyn EMG-arvot kynnyksisarvona toimivat. Montgomery ym. (2016) mukaan maalla juostessa etu- ja takareiden lihasten koaktivaatio on aikuisilla keskimäärin hieman alle 40 %. Tämän perusteella voisi olettaa, että kaksinkertainen kävelyn EMG toimii paremmin koaktivaation kynnyksisarvona. Kuitenkin tutkimus on tehty aikuisilla, joten lapsilla arvot saattavat olla suurempia, joka taas puoltaisi yksinkertaisia kävelyn EMG-arvoja kynnyksisarvoina. Lapsille ei löydy viitearvoja koaktivaation määrästä juoksun aikana ja tutkimuksia aiheesta on tehty vähän.

Juoksun koordinaatiomallin kehittymistä voidaan tarkastella myös askelten toistettavuuden kannalta. Tässä tarkastelussa 3. ja 5. luokkalaisilla askeleet olivat lähes yhtä toistettavia. 1. luokkalaisten askeleet olivat tämän tutkimuksen mukaan kaikista toistettavimpia, mutta tutkittavia tässä ikäluokassa oli ainoastaan yksi, joten tuloksia ei voi pitää vertailukelpoisina. Vasemman jalan osalta koaktivaation ja askelten toistettavuuden välillä havaittiin korkea korrelaatio, joten tässä tutkimuksessa suuri koaktivaatioprosentti korreloi myös toistettavampiin askeliin.

García-Pinillos ym. (2018) totesivat, että askelten toistettavuus juoksunopeudesta riippumatta on mahdollista määrittää lyhyiltäkin jopa 10 sekunnin ajanjaksoilta ja 25 – 30 askeleesta. Kuitenkin lyhyemmällä, alle 120 sekunnin, ajanjaksoilla satunnaisten ja systemaattisten virheiden määrä kasvaa. Tässä tutkielmassa analysoidut ajanjaksot olivat pituudeltaan 10 – 120 sekuntia. Kuitenkin useat juoksuaskelten toistettavuutta mittaavat tutkimukset, kuten García-Pinillos ym. (2018) toteutettiin juoksumatolla. Tällöin juoksuympäristö on erittäin kontrolloitu eikä muutu paljoa mittausten aikana. Kuitenkin tässä tutkielmassa juoksumittaus tehtiin vapaavalintaisella juoksunopeudella 200 metrin juoksuradalla, jossa oli kalteva juoksualusta kaarteissa. Bartlett (2004) totesi, että juoksuaskelten variaatio on myös osaltaan luonnollinen tapa reagoida ympäristön muutoksiin. On siis otettava huomioon, että tässä tutkielmassa juoksu nopeus ja analysoidavan ajanjakson sijoittuminen juoksuradalle saattoivat vaikuttaa mittaustuloksiin. Seethapathi & Srinivasan (2019) totesivat myös väsymyksen vaikuttavan juoksuaskelten tois-

tettavuuteen sitä heikentäen. Tutkittavat suorittivat juokсутestin arvotussa järjestyksessä yhdeksän muun liikuntataitoja mittaavan suorituksen kanssa. On siis otettava huomioon, että väsymyksellä voi myös olla vaikutusta tuloksiin.

Askeleen sisäisellä keskihajonnalla pyrittiin kuvaamaan EMG-signaalin vaihtelua ja muotoa. 1. luokkalaisilla EMG-signaalissa oli keskimäärin enemmän häiriötä ja epäselvyyttä verrattuna 3. ja 5. luokkalaisiin. Granata, Padua & Abel (2005) mukaan EMG-datan tulkinta askelsyklistä on erittäin haasteellista lapsilla. Vaikka askellusmalli sisäistetään jo nuorena 6 – 7 ikävuoden aikana, vaihtelevuus sen suorittamisessa on vielä suurta. Esimerkiksi hienomotoriikan kehitys jatkuu vielä useita vuosia tämän jälkeen. Tästä johtuen lapsilla EMG-signaalissa on erittäin paljon vaihtelevuutta. (Granata ym. 2005.) Tämä voisi selittää sitä, miksi monilla 1. luokkalaisista EMG-signaali ei ollut yhtä vakiintunutta muodoltaan verrattuna 3. ja 5. luokkalaisiin.

8.2 Johtopäätökset ja jatkoehdotukset

Motorisessa koordinaatiossa ja askeleen sisäisessä keskihajonnassa oli nähtävissä kehitystä iän mukaisesti. Kuitenkin huonon EMG-datan takia EMG-dataan perustuvat analyysit ovat melko heikkoja tässä tutkimuksessa. Motorisen koordinaation ja koaktivaation yhteyttä tulisi mitata pintaelektrodeilla ja kontrolloidummin, jotta saataisiin vertailukelpoista aineistoa muihin tutkimuksiin verrattuna. Myös kynnsarvoina ja normalisoinnissa olisi hyvä käyttää maksimaalisia isometrisiä suorituksia. Juoksu ja MVIC suoritukset olisi hyvä suorittaa peräkkäin, jotta Granatan ym. (2005) ilmi tuoma suuri päivien välinen EMG vaihtelu saataisiin minimoitua. Olisi myös hyvä selvittää mittaamalla esimerkiksi pintaelektrodeilla, ovatko tässä tutkimuksessa pois jätetyt EMG-datat häiriötä vai johtuuko epäselvä EMG-signaali juuri puuttuvasta liikkeen kontrollista ja lihasaktivaatiomallin vakiintumisesta.

LÄHTEET

- Anttila, R., Eronen, S., Kallio, M., Kanninen, K., Kauppinen, L., Paavilainen, P. & Salo, S. 2010. *Persoonaa 2: Kehityopsykologia*. 3.-8. uudistettu painos, Helsinki: Edita Prima Oy
- Bartlett, R. 2005. Is movement variability important for sports biomechanists? *International Symposium on Biomechanics in Sports 2004*, 521 – 524.
- Burnnett, C.N. & Johansson, E.W. 1971. Development of gait in childhood, part II. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 13, 207-215.
- Cappellini, G., Ivanenko, Y.P., Poppele, R.E. & Lacquaniti, F. 2006. Motor Patterns in Human Walking and Running. *Journal of Neurophysiology* 95 (6), 3426 – 3437.
- Chapman, A.R., Vicenzino, B., Blanch, P. & Hodges, P.W. 2005. Patterns of leg muscle recruitment vary between novice and highly trained cyclist. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 18 (2008), 359 – 371. doi:10.1016/j.jelekin.2005.12.007
- Clark, J.E. & Whittall, J. 1989. Changing patterns of locomotion: From walking to skipping. *Teoksessa Woollacott M. H. & A. Shumway-Cooke. Development of posture and gait across the life span. United States: University of South Carolina*, 128 – 151.
- Colyer, S.L. & McGuigan, P.M. 2018. Textile Electrodes Embedded in Clothing: A Practical Alternative to Traditional Surface Electromyography when Assessing Muscle Excitation during Functional Movements. *Journal of Sports Science and Medicine* (2018) 17, 101-109.
- Cortes, N., Ornate, J. & Morrisson, S. 2014. Differential effects of fatigue on movement variability. *Gait & Posture* 39, 888 – 893. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.11.020>
- da Fonseca, S.T., Vaz, D.V., de Aquino, C.F. & Brício, R.S. 2004. Muscular co-contraction during walking and landing from a jump: Comparison between genders and influence of activity level. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 16 (2006), 273 – 280. doi:10.1016/j.jelekin.2005.07.005
- De Luca, C. J. & Mambrito, B. 1987. Voluntary control of motor units in human antagonist muscles - coactivation and reciprocal activation. *Journal of Neurophysiology* 58: 525-542. DOI:10.1152/jn.1987.58.3.525
- D'Hondt E, Deforche B, Vaeyens R, Vandorpe B, Vandendriessche J, Pion J, Philippaerts R, De Bourdeaudhuij I, Lenoir M. 2011. Gross motor coordination in relation to weight

- status and age in 5- to 12-year-old boys and girls: a cross-sectional study. *International Journal of Pediatric Obesity* 6 (2011), e556–e564.
- Enoka, R. M. 2015. *Neuromechanics of Human Movement*. 5th edition. United States: Human Kinetics.
- Farina, D., Cescon, C., Merletti, R., 2002. Influence of anatomical, physical, and detection-system parameters on surface EMG. *Biological Cybernetics* 86, 445–456. DOI: 10.1007/s00422-002-0309-2
- Finni, T., Hu, M., Kettunen, P., Vilavuo, T. & Cheng, S. 2007. Measurement of EMG activity with textile electrodes embedded into clothing. *Physiological Measurement* 28 (2007) 1405 – 1419. doi:10.1088/0967-3334/28/11/007
- Ford, K.R., van den Bogert, J. Myer, G.D., Shapiro, R. & Hewerr, T.E. 2008. The effects of age and skill level on knee musculature co- contraction during functional activities: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine* 42 (7), 561–566. doi:10.1136/bjism.2007.044883.
- Frigo, C. & Crenna, P. 2008. Multichannel SEMG in clinical gait analysis: A review and state-of-the-art. *Clinical Biomechanics* 24 (2009), 236–245. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2008.07.012
- Frost, G., Bar-Or, O., Dowling, J. & Dyson, K. 2010. Explaining differences in the metabolic cost and efficiency of treadmill locomotion in children. *Journal of Sports Sciences* 20 (6), 451 – 461. <https://doi.org/10.1080/02640410252925125>.
- Gallahue, D. 1993. *Developmental physical education for today's children*. Dubuque, IA.: McGraw-Hill.
- Gallahue, D. L. & Donnelly, F. C. 2003. *Developmental physical education for all children*. 4. painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Gallahue, D. & Ozmun, J. 2002. *Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults*. 5th ed. New York: McGraw-Hill.
- Gallahue, D., Ozmun, J. & Goodway, J. 2012. *Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults*. 7th ed. New York: McGraw-Hill.
- García-Pinillos, F., Latorre-Román, P.A., Ramírez-Campillo, R., Párraga-Montilla, J.A. & Roche-Seruendo, L.E. 2018. Minimum time required for assessing step variability during running at submaximal velocities. *Journal of Biomechanics* 80, 186 – 195. doi: 10.1016/j.jbiomech.2018.09.005

- Granata, K.P., Padua, D.A. & Abel, M.F. 2005. Repeatability of surface EMG during gait in children. *Gait & Posture* 22 (2005), 346–350. doi:10.1016/j.gaitpost.2004.11.014
- Guidetti, L., Rivellini, G. & Figura, F. 1996. EMG patterns during running: Intra- and inter-individual variability. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 6 (1), 37 – 48. doi.org/10.1016/1050-6411(95)00015-1
- Hamstra-Wright, K.L., Swanik, B., Sitler, M.R., Swanik, K.A., Ferber, R, Rindenour, M & Huxel, K.C. 2005. Gender Comparisons of Dynamic Restraint and Motor Skill in Children. *Clinical Journal of Sport Medicine* 16 (1), 56 – 62.
- Haywood, K. M. & Getchell, N. 2009. *Lifespan Motor Development*. 5th ed. United States of America: Human Kinetics.
- Iivonen, S., Sääkslahti, A. K., Laukkanen, A. 2015. A review of studies using the Körperkoordinationstest für Kinder (KTK). *European Journal of Adapted Physical Activity*, 8(2), 18–36.
- Iivonen, S., Sääkslahti, A. & Laukkanen, A. 2016. KTK lasten motorisen koordinaation mittarina – systemaattinen katsaus. *Liikunta & Tiede* 53 (2–3), 80–87.
- Kantomaa, M.T., Stamatakis, E., Kankaanpää, A., Kaakinen, M., Rodriguez, A., Taanila, A., Ahonen, T., Jarvelin, M.R., Tammelin, T., Kankaanpää A. & Jarvelin M-R. 2013. Physical activity and obesity mediate the association between childhood motor function and adolescents’ academic achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (2013), 1917–1922.
- Kiphard, E.J. & Schilling, F. 2007. *Körperkoordinationstest für Kinder 2, überarbeitete und ergänzte Aufgabe*. Beltz test, Weinham.
- Kokko, S., Martin, L., Villberg, J. Ng, K. & Mehtälä, A. 2019. Itsearvioitu liikunta-aktiivisuus, ruutu-aika ja sosiaalinen media sekä liikkumisen seurantalaitteet ja -sovellukset. Teoksessa: Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. Kokko, S & Martin, L. (toim.) Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 1 (2019).
- Laukkanen, A., Finni, T., Pesola, A. & Sääkslahti, A. 2013. Reipas liikunta takaa lasten motoristen perustaitojen kehityksen – mutta kevyttäkin tarvitaan! *Liikunta & Tiede* 50 (6), 47–52.
- Laukkanen, A., Pesola, A., Havu, M., Sääkslahti, A. & Finni, T. 2014. Relationship between

- habitual physical activity and gross motor skills is multifaceted in 5- to 8-year-old children. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 24 (2014), 102–110. DOI: 10.1111/sms.12116.
- Laukkanen, A., Pesola, A., Heikkinen, R., Sääkslahti, A. & Finni, T. 2015. Family-Based Cluster Randomized Controlled Trial Enhancing Physical Activity and Motor Competence in 4–7-Year-Old Children. *PLoS ONE* 10 (10), e0141124. DOI:10.1371/journal.pone.0141124.
- Lopes, L. Santos, R., Pereira, B. & Lopes, V. P. 2012a. Associations Between Sedentary Behavior and Motor Coordination in Children. *American Journal of Human Biology* 24 (2012), 746 – 752.
- Lopes, V. P., Rodrigues, L. P., Maia, J. A. R. & Malina, R. M. 2011. Motor coordination as predictor of physical activity in childhood. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 21 (2011), 663 – 669. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01027.x
- Lopes, V. P., Stodden, D. F., Bianchi, M. M., Maia, J. A. R. & Rodrigues, L. P. 2012b. Correlation between BMI and motor coordination in children. *Journal of Science and Medicine in Sport* 15 (2012), 38–43.
- Mero, A. 2004a. Lapsen ja nuoren elimistön kasvu ja kehitys. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K. Keskinen & K. Häkkinen *Urheiluvalmennus*. Jyväskylä: VK- Kustannus Oy, 11 – 36.
- Mero, A. 2004b. Taito ja tekniikka. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K. Keskinen & K. Häkkinen. *Urheiluvalmennus*. Jyväskylä: VK-Kustannus Oy, 241 - 250.
- Mero, A. & Numminen, P. 1990. Taito ja sen harjoittaminen. Teoksessa A. Mero, T. Vuorimaa & K. Häkkinen. *Lasten ja nuorten harjoittelu*. Jyväskylä: Mero Oy, 49 - 70.
- Mero, A. & Pullinen, T. 1990. Nopeus ja sen harjoittaminen. Teoksessa A. Mero, T. Vuorimaa & K. Häkkinen (toim.). *Lasten ja nuorten harjoittelu*. Jyväskylä: Mero Oy, 114 – 132.
- Mero, A., Komi, P.V. & Gregor, R.J. 1992. Biomechanics of Sprint Running. *Sports Medicine* 13 (6), 376 – 392.
- Metsämuuronen, J. 2011. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. Helsinki: International Methelp Oy.

- Mononen, K., Blomqvist, M. & Konttinen, N. 2017. Motorinen koordinaatio ja fyysinen aktiivisuus 10-vuotiailla rovaniemeläisillä lapsilla. *KIHUn julkaisusarja* 58, 1- 16.
- Montgomery, G., Abt, G., Dobson, C., Smith, T. & Ditroilo, M. 2016. Tibial impacts and muscle activation during walking, jogging and running when performed over ground, and on motorized and non-motorised treadmills. *Gait & Posture* 49 (2016), 120 – 126. DOI:10.1016/j.gaitpost.2016.06.037
- Nelson, J.K., Thomas, J.R., Nelson, K.R. & Abraham P.C. 1986. Gender differences in children's throwing performance: Biology and environment. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 57 (1986), 280-287.
- Numminen, P. 1996. *Kuperkeikka varhaiskasvatuksen didaktiikkaan*. Helsinki: Lasten Keskus Oy.
- Okely, A.D. & Booth, M.L. 2004. Mastery of fundamental movement skills among children in New South Wales: prevalence and sociodemographic distribution. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 7(3), 358–372.
- Okely, A.D., Booth, M.L. & Chey, T. 2004. Relationships between body composition and fundamental movement skills among children and adolescents. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 75 (2004), 238– 247.
- Rintala, P., Sääkslahti, A. & Iivonen, S. 2016. 3–10-vuotiaiden lasten motoriset perustaidot. *Liikunta & Tiede* 53 (6), 49–55.
- Robinson, L.E. 2011. The relationship between perceived physical competence and fundamental motor skills in preschool children. *Child: Care, Health and Development* 37 (2011), 589–596.
- Roth, K., Ruf, K., Obinger, M., Mauer, S., Ahnert, J., Schneider, W., Graf, C. & Hebestreit, H. 2010. Is there a secular decline in motor skills in preschool children? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20 (2010), 670 – 678. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00982.x
- Rudd, J., Butson, M. L., Barnett, L., Farrow, D., Berry, J., Borkoles, E. & Polman, R. A. 2015. A holistic measurement model of movement competency in children. *Journal of Sports Sciences* 29, 1–9. doi: 10.1080/02640414.2015.1061202
- Saari, A., Sankilampi, U. & Dunkel, L. 2010. On aika uudistaa suomalaisten lasten kasvukäyrät. *Duodecim* 126 (2010), 2799 – 2802.

- Schmidt, R. A. & Lee, T. D. 2014. Motor learning and performance: From Principles to Application. 5th edition. United States: Human Kinetics
- Scilingo E.P., Gemignani A., Paradiso R., Taccini N., Ghelarducci B., De Rossi D. 2005. Performance evaluation of sensing fabrics for monitoring physiological and biomechanical variables. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 9, 345-352.
- Seethapathi, N. & Srinivasan, M. 2019. Step-to-step variations in human running reveal how humans run without falling. *eLife* 8 (2019), e38371. <https://doi.org/10.7554/eLife.38371>
- Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. H. 2012. Motor control. Translating research into clinical practice. 4th edn. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012. 20
- Strazza, A., Mengarelli, A., Fioretti, S., Burattini, L., Agostii, V., Knaflitz, M. & Di Nardo, F. 2016. Surface-EMG analysis for the quantification of thigh muscle dynamic co-contractions during normal gait. *Gait & Posture* 51 (2017), 228–233. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.11.003>
- Sutherland, D. 1997. The development of mature gait. *Gait and Posture*, 6 (2), 162 – 170.
- Sääkslahti, A. 2015. Liikunta varhaiskasvatuksessa. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Vale, S., Silva, P., Santos, R., Soares-Miranda, L. & Mota, J. 2010. Compliance with physical activity guidelines in preschool children. *Journal of Sports Sciences* 28 (6), 603-608. <https://doi.org/10.1080/02640411003702694>
- Vandorpe, B., Vandendriessche, J., Lefevre, J., Pion, J., Vaeyens, R., Matthys, S., Philippaerts, R. & Lenoir, M. 2011. The KörperkoordinationsTest für Kinder: reference values and suitability for 6-12-year-old children in Flanders. *Sacndinavian Journal of Medicine & Science in Sport* 21(3), 378-388. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01067.x. Epub 2010 Jan 31.
- World Health Organization. 2011. Global recommendations on physical activity for health 5 – 17 years old. Geneva: World Health Organization.
- Wrotniak, B.H., Epstein, L.H., Dorn, J.M., Jones, K.E. & Kondilis, V.A. 2006. *Pediatrics* 118 (6), e1758 – e1765. DOI: 10.1542/peds.2006-0742
- Zeng, N., Ayyub, M., Sun, H., Wen, X., Xiang, P. & Gao, Z. 2017. Effects of Physical Activity on Motor Skills and Cognitive Development in Early Childhood: A Systematic Review. *BioMed Research International*. volume 2017, 1 – 13. <https://doi.org/10.1155/2017/2760716>

LIITTEET

LIITE 1: Suostumuslomake CHIPASE-tutkimukseen osallistumisesta

Lasten fyysisen aktiivisuuden mittaaminen eri menetelmillä

Pyyntö osallistua tutkimukseen

Sinua pyydetään mukaan tutkimukseen, jossa selvitetään eri tapoja mitata fyysistä aktiivisuutta. Kerromme sinulle tutkimuksesta ja sinulla on mahdollisuus esittää kysymyksiä, jonka jälkeen sinulta pyydetään suostumus tutkimukseen osallistumisesta.

Tutkimuksesta vastaava tutkija on professori Taija Juutinen Jyväskylän yliopistosta. Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta on arvioinut tutkimussuunnitelman ja antanut siitä puoltavan lausunnon.

Vapaaehtoisuus

Tutkimukseen osallistuminen on sinulle täysin vapaaehtoista ja voit keskeyttää tutkimuksen koska tahansa. Tutkimuksesta kieltäytyminen tai sen keskeyttäminen ei vaikuta millään tavalla tutkijoiden suhtautumiseen sinuun, eikä siitä aiheudu sinulle mitään harmia.

Tutkimuksen kulku

Tutkimuksessa on kaksi osiota, joista ensimmäinen (A) toteutetaan laboratoriossa ja toinen (B) normaalissa arjessa. Lisäksi pyydämme vastaamaan kyselyihin. Tutkimuksen laboratoriomittaukset sisältävät kuusi eri osiota ja ne suoritetaan Jyväskylä yliopiston liikuntalaboratoriossa. Sinulle tulee kaksi tai kolme laboratorioskäyntiä.

A) Laboratoriotutkimus sisältää seuraavat osiot:

1. Laboratorioskäynti, kesto noin 2h. Ensimmäiseen laboratorioskäyntiin sinun tulee yön yli kestävän paaston jälkeen. Paasto tarkoittaa sitä, ettei syödä ja juoda 12 tuntiin muuta kuin hieman vettä. Sinulle tarjotaan aamupalaa lepoaineenvaihdunnan ja kehonkoostumusmittausten jälkeen.

- 1) **Kehonkoostumuksen, pituuden, painon ja kehon ympäryksen mittaaminen.** Kehonkoostumus mitataan bioimpedanssilaitteella. Sinun tulee seisoa tutkimuksen aikana mittalaitteessa kevyissä vaatteissa. Mittaus kestää noin 5 minuuttia. Kehon ympäryys ja pituus mitataan mittanauhalla.
- 2) **Lepoaineenvaihdunnan mittaamiseen** Sinun tulee maata tutkimuksen aikana hiljaa hengitysmaski kasvoillasi. Saat halutessasi katsella TV:tä mittauksen aikana. Mittaus kestää 30 minuuttia.
- 3) **Liikkumistaitoasi** mitataan testillä, joka sisältää erilaisia liikunnallisia tehtäviä kuten tasapainoilua ja hyppelyä. Jos haluat, tämä testi voidaan tehdä myös erillisellä käyntikerralla.

2. Laboratorioskäynti (kesto noin 2h):

Laboratorioskäynnin aikana sinulta mitataan sydämen sykettä,

- 1) **Eritasoisten tehtävien suorittaminen.** Tässä osiossa sinun tulee tehdä erilaisia tehtäviä kuten kirjoittaa, pelata pelejä, kävellä, juosta ja hyppiä.
- 2) **Lihassoiman mittaaminen.** Lihastesi voimaa testataan hyppytesteillä sekä mittauslaitteessa istuen, jossa sinua pyydetään jalkojasi täysillä, niin voimakkaasti kuin pystyt.

- 3) **Polkupyöraergometritesti.** Testissä sinun tulee polkea kuntopyörällä niin pitkään kuin jaksat. Vastusta lisätään hiljalleen. Saat lopettaa testin silloin, kun itse haluat. Testi kestää yleensä noin kymmenen minuuttia.

B) Viikon seurantajakso päivittäisissä toimissasi.

Viimeisten laboratoriomittausten jälkeen sinulle annetaan kiihtyvyyssmittari, jota sinun tulee pitää lantiolla seuraavien 7 päivän ajan. Tutkija ohjeistaa sinua mittarin käytössä. Lisäksi yhden päivän aikana sinulle annetaan käyttöön EMG-shortsit, jotka mittaavat lihasten aktiivisuutta. Samana päivänä, kun sinulla on EMG-shortsit päällä, yksi tutkija tulee kirjaamaan liikkumistasi yhden koulupäivän ajaksi.

Tutkimuksessa käytettävät mittarit

Kiihtyvyyssmittari. Tutkimuksessa käytetään lantiolle joustavalla vyöllä kiinnitettävää kiihtyvyyssmittaria, joka tallentaa suoritusten aikana tapahtuvan liikkeen. Myös muunlaisia pieniä mittareita voidaan käyttää liikkumisen mittaamiseen.

Aineenvaihdunnan mittaamiseen käytetään liikuteltavaa mittauslaitetta. Hengityskaasujen mittauksen ajaksi sinun kasvoille asetetaan maski, jonka läpi hengität. Lisäksi laitteistoon kuuluu pieni mittaussyk-sikkö, joka tulee joustavalla vyöllä selkääsi kiinni, mutta se ei haittaa liikkumista.

Lihaskäivisuuden mittaaminen. Lihaskäivisuutta tutkitaan siihen suunnitelluilla shortseilla. Ne mittaavat ihon pinnalta lihasten sähköistä käivisuutta. Ne tuntuvat tavallisilta pyörailyshortseilta. Voit pukea omat housusi niiden päälle.



Kuva 1. Vasemmalla kiihtyvyyssmittarin paikka lantiolla, keskellä polkupyöraergometritesti ja oikealla kehonkoostumusmittaus.

Mitä sinä hyödyt tutkimukseen osallistumisesta?

Saat tietoa miten aktiivinen liikkuja olet, ja mikä on kuntosi. Saat kivan kokemuksen erilaisista mittalaitteista ja tieteellisestä tutkimuksesta.

Tutkimuksesta sinulle mahdollisesti aiheutuva haitta

Liikunta- ja lihasvoimatesteihin liittyy lihas- ja jännerevähdyksen mahdollisuus, mikä ei ole sen suurempi, kuin muissakaan kovissa liikuntasuorituksissa.

Hengityskaasuanalysointin maskin läpi voi olla hieman normaalia vaikeampi hengittää, mutta annamme sinulle riittävästi aikaa tottua maskiin ja varmistamme, että hengittäminen sujuu vaivatta. Hengitysmaski voi painaa päätä vasten, mutta asetamme sen sinulle mahdollisimman mukavasti.

Polkupyörätesti poljetaan uupumukseen asti, mikä voi tuntua hetken ajan epämiellyttävältä. Suoritus ei ole kuitenkaan erilainen kuin normaali raskas urheilusuoritus. Sykepanta voi joidenkin mielestä tuntua hieman epämiellyttävältä pidettäessä päällä pitkiä ajanjaksoja (voi painaa rintakehää).

SUOSTUMUS TUTKIMUKSEEN OSALLISTUMISESTA

Olen ymmärtänyt tämän tutkimuksen tarkoituksen ja sisällön, minulle aiheutuvat mahdolliset haitat sekä tutkittavien oikeudet. Minulla on ollut mahdollisuus kysyä tutkimuksesta ja saada tietoa tutkimuksen sisällöstä ymmärrettävästi. Osallistun mittauksiin vapaaehtoisesti ja annettujen ohjeiden mukaisesti. En osallistu mittauksiin flunssaisena, kuumeisena, toipilaana tai muuten huonovointisena. Voin halutessani peruuttaa tai keskeyttää osallistumiseni tai kieltäytyä mittauksista missä vaiheessa tahansa syitä ilmoittamatta ja ilman, että siitä seuraa minulle mitään harmia.

Peruuttaessani suostumukseni tai keskeyttäessäni tutkimuksen siihen mennessä kerättyjä tietoja ja näytteitä käytetään osana tutkimusaineistoa. Tutkimustuloksiani saa käyttää ja hyödyntää sellaisessa muodossa, jossa minua ei voi tunnistaa.

SUOSTUN VAPAAEHTOISEKSI TUTKITTAVAKSI
CHIPASE-TUTKIMUKSEEN

KYLLÄ EI

Mikäli myöhemmin ilmenee tarvetta käyttää kerättyjä tietoja tai näytteitä jatkotutkimuksiin, jotka eivät ole CHIPASE-tutkimuksen alkuperäisen tarkoituksen mukaisia, minuun ja vanhempiini saa ottaa yhteyttä.

KYLLÄ EI

Mikäli haluat osallistua tähän tutkimukseen, kirjoita nimesi tähän suostumukseen.

Tutkittavan nimi _____ ID _____

Päiväys

Tutkittavan allekirjoitus

Päiväys

Tutkijan allekirjoitus