

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Triinu Sakkool

**5-6-aastaste alakõnega ja eakohase kõnearenguga laste isomeetrilise
lihasjõu ja skeletilihaste toonuse võrdlus**

**Isometric muscle strength and skeletal muscle tone in 5-6 year old children with specific
language impairment and children with normal language skills**

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendajad:

Tartu Ülikooli teadur, H. Gapeyeva, MD, PhD

Tartu Ülikooli füsioteraapia lektor, I. Mürsepp, PhD

Tartu, 2016

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	3
TÖÖ LÜHIÜLEVAADE.....	4
ABSTRACT	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1.1. Skeetilihaste toonus	6
1.1.1. Skeetilihaste toonuse hindamine	7
2.1. Kõnearengu puuded lastel.....	8
3.1. Motoorsed võimed ja nende hindamine lastel	9
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	11
2. Analüüsida skeetilihastoonuse ja isomeetrilise lihasjõu vahelisi seoseid	11
3. METOODIKA	12
3.1. Vaatlusalused	12
3.2. Uuringu korraldus	13
3.3. Uurimismeetodid	13
3.3.1. Antropomeetrilised mõõtmised	13
3.3.2. Lihastoonuse, elastsuse ja jäikuse näitajate hindamine.....	13
3.3.3. Käe haardejõu hindamine.....	16
3.3.4. Alajäsemete sirutajalihaste tahtelise isomeetrilise maksimaaljõu hindamine.....	16
3.4. Andmete statistiline analüüs	16
4. TÖÖ TULEMUSED	17
4.1. Lihastoonuse näitajad	17
4.2. Isomeetiline lihasjõud.....	20
4.3. Korrelatiivsed seosed.....	22
5. ARUTELU	26
6. JÄRELDUSED.....	31
KASUTATUD KIRJANDUS:	32
TÄNUAVALDUS	38
LISAD	39
Lisa 1. ARTIKKEL.....	39
LIHTLITSENTS.....	49

KASUTATUD LÜHENDID

- AKG – alakõnega laste grupp
- BB – lad.k *m. biceps brachii caput longum*, eesti k. õlavarre kakspealihase pikk pea
- BF – lad.k *m. biceps femoris caput longum*, eesti k. reie kakspealihase pikk pea
- EKG – eakohase kõnearenguga laste grupp
- GM – lad.k *m. gastrocnemius caput mediale*, eesti k. kaksik-sääremarjalihase mediaalne pea
- RF – lad.k *m. rectus femoris*, eesti k. reie sirglihas
- TA – lad.k *m. tibialis anterior*, eesti k. eesmine säärelihas
- TB – lad.k *m. triceps brachii caput longum*, eesti k. õlavarre kolmpealihase pikk pea
- TR – lad.k *m. trapezius*, eesti k. trapetslihase ülemine osa

TÖÖ LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Käesoleva töö eesmärgiks oli välja selgitada isomeetrilise lihasjõu ja skeletilihastoonuse iseärasused ja nende seosed 5-6-aastastel alakõnega lastel võrrelduna eakohase kõnearenguga lastega.

Metoodika: Uuringus osales 26 alakõnega last ja 26 eakohase kõnearenguga last vanuses 5-6 eluaastat. Käe haardejõu hindamiseks kasutati käe dünamomeetrit Lafayette ja alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu hindamiseks spetsiaalselt konstrueeritud dünamomeetrist pinki. Skeletilihaste *m.tibialis anterior*, *m.rectus femoris*, *m.biceps brachii caput longum*, *m.gastrocnemius caput mediale*, *m.biceps femoris caput longum*, *m.trapezius*, *m.triceps brachii caput longum* lihastoonuse hindamiseks kasutati müotonomeetrit Myoton-3.

Tulemused: Alakõnega laste vasaku kehapoole *m.rectus femoris*-e ja *m.gastrocnemius caput mediale* omavõnkesageduse näitajad ning *m.rectus femoris*-e lihasjäikuse näitajad olid oluliselt kõrgemad ($p < 0,05$) eakohase kõnearenguga lastest. Gruppide vahel ei esinenud käe haardejõu ja alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu väärtuste võrdluses statistiliselt olulisi erinevusi ($p > 0,05$). Alakõnega laste parema alajäseme sirutajalihaste isomeetrilise jõu näitajate ja parema alajäseme *m.rectus femoris*-e dekremendi vahel esines nõrk korrelatiivne seos ($p < 0,05$). Tugev korrelatiivne seos ($p < 0,001$) leiti alakõnega lastel kehamassi ja parema käe haardejõu vahel, kehapikkuse ja parema ning vasaku käe haardejõu vahel. Alakõnega lastel esines tugev korrelatiivne seos ($p < 0,001$) kehamassiindeksi ja *m.biceps brachii* omavõnkesageduse näitajate vahel.

Kokkuvõte: Alakõnega laste alajäsemete skeletilihaste lihastoonuse ja lihasjäikuse näitajad on oluliselt kõrgemad eakohase kõnearenguga lastest. Alakõnega laste skeletilihaste elastsuse ning üla- ja alajäsemete isomeetrilise lihasjõu näitajate osas olulisi erinevusi ei leitud võrreldes eakohase kõnearenguga lastega. Elastsuse näitajate ja isomeetrilise lihasjõu vaheline seos esines vaid alakõnega lastel parema alajäseme sirutajalihastes. Mõlemas uuringugrupis esinesid olulised korrelatiivsed seosed antropomeetriliste parameetrite ja isomeetrilise jõu ning antropomeetriliste parameetrite ja skeletilihaste toonuse näitajate vahel.

Märksõnad: alakõne, skeletilihaste toonus, isomeetiline lihasjõud, Myoton-3

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to compare isometric muscle strength and skeletal muscle tone characteristics, also their associations in 5-6 year old children with specific language impairment and in aged-matched children with normal language skills.

Methods: Children with specific language impairment (n=26) and children with normal language skills (n=26) aged 5-6 years took part of the study. Hand-grip strength was measured by hand-held Lafayette dynamometer. Isometric strength of leg extensor muscles was assessed by custom-made dynamometric bench. Skeletal muscle tone, elasticity and stiffness characteristics of tibialis anterior, rectus femoris, biceps brachii, gastrocnemius, biceps femoris, trapezius and triceps brachii muscles were measured by device Myoton-3 (Müomeetria Ltd, Estonia).

Results: Muscle tone characteristics of left rectus femoris muscle and gastrocnemius muscle as well as stiffness of left rectus femoris muscle were higher ($p < 0,05$) in children with specific language impairment. There were no significant differences ($p > 0,05$) between groups in hand-grip strength and in isometric strength of leg extensor muscles. Leg extensor muscles' isometric strength and muscle elasticity characteristics of rectus femoris muscle of right body side had low correlation ($p < 0,05$) in children with specific language impairment. Strong correlations ($p < 0,001$) between body mass and right hand grip strength as well as between body height and hand grip strength of right and left arm, also between body mass index and muscle tone characteristics of biceps brachii were found in children with specific language impairment.

Conclusions: Children with specific language impairment demonstrated higher skeletal muscles tone and stiffness characteristics of lower extremities when compared children with normal language skills. Skeletal muscle elasticity characteristics and isometric strength of handgrip and leg extension did not differ between children of studied groups. Correlation between muscle elasticity and isometric strength characteristics was found only in leg extensor muscles of children with specific language impairment. Isometric strength and muscle tone characteristics were both correlated with anthropometric parameters in two studied groups.

Keywords: specific language impairment, skeletal muscle tone, isometric strength, Myoton-3

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Skeletilihaste toonus

Skeletilihastoonuse puhul on oluline eristada passiivset puhkeoleku toonust ja posturaaltoonust. Puhkeoleku lihastoonus on lõdvestunud lihaste seisund, mille korral teatav pinge lihases säilib (Vain et al., 2015). Puhkeoleku lihastoonus sõltub lihase paiknemise piirkonnast ja lihase passiivsest pikkusest (Murayama et al., 2012). Kui puhkeoleku lihastoonus avaldub stabiilses asendis nagu lamamine, siis posturaalne ehk asenditoonus on seotud keha stabiliseerimisega, asendi säilitamise ja tasakaalu hoidmisega (Vain et al., 2015). Skeletilihaste toonuse kindlustavad nii kesknärvisüsteem kui rakutoonus (Simons & Mense, 1998). Lihastoonus on seotud skeletilihaste mehaaniliste omadustega nagu elastsus ja jäikus (Viir et al., 2006) ning peegeldab laste seas kesknärvisüsteemi küpsust (Batra et al., 2015).

Lihastoonust reguleerib perifeersel tasandil fusimotoorne süsteem – neuraalsed ühendused lihaskävi, selle aferentsete aksonite ja gammamotoneuronite vahel, mis reguleerivad lihaskävi tundlikkust, muutes intrafusaalsete kiudude pikkust ja pinget. Kesknärvisüsteemi tasemel ehk väikeaju, basaalganglionide ja taalamuse vahendusel toimub lihaskävi tundlikkuse regulatsioon, mõjutades fusimotoorse süsteemi inhibitsiooni. Seetõttu põhjustab lihastoonuse languse inhibitoorse aktiivsuse suurenemine intrakortikaalsel tasandil, kuid vähenenud intrakortikaalse inhibitsiooni uurimine on oluline spastiliste ja düstooniliste patsientide seas (Needle et al., 2014).

Lihastoonuse häireid esineb selliste haiguste puhul nagu näiteks tserebraalparalüüs (Sanger et al., 2003), Downi ja Prader-Willi sündroom (Martin et al., 2005). Ülemääraselt kõrge lihastoonus esineb üldjuhul neuropatoloogiliste seisundite korral nagu tserebraalparalüüs (Sanger et al., 2003), millega üldjuhul kaasneb lihasnõrkus (Dodd et al., 2003). Normaalsest tasemest kõrgem lihastoonus loob halvemad tingimused lihase verevarustuseks, sest veresooneid on lihases rohkem kokku surutud ja seetõttu jõuab lihasesse vähem verd (Gapeyeva & Vain, 2007). Hüpotooniat ehk liiga madalat lihastoonust esineb Downi ja Prader-Willi sündroomiga isikutel, samuti tserebraalparalüüsiga lastel (Martin et al., 2005). Ka madalat lihastoonust seostatakse kirjanduses lihasnõrkusega (Martin et al., 2005).

1.1.1. Skeletilihaste toonuse hindamine

Kliinilises praktikas, füsioteraapias ja töötervishoiu valdkonnas (Vain et al., 2015) võimaldab lihastoonuse ja lihase mehhaaniliste omaduste mõõtmine hinnata lihase funktsionaalset seisundit (Gapeyeva & Vain, 2008).

Teaduskirjanduses esineb võrdlemisi vähe laste seas läbiviidud lihastoonuse mõõtmisel põhinevaid uuringuid võrreldes täiskasvanutega. Peamiselt on skeletilihastoonuse hindamise metoodikat rakendatud tserebraalparalüüsiga lastel, kelle puhul on häired antud valdkonnas väga sagedased (Aarrestad & Williams, 2004; Dreher et al., 2013; Straubergaite et al., 2012). Madala lihastoonusega laste seast on enim uuritud neid, kellel on diagnoositud Downi sündroom (Connaghan & Moore, 2013; Hernandez-Reif et al., 2006). Uuringutes kirjeldatakse enamasti erinevate sekkumiste mõju teatud sihtgrupi laste lihastoonusele (Cheng et al., 2015; Dreher et al., 2013) või võrreldakse kindla diagnoosiga laste näitajaid tervete eakaaslaste omadega (Straubergaite et al., 2012), kusjuures lihastoonuse hindamiseks on kasutatud erinevaid skaalasid nagu *the Arms, Legs and Trunk Muscle Tone Score* (Hernandez-Reif et al., 2006), modifitseeritud *Ashworth*'i skaala (Cheng et al., 2015), *Tardieu* skaala (Cheng et al., 2015; Dreher et al., 2013), kui ka mõõteinstrumente, näiteks *Myotonometer* (Myo-Tech, Missoula, Mont) (Aarrestad & Williams, 2004; Lidström et al., 2009), *Myoton-2* (Müomeetria OÜ, Eesti) (Gavronski et al., 2007) ja *Myoton-3* (Müomeetria OÜ, Eesti) (Gapeyeva & Vain, 2007; Pielberg, 2013; Straubergaite et al., 2011; Straubergaite et al., 2012).

Igapäevaselt kasutatakse kliinilises keskkonnas kõrgenenud lihastoonuse hindamiseks subjektiivseid, mugavaid ja aegasäästvaid ordinaalskaalasid, hinnates passiivsel lihasvenitusel tekkiva vastupanu taset (Aarrestad & Williams, 2004; Lidström et al., 2009; Schless et al., 2015). Kõige enam kasutatakse näiteks *Ashworth*'i (Bohannon & Smith, 1987) ja *Tardieu* (Boyd & Graham, 1999) skaalat. Vaatamata eeltoodud skaalade sagedasele kasutamisele kritiseeritakse mõlemaid kui liiga lihtsakoelisi vahendeid spastilisuse hindamiseks (Platz et al., 2005). Mitmed uuringud on välja toonud nimetatud skaalade subjektiivsuse, mis omakorda tähendab madalat hindajasisest (*intra-rater reliability*) kui hindajatevahelist reliaablust (*inter-rater reliability*), mida täheldatakse eriti alajäsemete lihaste spastilisuse hindamisel võrreldes ülajäsemete hindamisega (BurrIDGE et al., 2005; Fleuren et al., 2010).

Seega, kui lihastoonust pole võimalik täpselt mõõta, on eelmainitud meetodite abil keerukas objektiivselt hinnata sekkumiste mõju lihastoonusele ja sellest tulenevaid funktsionaalseid muutusi. Vajatakse objektiivset mõõtevahendit, mida oleks võimalik

rakendada kliinilises keskkonnas (Aarrestad & Williams, 2004; Burridge et al., 2005; Lidström et al., 2009). Seni pole lihastoonuse hindamiseks loodud mõõteinstrumentid siiski kliiniliselt veel laialdaselt kasutusel, kuna vajavad ordinaalskaaladega võrreldes tihti rohkem aega ja kindlat hindamiskeskkonda, samuti on mõõtmistehnika suhteliselt kallis ning nõuab lisaväljaõpet (Aarrestad & Williams, 2004; Lidström et al., 2009).

Eestis loodud seade Myoton-3 võimaldab objektiivselt mõõta koos lihastoonusega kahte lihase mehhaanilist omadust – elastsust ja jäikust. Lihase elastsus on lihase võime taastada oma algne kuju, näidates missugused on lihase tööaegse verevarustuse eeldused ja võime suurendada liigutuse kiirust. Jäikus iseloomustab lihase võimet osutada vastupanu tema kuju muutvale jõule. Kui antagonistlihase jäikus on suur, siis peab tema agonistlihas tegema selle võrra rohkem tööd, et liigutust sooritada. Sellega seoses väheneb agonistlihase liigutuste ökonoomsus (Gapeyeva & Vain, 2008).

2.1. Kõnearengu puuded lastel

Kõnepuuded on laste seas levinud probleem (Hannus et al., 2009). Kõne üldist alaarengut nimetatakse logopeedia valdkonnas alakõneks. Rääkides alakõnega lastest, tuleb mõista kahte erinevat kõnepuude mehhanismi (Padrik, 2013).

Primaarne alakõne ehk spetsiifiline kõnearengu puue (ingl *specific language impairment*) diagnoositakse lapsel, kelle esmaseks puudeks on alakõne, mis ei tulene ühestki teisest kõnepuudest, ega ole tingitud kuulmislangusest, intellekti- või liikumispuudest ega pervasiivsetest arenguhäiretest. Rahvusvahelise haiguste klassifikatsiooni (RHK 10) alusel on tegemist kõne ja keele spetsiifilise arenguhäirega, mis jaguneb eksspressiivseks ja retseptiivseks keele- ja kõnepuudeks. Primaarse alakõne puhul on kõne arengu mahajäämus püsiv ja süsteemne, eakohasele normile ei vasta üksiki kõne komponent – hääldamine, sõnavara, grammatika, pragmaatika. Olemuselt on see puue arenguline ehk sümptomid avalduvad ja muutuvad lapse kõne arengu jooksul (Padrik, 2013). Primaarse alakõne esinemissagedust on keeruline hinnata, sest uuringud kirjeldavad kõnearengu häireid erinevate terminite abil, muutes komplitseerituks nende klassifikatsioonide võrdlemise. Seetõttu varieerub esinemissagedus kirjanduses üsna oluliselt (Hannus et al., 2009; Padrik, 2013). Tomblin ja kaasautorite (1997) epidemioloogilist uuringut, kus osales üle 7000 lapse, peetakse seni kõige usaldusväärsemaks alakõne esinemissageduse määrajaks. Uuringu tulemusena leiti, et primaarset alakõnet esineb inglise keelt kõnelevate 3-7-aastaste poiste seas

kaheksal protsendil ja tüdukul kuuel protsendil (Tomblin et al., 1997). Seisundi tekkepõhjusena nähakse ajukoore kõnepiirkondade kahjustust või arenematust looteas, sünni ajal või esimese kolme eluaasta jooksul (Padrik, 2013).

Sekundaarne alakõne kaasneb düsartria, rinolaalia ja häälepuuetega ning esineb sageli tserebraalparalüüsiga või aktiivsus- ja tähelepanuhäirega lastel. Siia kuulub samuti kuulmislangusest tingitud kõne arenematus. Kui lapsel esinevad kombineeruvalt erinevad probleemid, näiteks kognitiivne, motoorne ja kõnearengu mahajäämus, on alakõne pigem sekundaarne. Tähtis on ka märkida, et alakõnega lapse kõne ei vasta noorema lapse tasemele, kes on eakohaselt arenenud, vaid iseloomulik on erinevate kõnevaldkondade ebahühtlane areng (Padrik, 2013).

3.1. Motoorsed võimed ja nende hindamine lastel

Kõnehäiretega laste motoorset arengut uurides on neil korduvalt leitud motoorse arengu häirumist (Müürsepp et al., 2009; Newmeyer et al., 2007; Visscher et al., 2007, Visscher et al., 2010). Nii Müürsepp kaasautoritega (2009) kui ka Visscher ja kaasautorid (2010) on uuringu põhjal järeldanud, et alakõnega lastel esineb mahajäämus jämemotoorsetes oskustes. Peenmotoorikas esinevad alakõnega lastel jämemotoorikaga sarnased tulemused (Iverson & Braddock, 2011; Webster et al., 2005). Isomeetrilist lihasjõu osas esineb vastuolulisi tulemusi. 5-aastaste kerge kuni mõõduka alakõnega laste seas on leitud eakohase kõnearenguga lastest madalamaid alajäseme sirutajalihaste isomeetrilise jõu ja käe haardejõu tulemusi (Müürsepp et al., 2009). Samas 5-aastased kerge alakõnega lapsed on näidanud käe haardejõu osas sarnaseid tulemusi võrdluses eakohase kõnearenguga eakaaslastega (Müürsepp et al., 2014).

Lihaskiude arengut võib pidada motoorsete võimete arengus üheks tähtsaimaks (Korff et al., 2009). Laste skeletilihased kasvavad ja tugevnevad kuni täiskasvanueani. Lihase ristlõike pindala kahekordistub 5. ja 20. eluaasta vahel, kusjuures juurdekasv on tingitud lihaskiude keskmise läbimõõdu ja tiheduse suurenemisest. Lapse vanuse kasvades on iseloomulik II tüüpi lihaskiudude osakaalu suurenemine, mistõttu lihased suudavad arendada suuremat kontraktsioonijõudu ja kontraktsioonikiirust. Lisaks kontraktiilsete omaduste muutustele toimub kesknärvisüsteemi küpsemine ja närvikiudude müeliniseerumine (Smits-Engelsman et al., 2003). Mitmed uuringud näitavad, et maksimaalne jõud (ingl.k. *peak strength*) avaldub lastel maksimaalse pikkuskasvu saavutamisel või kohe selle järgselt (Round et al., 1999).

Käe haardejõudu ehk pigistusjõudu hinnatakse, et näitlikustada üldist tervislikku seisundit aga ka motoorse funktsiooni taseme tuvastamiseks. Käe haardejõu hindamine on kliinilises praktikas üks usaldusväärsemaid meetodeid jõu hindamiseks (Häger-Ross & Rösald, 2002). Uuringud kirjeldavad, et domineeriva käe haardejõud on suurem võrreldes mittedomineeriva käega (Molenaar et al., 2010). Rauch ja kaasautorid tõdevad oma uuringu tulemuste põhjal, et lapsi ei saa võrrelda vaid ealise normatiivi järgi, vaid arvestada tuleb samuti kehapiikkust. Põhjendusena tuuakse välja, et ülajäsemete lihasjõud on sõltuv kehapiikkusest, kuna sellest sõltuvad omakorda lihaste ja luude pikkused (Rauch et al., 2002). Lihaskõuetõuge ja kehapiikkuse seoseid uurides on leitud, et ülekaalulistel lastel on suurem käe haardejõud kui normaalkaalulastel (Ervin et al., 2012).

Enamus uuringutes, mis analüüsivad muutusi lihasjõus kasvu- ja küpsemisperioodil, on hinnatud isomeetrilist lihasjõudu. Laste seas on kõige rohkem uuritud just põlveliigese liikumisega seotud lihaste jõudu, sest näiteks põlveliigese ekstensorlihased on igapäevaelus olulised amortisaatorid nii kõndimisel, jooksmisel kui hüppamisel (De Ste Croix et al., 2003). Teaduskirjanduse põhjal on laste lihasjõu hindamisel ekstensioonliigutuste kasutamine võrreldes fleksioonliigutustega usaldusväärsem (De Ste Croix et al., 2007). Laste seas on täheldatud, et nii nagu käe haardejõu puhul, on ka põlveliigese ekstensorite ja fleksorite lihasjõud sõltuv kehapiikkusest (Hogrel et al., 2012). Kuid kehapiikkus mõjutab samuti alajäsemete lihasjõudu, sest kehapiikkuse suurenemine on positiivses seoses põlveliigese ekstensorite lihasjõuga (Ervin et al 2012) ning mida suurem on reielihase ristlõikepindala, seda suurem on isomeetriline jõud (De Ste Croix et al 2007; Pitcher et al., 2012).

Kokkuvõttes võib kirjanduse ülevaate põhjal väita, et lihastoonus koos lihase mehaaniliste omadustega on olulised funktsionaalsuse näitajad, kuigi laste seas on lihastoonust objektiivselt vähe hinnatud. Alakõnega laste seas eelnevalt lihastoonust uuritud ei ole, kuid leitud on nende mahajäämust nii peen- kui jämemotoorsetes oskustes. Seejuures jämemotoorikaga seonduvad tulemused on vastuolulised. Lihastoonuse näitajad võivad mõjutada lihasjõudu, kuid samas pole teada kui märkimisväärne kõrvalekalle lihastoonuses kutsub esile piiranguid lihasjõus. Lihaskõuetõuge on omakorda seotud antropomeetriliste parameetritega (kehapiikkus ja -mass).

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada isomeetrilise lihasjõu ja skeletilihastoonuse iseärasused ja nende seosed 5-6-aastastel alakõnega lastel võrrelduna eakohase kõnearenguga lastega.

Seoses töö eesmärgiga püstitati järgmised ülesanded:

1. Analüüsida üla- ja alajäsemete skeletilihaste toonuse ja isomeetrilise lihasjõu erisusi
2. Analüüsida skeletilihastoonuse ja isomeetrilise lihasjõu vahelisi seoseid
3. Analüüsida antropomeetriliste mõõtmete ja isomeetrilise lihasjõu vahelisi seoseid
4. Analüüsida antropomeetriliste mõõtmete ja skeletilihastoonuse vahelisi seoseid

3. METOODIKA

3.1. Vaatlusalused

Uuringu valimi moodustasid 26 alakõnega last (18 poissi ja 8 tüdrukut) vanuses 5-6 eluaastat, kes moodustasid alakõnega laste uuringugrupi (AKG) ning 26 eakohase kõnearenguga last (18 poissi ja 8 tüdrukut) vanuses 5-6 eluaastat, kellest moodustati eakohase kõnearenguga laste grupp (EKG). Mõlema grupi vaatlusalused värvati Tartu linna lasteaedadest koostöös rühmaõpetajate ja logopeedidega, kes edastasid vaatlusaluste vanematele esmase info toimuva uuringu kohta. Võimalikult homogeenne EKG moodustati vastavalt AKG uuritavate arvule, vanusele ja antropomeetrilistele näitajatele. Uuringus osalenud alakõnega laste ja eakohase kõnearenguga laste sooline ja arvuline koosseis, vanus ja antropomeetrilised parameetrid on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Alakõnega (AKG) ja eakohase kõnearenguga laste grupi (EKG) koosseis, vanus ja antropomeetrilised näitajad ($\bar{X} \pm SE$).

	Vanus (a k)	Kehamass(kg)	Kehapikkus(cm)	KMI(kg/m ²)
AKG (n=26)	5a 9k \pm 1k	23,0 \pm 0,8	118,0 \pm 1,2	16,4 \pm 0,4
poisid (n=18)	5a 9k \pm 0,2 k*	22,2 \pm 0,9	117,6 \pm 1,6	15,9 \pm 0,4
tüdrukud (n=8)	5a 10k \pm 0,2 k	24,9 \pm 1,7	118,9 \pm 1,6	17,5 \pm 1,0
EKG (n=26)	5a 6k \pm 1k	22,0 \pm 0,5	115,8 \pm 0,9	16,4 \pm 0,2
poisid (n=18)	5a 5k \pm 0,1k	21,1 \pm 0,4	115,4 \pm 1,2	15,9 \pm 0,4
tüdrukud (n=8)	5a 9k \pm 0,3k	24,0 \pm 0,7	116,6 \pm 1,1	17,5 \pm 1,0

a – aastad, k – kuud, KMI – kehamassiindeks, * – $p < 0,05$ võrreldes EKG poistega

Alakõnega laste gruppi sisselülitavateks kriteeriumiteks olid alakõne olemasolu ja vanus 5-6 eluaastat, välistavateks kriteeriumiteks liikumispuue või mõni muu arenguhäire (sh pervasiivne arenguhäire või autism, arenguline koordinatsioonihäire, aktiivsus- ja tähelepanuhäire), ortopeedilised ja neuroloogilised haigused, kuulmispuue või vaimupuue. Eakohase kõnearenguga laste gruppi sisselülitavateks kriteeriumiteks oli vanus 5-6 eluaastat, välistavateks kriteeriumiteks kõne-, liikumis-, kuulmis- või vaimupuude esinemine.

3.2. Uuringu korraldus

Käesoleva magistritöö autor selekteeris ja analüüsis varasemalt teostatud uuringu andmeid, mis viidi läbi ajavahemikul 2009-2010a Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika laboris (aadressil Ujula 4, Tartu) I. Mürsepp doktoritöö (2011) raames ja mida seni pole avaldatud. Kõiki vaatlusaluseid ja nende vanemaid informeeriti uuringu käigust, nõusolekut oma lapse osalemiseks uuringus kinnitasid lapsevanemad allkirjaga. Kõik hindamised viidi läbi hommikupoolikul, et minimaliseerida väsimuse võimalikku mõju. Hindamised toimusid individuaalselt, hindaja oli vastavalt kvalifitseeritud ning ei teadnud kas vaatlusalune kuulub alakõnega või eakohase kõnearenguga laste gruppi. Enne testimisprotseduuride ja andmete kogumist anti vaatlusalusele tegutsemisjuhendid, millele järgnes proovitesti sooritamine, et protseduuriga täpsemalt tutvuda. Uurimistöö läbiviimiseks saadi luba 178/T-16 (väljastatud 19.01.2009) Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komiteelt.

Enne eelkirjeldatud uuringu andmete analüüsimist viis magistritöö autor läbi uuringu, kus osalesid 5-7-aastased eakohase arenguga lapsed ($n=30$, 15 poissi, 15 tüdrukut, keskmine vanus $5a\ 6k \pm 6k$, kehamass $22,5\ kg \pm 4,4kg$, kehapikkus $119,0\ cm \pm 0,7\ cm$, kehamassiindeks $15,7\ kg/m^2 \pm 1,7\ kg/m^2$), et määrata müotonomeetri Myoton-3 hindajasisene ja hindajatevaheline reliaablus antud vanusegrupis (Sakkool et al., 2016). Nendest lastest ei moodustatud käesolevas magistritöös uuritud eakohase kõnearenguga laste gruppi. Uurimistöö läbiviimiseks saadi luba 250/T-8 (väljastatud 24.08.2015) Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komiteelt.

3.3. Uurimismeetodid

Uuringus teostati esmalt antropomeetrilised mõõtmised. Seejärel hinnati skeletilihaste toonust, käe haardejõudu ja alajäsemete sirutajalihaste tahtelist isomeetrilist maksimaaljõudu.

3.3.1. Antropomeetrilised mõõtmised

Kehapikkus mõõdeti standardse Martin-i metallantropomeetriga (täpsus $\pm 0,1\ cm$) ja kehamass elektroonilise kaaluga (täpsusega $\pm 0,05\ kg$) (Soehnle, Saksamaa).

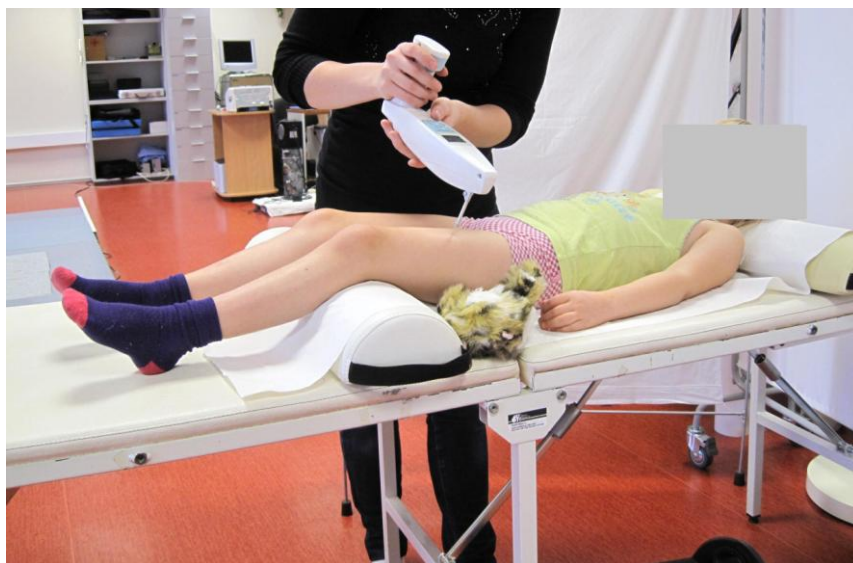
3.3.2. Lihastoonuse, elastsuse ja jäikuse näitajate hindamine

Skeletilihaste toonuse hindamiseks kasutati portatiivset müotonomeetrit Myoton-3 (Müomeetria OÜ, Eesti). Müomeetri põhimõte seisneb lihasele doseeritud löögi andmises, millele lihas kui viskoosne-elastne keha vastab sumbuvate võnkumistega. Löökotsik annab skeletilihasele uurija poolt valitud punktis standardse jõu (kuni $0,4\ N$) ja kestvusega

mehaanilise jõuimpulsi (15 ms). Pärast jõuimpulsi lakkamist jääb löökotsik kontakti lihasega ja võngub koos võnkuma pandud lihasmassiga, kuni võnkumine kustub (Gapeyeva & Vain, 2007).

Lihastoonust mõõdeti rahuolekus bilateraalselt järgmistes lihastes vastavas järjekorras: 1) seliliasendis (joonis 1): *m. tibialis anterior* (TA, eesti k. eesmine säärelihas), *m. rectus femoris* (RF, eesti k. reie sirglihas), *m. biceps brachii caput longum* (BB, eesti k. õlavarre kakspealihase pikk pea);

2) kõhuliasendis (joonis 2): *m. gastrocnemius caput mediale* (GM, eesti k. kaksiksääremarjalihase mediaalne pea), *m. biceps femoris caput longum* (BF, eesti k. reie kakspealihase pikk pea), *m. trapezius*-e (TR, eesti k. trapetslihase) ülemine osa, *m. triceps brachii caput longum* (TB, eesti k. õlavarre kolmpealihase pikk pea). Eeltoodud lihased on uurimiseks valitud seetõttu, et osalevad kehalisel koormusel erinevate kehaosade töös.



Joonis 1. Uuritava *m. rectus femoris*-e, *m. tibialis anterior*-i, *m. biceps brachii* hindamine seliliasendis müotonomeetriga Myoton-3.



Joonis 2. Uuritava *m. biceps femoris caput longum*-i, *m. gastrocnemius caput mediale*, *m. trapezius*-e, *m. triceps brachii caput longum*-i hindamine kõhuliasendis müotonomeetriga Myoton-3.

Mõõtmiseks vajalikud sümmeetrilised punktid (lihaskõhu keskne koht) vasakul ning paremal kehapoolel tuvastati lihaskontraktsiooni käigus palpatoorselt ning vastav punkt tähistati nahal markeriga (*Surgical Skin Marker, Viscot Medical, USA*). Enne mõõtmise teostamist paluti vaatlusalusel lihased lõõgastada ja uurija veendus palpeerimise teel, et uuritav lihasgrupp ei ole pinges. Seejärel asetati müotonomeetri löökotsik eelnevalt tähistatud lihaspunktile ja teostati mõõtmised.

Hinnati järgmiseid näitajaid: lihase omavõnkesagedus [Hz] (ingl.k *frequency*), mis iseloomustab lihase toonust; sumbuvate võnkumiste logaritmiline dekrement (edaspidi dekrement) (ingl.k *logarithmic decrement of the dampening of muscle oscillations*), mis iseloomustab lihase elastsust; jäikus [N/m] (ingl.k *stiffness*) iseloomustab lihase võimet osutada vastupanu tema kuju muutvale jõule (Gapeyeva & Vain, 2008; Vain et al., 2015). Lihastoonuse näitajaid registreeriti MultiScan režiimis, mõõtes igat lihast 5 korda, mille põhjal saadi keskmised näitajad. Kasutati tarkvara versiooni Myoton3 3.15.0. Seejärel leiti iga lihase poolitatud andmed (ingl.k *pooled data*), mis on parema ja vasaku kehapoolte aritmeetiline keskmine.

Uuringu tulemused näitasid, et Myoton-3 kasutamine skeletilihaste toonuse ja mehaaniliste näitajate mõõtmiseks on 5-7-aastaste eakohase arenguga laste seas usaldusväärne meetod (Sakkool et al., 2016).

3.3.3. Käe haardejõu hindamine

Parema ja vasaku käe haardejõu hindamiseks kasutati käe dünamomeetrit (Lafayette, USA). Käe haardejõu määramisel vaatlusalune seisis, ülajäsemed olid küünarliigestest sirutatult keha kõrval. Vaatlusalust juhendati dünamomeetri käepidet pigistama nii kõvasti kui ta suudab. Sooritati 3 testi, pausiga 60 sekundit, millest üles märgiti parim sooritus. Lisaks arvutati suhteline jõud kilogrammi kehamassi kohta (F_{kg}) valemiga:

$$F_{kg}=F/m \text{ [N/kg]}$$

kus F – käe haardejõud (N), m – kehamass (kg). Varasemalt on leitud, et 4-11-aastaste laste seas on käedünamomeetri valiidsus hea ning korratavus kõrge (van den Beld et al., 2006).

3.3.4. Alajäsemete sirutajalihaste tahtelise isomeetrilise maksimaaljõu hindamine

Alajäsemete sirutajalihaste tahteline isomeetriline maksimaaljõud määrati spetsiaalselt konstrueeritud dünamomeetrilisel pingil, mis koosnes raamist, reguleeritava kaugusega seljatoega istmest ja dünamomeetrilisest jalaplaadist. Dünamomeetrilisel pingil istudes olid vaatlusaluse labajalad asetatud dünamomeetrilisele plaadile nii, et põlveliigese nurk oli 120 kraadi. Uuritava kere fikseeriti vöökohast rihmaga dünamomeetrilise pingi seljatoe külge. Testi sooritamisel surus vaatlusalune alajäsemetega dünamomeetrilisele jalaplaadile 2-3 sekundi jooksul, pingutades maksimaalselt alajäsemete sirutajalihaseid. Mõõtmised sooritati nii bilateraalselt kui ka unilateraalselt mõlema alajäsemega eraldi 3 korda, millest valiti parim sooritus. Iga soorituse vahel oli paus kestusega 60 sekundit. Alajäsemete suhteline jõud (F_{kg}) ehk jõud kilogrammi kehamassi kohta arvutati valemiga:

$$F_{kg}=F/m \text{ [N/kg]}$$

kus F – alajäsemete sirutajalihaste maksimaaljõud (N); m – kehamass (kg).

Vastava dünamomeetri kasutamine alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise maksimaaljõu mõõtmiseks on valiidne, kuna varasemalt on demonstreeritud selle reliaablust (Raudsepp & Pääsuke, 1995).

3.4. Andmete statistiline analüüs

Saadud andmete analüüsimisel kasutati tarkvara paketti Microsoft Excel 2007. Andmete analüüsimiseks arvutati aritmeetiline keskmine ja standardviga (SE). Tulemuste erinevusi analüüsiti Student'i paaritu t -testi alusel. Antropomeetriliste mõõtmete, lihastoonuse ja lihasjõu näitajate vaheliste seoste väljaselgitamiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonikordajat. Madalaimaks statistilise olulisuse nivooks võeti $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1. Lihastoonuse näitajad

Uuritud skeletilihaste toonuse, elastsuse ja jäikuse näitajad on toodud vastavalt tabelis 2, 3 ja 4. AKG vasaku kehapoole RF ja GM omavõnkesageduse näitajad erinesid statistiliselt oluliselt ($p < 0,05$) võrreldes EKG-ga. Ülejäänud lihaste omavõnkesageduse näitajates gruppide vahel olulisi erinevusi ei esinenud ($p > 0,05$).

Tabel 2. Alakõnega (AKG, $n=26$) ja eakohase kõnearenguga laste (EKG, $n= 26$) skeletilihaste omavõnkesageduse näitajad ($\bar{X} \pm SE$).

Lihase nimetus	Omavõnkesagedus (Hz)		Vahe (%)
	AKG	EKG	
TR _L	12,0 ± 0,2	12,2 ± 0,3	1,6
TR _R	12,1 ± 0,2	12,1 ± 0,3	0
TR _P	12,1 ± 0,2	12,1 ± 0,3	0,8
BB _L	10,9 ± 0,2	11,0 ± 0,1	0,9
BB _R	10,7 ± 0,2	10,8 ± 0,2	0,9
BB _P	10,8 ± 0,1	10,9 ± 0,1	0,9
TB _L	10,8 ± 0,2	11,1 ± 0,1	2,7
TB _R	10,9 ± 0,2	11,2 ± 0,2	2,7
TB _P	10,9 ± 0,2	11,1 ± 0,1	1,8
RF _L	11,8 ± 0,1*	11,4 ± 0,1	3,5
RF _R	11,6 ± 0,1	11,7 ± 0,1	0,9
RF _P	11,7 ± 0,1	11,6 ± 0,1	0,9
BF _L	12,1 ± 0,2	11,7 ± 0,2	3,4
BF _R	12,2 ± 0,1	12,1 ± 0,2	0,8
BF _P	12,2 ± 0,2	11,9 ± 0,2	2,5
TA _L	16,3 ± 0,3	16,4 ± 0,4	0,6
TA _R	16,4 ± 0,4	16,6 ± 0,4	1,2
TA _P	16,3 ± 0,3	16,5 ± 0,4	1,2
GM _L	12,0 ± 0,2*	11,5 ± 0,1	4,3
GM _R	11,3 ± 0,1	11,3 ± 0,1	0
GM _P	11,7 ± 0,1	11,4 ± 0,1	2,6

TR – *m. trapezius* ülemine osa, BB – *m. biceps brachii*, TB – *m. triceps brachii*, RF – *m. rectus femoris*, BF – *m. biceps femoris*, TA – *m. tibialis anterior*, GM – *m. gastrocnemius* mediaalne pea, L – vasak kehapool, R – parem kehapool, P – poolitatud andmed ehk vasaku ja parema kehapoole aritmeetiline keskmine, * – $p < 0,05$ võrreldes EKG-ga

Poolitatud andmete põhjal AKG ja EKG omavõnkesageduse näitajate vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei leitud ($p>0,05$). Ülajäsemete lihaste osas esines kõige suurem protsentuaalne erinevus gruppide vahel TB omavõnkesageduses (1,8%), väiksem oli TR omavõnkesageduste vahe. Alajäsemete lihaste osas oli suurim protsentuaalne erinevus GM omavõnkesageduse osas (2,6%), kõige sarnasemad olid gruppide vahel RF omavõnkesageduse näitajad.

Võrreldes sama kehapool dekremendi näitajaid ja poolitatud andmeid (tabel 3), AKG ja EKG skeletilihaste dekremendi näitajate vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud ($p>0,05$). Poolitatud andmete põhjal avaldus ülajäsemete osas suurim protsentuaalne erinevus gruppide vahel TR dekremendi näitajates (3,4%), väiksem BB dekremendi näitajates. Alajäsemete lihaste puhul esines suurim vahe GM dekremendi (5,7%) näitajates, TA dekremendi näitajad olid gruppide vahel väga sarnased.

Tabel 3. Alakõnega (AKG, n=26) ja eakohase kõnearenguga laste (EKG, n=26) skeletilihaste elastsuse näitajad ($\bar{X} \pm SE$).

Lihase nimetus	Dekrement		Vahe (%)
	AKG	EKG	
TR _L	1,17 ± 0,03	1,16 ± 0,03	0,9
TR _R	1,23 ± 0,04	1,17 ± 0,04	5,1
TR _P	1,20 ± 0,03	1,16 ± 0,03	3,4
BB _L	1,21 ± 0,03	1,20 ± 0,03	0,8
BB _R	1,15 ± 0,02	1,19 ± 0,03	3,4
BB _P	1,18 ± 0,02	1,20 ± 0,02	1,7
TB _L	1,26 ± 0,06	1,24 ± 0,04	1,6
TB _R	1,26 ± 0,05	1,20 ± 0,05	5,0
TB _P	1,26 ± 0,05	1,22 ± 0,04	3,3
RF _L	1,18 ± 0,03	1,16 ± 0,03	1,7
RF _R	1,19 ± 0,04	1,27 ± 0,03	6,3
RF _P	1,18 ± 0,03	1,22 ± 0,03	3,3
BF _L	1,40 ± 0,04	1,43 ± 0,04	2,1
BF _R	1,34 ± 0,04	1,40 ± 0,03	4,3
BF _P	1,37 ± 0,03	1,42 ± 0,03	3,5
TA _L	0,97 ± 0,05	0,96 ± 0,03	1,0
TA _R	1,02 ± 0,03	1,02 ± 0,05	0,0
TA _P	0,99 ± 0,03	0,99 ± 0,04	0,0
GM _L	1,18 ± 0,04	1,31 ± 0,07	9,9
GM _R	1,12 ± 0,03	1,14 ± 0,05	1,8
GM _P	1,15 ± 0,03	1,22 ± 0,05	5,7

Dekrement – sumbuvaate võnkumiste logaritmiline dekrement, TR – *m. trapezius* ülemine osa, BB – *m. biceps brachii*, TB – *m. triceps brachii*, RF – *m. rectus femoris*, BF – *m. biceps femoris*, TA – *m. tibialis anterior*, GM – *m. gastrocnemius* mediaalne pea, L – vasak kehapool, R – parem kehapool, P – poolitatud andmed ehk vasaku ja parema kehapoolte aritmeetiline keskmine

AKG vasaku kehapoolte RF lihasjäikuse näitajad (tabel 4) erinesid oluliselt ($p < 0,05$) EKG vasaku kehapoolte RF lihasjäikuse näitajatest. Võrreldes ülejäänud AKG ja EKG skeetilihaste jäikuse näitajaid kehapoolte vahel ja poolitatud andmetena, statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud ($p > 0,05$). Ülajäsemete lihaste puhul avaldus suurim erinevus TB jäikuse näitajate vahel (4,0%), väiksem vahe esines gruppide vahel BB jäikuse näitajates. Alajäsemete osas olid kõige rohkem erinevad GM lihasjäikuse näitajad (4,1%), sarnasemad aga TA jäikuse näitajad.

Tabel 4. Alakõnega (AKG, n=26) ja eakohase kõnearenguga laste (EKG, n=26) skeetilihaste jäikuse näitajad ($\bar{X} \pm SE$).

Lihase nimetus	Lihasjäikus (N/m)		Vahe (%)
	AKG	EKG	
TR _L	213,0 ± 7,6	213,3 ± 8,8	0,1
TR _R	212,5 ± 8,0	205,8 ± 7,7	3,3
TR _P	212,7 ± 6,3	209,6 ± 7,5	1,5
BB _L	174,4 ± 4,5	171,4 ± 3,9	1,8
BB _R	166,4 ± 3,0	168,7 ± 3,3	1,4
BB _P	170,4 ± 3,2	170,0 ± 3,2	0,2
TB _L	183,2 ± 7,5	192,2 ± 6,1	4,7
TB _R	179,2 ± 6,4	185,2 ± 5,2	3,2
TB _P	181,2 ± 6,2	188,7 ± 5,3	4,0
RF _L	182,9 ± 2,8*	172,7 ± 3,0	5,9
RF _R	179,3 ± 2,7	178,6 ± 3,6	0,4
RF _P	181,1 ± 2,6	175,6 ± 3,1	3,1
BF _L	178,3 ± 3,2	170,3 ± 3,5	4,7
BF _R	184,4 ± 3,8	179,3 ± 4,3	2,8
BF _P	181,4 ± 3,3	174,8 ± 3,8	3,8
TA _L	288,8 ± 6,0	295,9 ± 5,4	2,4
TA _R	281,0 ± 5,5	288,1 ± 5,5	2,50
TA _P	284,9 ± 5,1	292,0 ± 4,7	2,4
GM _L	184,1 ± 4,5	172,5 ± 4,1	6,7
GM _R	174,3 ± 3,1	171,9 ± 2,8	1,4
GM _P	179,2 ± 3,7	172,2 ± 3,3	4,1

TR – *m. trapezius* ülemine osa, BB – *m. biceps brachii*, TB – *m. triceps brachii*, RF – *m. rectus femoris*, BF – *m. biceps femoris*, TA – *m. tibialis anterior*, GM – *m. gastrocnemius* mediaalne pea, L – vasak kehapool, R – parem kehapool, P – poolitatud andmed ehk vasaku ja parema kehapoole aritmeetiline keskmine, * – $p < 0,05$ võrreldes EKG-ga

4.2. Isomeetriline lihasjõud

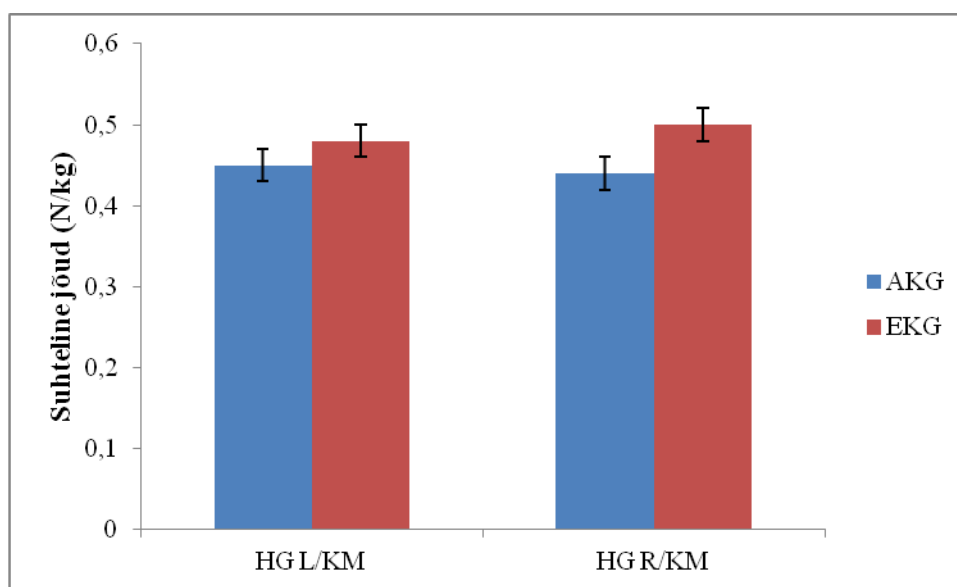
AKG ja EKG laste absoluutse isomeetrilise lihasjõu näitajaid iseloomustab tabel 5. Gruppidevahelises absoluutse jõu väärtuste võrdluses ei esinenud statistiliselt olulisi erinevusi ($p > 0,05$). Absoluutse jõu suurim protsentuaalne vahe (17,7%) avaldus vasaku alajäseme isomeetrilise maksimaaljõu väärtustes, kuid võrdseimad olid vasaku käe haardejõu väärtused.

Tabel 5. Alakõnega (AKG, n=26) ja eakohase kõnearenguga laste (EKG, n=26) absoluutse jõu näitajad ($\bar{X} \pm SE$).

Näitaja/grupp		AKG	EKG	Vahe (%)
HG (kg)	HG L	10,4 ± 0,5	10,4 ± 0,5	0,0
	HG R	10,1 ± 0,5	10,9 ± 0,4	7,3
MVC (N)	UL L	336,9 ± 36,5	286,3 ± 19,2	17,7
	UL R	352,8 ± 37,4	325,4 ± 26,4	8,4
	BL	539,5 ± 48,4	500,3 ± 37,0	7,8

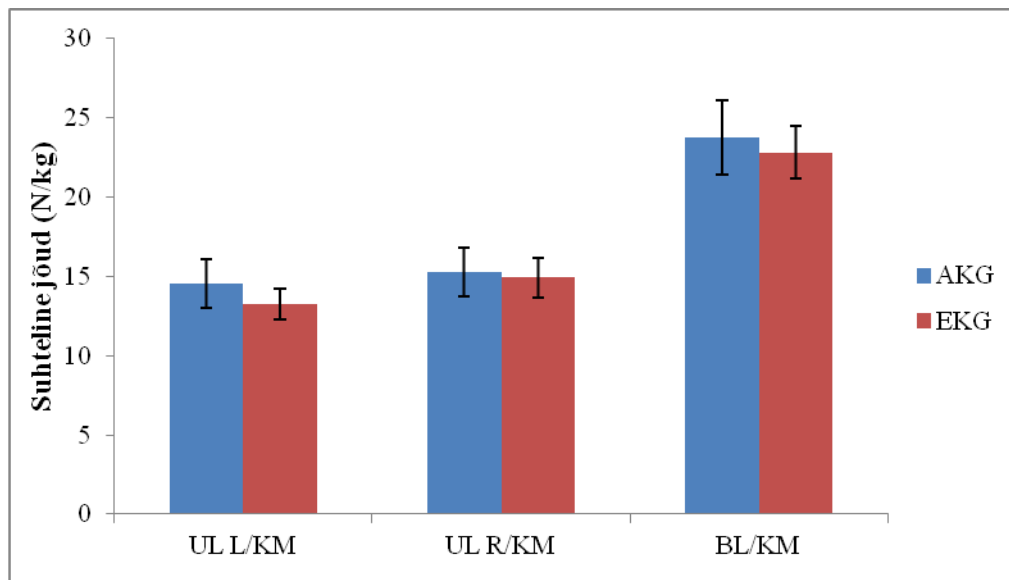
HG – käe isomeetriline maksimaaljõud, MVC – alajäseme(te) sirutajalihas(te) tahteline isomeetriline maksimaaljõud, L – vasak kehapool, R – parem kehapool, UL – unilateraalne BL – bilateraalne

AKG ja EKG käe isomeetrilise maksimaaljõu ja kehamassi suhet iseloomustab joonis 3. Gruppidevahelises suhtelise jõu väärtuste võrdluses ei esinenud statistiliselt olulisi erinevusi ($p > 0,05$).



Joonis 3. Alakõne (AKG, n=26) ja eakohase kõnearenguga laste (EKG, n=26) suhtelised käe isomeetrilise maksimaaljõu näitajad ($\bar{X} \pm SE$) kehamassi (KM) suhtes. HG – käe isomeetriline maksimaaljõud, L – vasak kehapool, R – parem kehapool.

AKG ja EKG alajäseme sirutajalihaste isomeetrilise maksimaaljõu ja kehamassi suhet iseloomustab joonis 4. Gruppidevahelises suhtelise jõu väärtuste võrdluses ei esinenud statistiliselt olulisi erinevusi ($p > 0,05$).



Joonis 4. Alakõnega (AKG, n=26) ja eakohase kõnearenguga laste (EKG, n=26) suhtelised alajäseme sirutajalihaste isomeetrilise maksimaaljõu (MVC) näitajad ($\bar{X} \pm SE$) kehamassi (KM) suhtes. UL – unilateraalne alajäseme sirutajalihaste tahteline isomeetriline maksimaaljõud, L – vasak kehapool, R – parem kehapool, BL – bilateraalne alajäsemete sirutajalihaste tahteline isomeetriline maksimaaljõud.

4.3. Korrelatiivsed seosed

AKG ja EKG uni- ja bilateraalse alajäsemete sirutajalihaste tahtelise isomeetrilise maksimaaljõu väärtuste korrelatiivsed seosed *m. rectus femoris*-e lihastoonuse näitajatega on toodud tabelis 6. Alakõnega laste parema alajäseme isomeetrilise maksimaaljõu väärtuste ja parema alajäseme *m. rectus femoris*-e dekremendi näitajate vahel esines nõrk positiivne seos ($p < 0,05$). Eakohase kõnearenguga laste alajäsemete isomeetrilise maksimaaljõu väärtuste ja *m. rectus femoris*-e lihastoonuse, elastsuse ja jäikuse näitajate vahel esinevad positiivsed ja negatiivsed korrelatiivsed seosed olid väga nõrgad ($p > 0,05$).

Tabel 6. Alakõnega (AKG, n=26) ja eakohase kõnearenguga laste (EKG, n=26) uni- ja bilateraalse alajäsemete sirutajalihaste tahtelise isomeetrilise maksimaaljõu väärtuste korrelatiivsed seosed *m. rectus femoris*-e lihastoonuse näitajatega.

Grupp/ Isomeetriline jõud		Fr L	Fr R	De L	De R	St L	St R
AKG	UL L	-0,085	–	0,261	–	0,030	–
	UL R	–	0,203	–	0,408*	–	0,307
	BL	-0,042		0,247		0,152	
EKG	UL L	0,016	–	0,219	–	0,152	–
	UL R	–	-0,092	–	0,083	–	-0,004
	BL	0,047		0,140		0,160	

UL – unilateraalne, L – vasak kehapool, R – parem kehapool, BL – bilateraalne, Fr - lihase omavõnkesagedus, De – sumbuvate võnkumiste logaritmiline dekrement, St – lihasjäikus, *p<0,05 (r≥0,37)

Antropomeetriliste parameetrite ja isomeetrilise jõu väärtuste vahelised korrelatiivsed seosed on toodud tabelis 7. AKG laste seas esines nõrk positiivne seos (p<0,05) kehamassi ja vasaku ning parema alajäseme isomeetrilise jõu, kehapikkuse ja alajäsemete bilateraalse isomeetrilise jõu vahel, kuid keskmine positiivne korrelatsioon (p<0,01) avaldus kehamassi ja parema käe haardejõu, kehapikkuse ja parem ning vasaku alajäseme isomeetrilise jõu vahel. Tugev positiivne korrelatsioon (p<0,001) esines AKG lastel kehamassi ja parema käe haardejõu vahel, kehapikkuse ja parema ning vasaku käe haardejõu vahel.

EKG laste seas esines nõrk positiivne korrelatsioon (p<0,05) vaid kehamassiindeksi ja alajäsemete bilateraalse isomeetrilise jõu vahel. Ülejäänud jõu väärtuste ja antropomeetriliste parameetrite vahel EKG laste seas olulisi korrelatiivseid seoseid ei leitud (p>0,05).

Tabel 7. Alakõnega (AKG) (n=26) ja ekaohase kõnearenguga laste (EKG) (n=26) antropomeetriliste parameetrite (kehakaal, kehapikkus, KMI) korrelatiivsed seosed vasaku ja parema käe isomeetrilise maksimaaljõu ning uni- ja bilateraalse alajäsemete sirutajalihaste tahtelise isomeetrilise maksimaaljõu väärtuste vahel.

Grupp	Näitaja	Kehamass (kg)	Kehapikkus	KMI
AKG	HG L	0,566#	0,751&	0,223
	HG R	0,580&	0,741&	0,248
	UL L	0,475*	0,487#	0,276
	UL R	0,415*	0,529#	0,160
	BL	0,222	0,379*	0,026
EKG	HG L	0,142	0,323	-0,114
	HG R	0,230	0,316	0,063
	UL L	-0,102	-0,158	0,093
	UL R	0,110	0,011	0,181
	BL	0,285	0,046	0,407*

KM – kehamass, KP – kehapikkus, KMI – kehamassiindeks, HG – käe isomeetiline maksimaaljõud, UL – unilateraalne alajäseme sirutajalihaste tahteline isomeetiline maksimaaljõud, L – vasak kehapool, R – parem kehapool, BL – bilateraalne alajäseme sirutajalihaste tahteline isomeetiline maksimaaljõud, * $p < 0,05$ ($r \geq 0,37$), # $p < 0,01$ ($r \geq 0,48$), & $p < 0,001$ ($r \geq 0,58$)

Antropomeetriliste näitajate ja lihase omavõnkesageduse seoseid iseloomustab tabel 8. AKG laste puhul esines antropomeetriliste parameetrite ja lihaste omavõnkesageduse näitajate vahel vaid negatiivseid seoseid. AKG laste kehamassi, kehamassiindeksi ja TR, TA omavõnkesageduse näitajate vahel esines nõrk seos ($p < 0,05$), kuid kehamass ja BB omavõnkesageduse näitajad olid oluliselt seotud ($p < 0,01$). Oluline korrelatiivne seos ($p < 0,01$) avaldus AKG lastel veel KMI ja TA omavõnkesageduse näitajate vahel. Tugev korrelatiivne seos avaldus AKG lastel KMI ja BB omavõnkesageduse näitajate vahel. AKG laste kehapikkuse ja lihaste omavõnkesageduse näitajate vahel olid korrelatiivsed seosed väga nõrgad ($p > 0,05$).

Tabel 8. Alakõnega (AKG, n=26) ja eakohase kõnearenguga laste (EKG, n=26) antropomeetriliste parameetrite (kehakaal, kehapikkus, KMI) korrelatiivsed seosed mõõdetud lihaste omavõnkesageduse näitajatega.

Grupp/antrop.näitaja	Lihase omavõnkesagedus (Hz)							
	TR	BB	TB	RF	BF	TA	GM	
AKG	Kehamass (kg)	-0,469*	-0,539#	-0,281	-0,099	0,239	-0,440*	0,089
	Kehapikkus(cm)	-0,214	-0,118	0,096	0,219	0,266	-0,037	0,057
	KMI	-0,471*	-0,627&	-0,427*	-0,277	0,132	-0,532#	0,085
EKG	Kehamass (kg)	-0,081	-0,100	-0,437*	-0,102	0,380*	-0,324	0,052
	Kehapikkus(cm)	-0,082	0,086	-0,326	-0,027	0,526#	-0,483#	0,014
	KMI	-0,040	-0,238	-0,284	-0,120	0,010	0,034	0,088

KMI – kehamassiindeks, TR – *m.trapezius*, BB – *m.biceps brachii*, TB – *m.triceps brachii*, RF – *m.rectus femoris*, BF – *m. biceps femoris*, TA – *m.tibialis anterior*, GM – *m.gastrocnemius* mediaalne pea, * p<0,05 (r≥0,37), # p<0,01(r≥0,48), &p<0,001(r≥0,58)

EKG laste hulgas esines kehamassi ja BF omavõnkesageduse näitajate vahel positiivne seos (p<0,05), negatiivne seos (p<0,05) kehamassi ja TB omavõnkesageduse näitajate vahel. Negatiivne seos (p<0,01) avaldus veel kehapikkuse ja TA omavõnkesageduse näitajate vahel, kui kehapikkus ja BF-i omavõnkesageduse näitajad olid positiivses seoses (p<0,01). Ülejäänud EKG antropomeetriliste parameetrite ja lihase omavõnkesageduse näitajad olid väga nõrgalt seotud (p>0,05).

5. ARUTELU

Käesoleva töö eesmärgiks oli analüüsida isomeetrilise lihasjõu ja skeletilihaste toonuse iseärasusi ja nende seoseid, võrreldes 5-6-aastaseid alakõnega ja eakohase kõnearenguga lapsi.

AKG vasaku kehapoole RF ja GM omavõnkesageduse näitajad erinesid statistiliselt oluliselt võrreldes EKG-ga. Ülejäänud lihaste omavõnkesageduse näitajates gruppide vahel olulisi erinevusi ei esinenud. Käesolevas töös leiti alakõnega laste puhul, et vasaku kehapoole GM keskmine omavõnkesagedus oli 12,0 Hz ja paremal kehapoolel 11,3 Hz. EKG laste seas oli GM keskmine omavõnkesagedus vasakul kehapoolel 11,5 Hz ja paremal kehapoolel 11,3 Hz. Gapeyeva ja Vain (2007) leidsid spastilise hemipleegiaga 11-aastase poisi GM-i keskmiseks omavõnkesageduseks haaratud kehapoolel 13,6 Hz ja mittehaaratud kehapoolel 11,8 Hz, mis näitab olulist erinevust kehapooltevahelises omavõnkesageduses. Kuna alakõnega laste seas parema ja vasaku kehapoole omavõnkesageduse näitajates nii suurt erinevust ei esinenud, on vähe tõenäoline, et lihaste omavõnkesagedus nende motoorsele sooritusele negatiivset mõju avaldab. Seda arvamust tõestavad ka dekremendi näitajate tulemused, mille puhul alakõnega lapsed ei erinenud oluliselt eakohase kõnearenguga lastest. AKG vasaku kehapoole RF lihasjäikuse näitajate oluline erinevus EKG vastavate näitajatega oli tõenäoliselt seotud eelnevalt leitud gruppidevahelise lahknevusega vasaku kehapoole RF omavõnkesageduse näitajate osas. See tõestab, et lihase omavõnkesagedus ja jäikus on suure tõenäosusega omavahel seotud. Dietsch ja kaasautorid (2014) on uurinud düsartriaga ja kõneprobleemideta täiskasvanute orofatsiaalset lihastoonust. Sarnane uuring alakõnega laste seas annaks informatsiooni, kas orofatsiaalsete lihaste toonus on neil võrreldes eakohase kõnearenguga lastega erinev või mitte. Ilmselt oleks võimalik antud uuringut efektiivsemalt teostada alles kooliealiste laste seas, sest nad mõistaksid selgemini uuringu eesmärki.

Käesolevas uuringus võrreldi lihastoonuse näitajate puhul ka poolitatud andmeid, mida on varasemates uuringutes kasutatud juhul kui kehapooltevahelises võrdluses suuri erinevusi ei esine (Gavrinski et al., 2007; Meerits et al., 2014). Antud töös oli see oluline veel alakõnega ja eakohase kõnearenguga laste efektiivsemaks lihaste omavõnkesageduse, dekremendi ja jäikuse näitajate võrdlemiseks, lisaks korrelatiivsete seoste analüüsimisel alajäsemete bilateraalse isomeetrilise jõu ja antropomeetriliste parameetrite vahel ning lihastoonuse näitajatega. Uurides lihaste omavõnkesageduse, dekremendi ja jäikuse näitajaid kehapooltevaheliselt või poolitatult, võib märgata, et lihase toonus ja mehhaanilised omadused on seotud lihase anatoomilise asukohaga. Sama on väitnud Murayama

kaasautoritega (2012). Näitajate sarnasust on näha eelkõige agonist- ja antagonistlihaste vahel. Mõlemas uuringugrupis on BB ja TB (10,8-11,1 Hz) ning RF ja BF (11,6-12,2 Hz) omavõnkesageduste poolitatud näitajad suhteliselt analoogsed. Sama tendents esineb ka eeltoodud lihaste dekremendi ja jäikuse näitajate osas. Kui nende agonist- ja antagonistlihaste omadused üksteisest suuresti erinevad, väheneb liigutuste ökonoomsus ja normaalne lihasfunktsioon on häiritud (Gavrinski et al., 2007).

Võrreldes AKG ja EKG isomeetrilise jõu väärtuseid, ei leitud olulisi erinevusi absoluutse jõu väärtuste vahel ega suhtelise jõu väärtuste osas. Eelnevalt on Mürsepp koos kaasautoritega (2009, 2014) leidnud kõnepuudega laste jõunäitajate hindamisel vastakaid tulemusi. Käesoleva töö tulemused ühtivad 5-aastaste kerge alakõnega laste uuringuga, kus leiti, et antud sihtgrupi käe haardejõu väärtused on sarnased kõnepuudeta lastega (Mürsepp et al., 2014). Tulemused kerge kuni mõõduka alakõnega laste seas on aga vastupidised – nii alajäseme sirutajalihaste isomeetrilise jõu kui käe haardejõu osas on leitud madalamaid jõu väärtusi võrreldes eakohase kõnearenguga lastega (Mürsepp et al., 2009). Kirjanduse põhjal võivad madalamad lihasjõu tulemused olla seotud oluliste erinevustega antropomeetrilistes parameetrites (Ervin et al., 2012, Hogrel et al., 2012) või võimega rekruteerida motoorseid ühikuid maksimaalsel tahtelisel pingutusel (Ratel et al., 2006). Alakõnega ja eakohase kõnearenguga laste isomeetrilise jõu tulemused kinnitavad, et suuri erinevusi gruppide antropomeetrilistes parameetrites ei esine. Lisaks võib oletada, et kui alakõnega laste isomeetrilise lihasjõu väärtused ei erine oluliselt lastest, kellel kõnepuuet ei esine, on tõenäoliselt alakõnega laste võime rekruteerida motoorseid ühikuid maksimaalseks pingutuseks sarnasel tasemel eakohase kõnearenguga lastega.

Teatavasti on lihastoonuse häirumise korral iseloomulik lihasjõu vähenemine (Dodd et al., 2003; Martin et al., 2005). Näiteks tserebraalparalüüsiga laste puhul on välja toodud, et maksimaalsel tahtelisel pingutusel esineb neil mittetäielik või vähenenud motoorsete ühikute rekruteerimisvõime (Ratel et al., 2006). See omakorda on üks põhjustest, miks tserebraalparalüüsiga lastel tekib motoorne mahajäämus (Batra et al., 2015). Antud töö tulemuste põhjal jääb aga selgusetuks, mis võib olla alakõnega laste jämemotoorsete oskuste mahajäämuse põhjustajaks, sest antud sihtgrupp näitas eakohase kõnearenguga lastega sarnaseid tulemusi isomeetrilise lihasjõu näitajates ja enamikus skeetilihaste toonuse näitajates. Samas kinnitavad mitmed uuringud mahajäämust nii jäme- kui peenmotoorikas (Iverson & Braddock, 2011; Mürsepp et al., 2009; Newmeyer et al., 2007; Visscher et al., 2007; Visscher et al., 2010; Webster et al., 2005). Tulevikus on vajalik teha tekib uuringuid, et välja selgitada, millega on seotud alakõnega laste motoorne mahajäämus.

Käesolevas töös analüüsiti skeletilihaste toonuse ja isomeetrilise lihasjõu väärtuste võimalikke seoseid. Kuna mõõdetud õlavarrelihaste ja käe pigistusjõu vahel reaalne vastastikune seos puudub, uuriti alajäsemete lihastest põlve sirutamisel agonistlihasena töötava RF-i toonuse näitajate ja isomeetrilise jõu väärtuste vahelisi seoseid. Alakõnega lastel leiti positiivne korrelatiivne seos parema alajäseme isomeetrilise maksimaaljõu väärtuste ja parema alajäseme RF dekremendi näitajate vahel. Dekrement iseloomustab lihase elastsust ehk lihase võimet taastada oma algne kuju. Mida madalam on lihase dekremendi väärtus kontraktsioonil, seda vähem energiat kulub lihase kuju muutmiseks ja suurem on lihase elastsus (Gapeyeva & Vain, 2008). Vain (1995) artiklis on kirjeldatud, et 5-6-aastaste laste seas on iseloomulik RF dekremendi väärtuse tõus. Madal lihaselastsus ehk kõrge dekremendi väärtus põhjustab aeglase lihaspinge vähenemise lõõgastumisel, mille tagajärjel verevarustus väheneb. Madala elastsusega lihas väsib kiiremini, samuti on piiratud liigutuste kiirus (Gapeyeva & Vain, 2008). Laste arengust on teada, et vanusega suureneb lastel lihasjõud, sest lihase ristlääbilõikepindala kasvab ja suureneb II tüüpi lihaskiudude hulk (Smits-Engelsman et al., 2003). Seega ei näita isomeetrilise lihasjõu väärtuste ja dekremendi näitajate samaaegne kasv tõenäoliselt seost lihasjõu ja dekremendi näitajate vahel, vaid on iseloomulik tendents 5-6-aastaste laste seas. Kolmel maksimaalsel pingutusel madal lihaselastsus suurt mõju lihasjõu väärtustele ei avalda. Kui oleks testitud lihase maksimaalset jõudu kestval tööl, tuleks siinkohal paremini esile seos dekremendi väärtusega. Vastupidiselt alakõnega lastele, eakohase kõnearenguga laste seas alajäsemete isomeetrilise maksimaaljõu väärtuste ja RF lihastoonuse, elastsuse ja jäikuse näitajate vahel korrelatiivseid seoseid ei esinenud. Selleks, et mõista lihasjõu ja lihastoonuse vahelisi seoseid, on vajalikud lisauuringud.

Analüüsides antropomeetriliste näitajate ja isomeetrilise lihasjõu vahelisi seoseid, leiti, et positiivne seos esines alakõnega lastel kehamassi, kehapikkuse ning vasaku ja parema käe haardejõu, vasaku ja parema alajäseme isomeetrilise jõu vahel. Samasuguse seose antropomeetriliste näitajate ja käelihaste isomeetrilise jõu vahel on leidnud oma uuringus Häger-Ross ja Rösblad (2002). Ka varasemalt on kirjeldatud sarnaseid põlveliigete ekstensorlihaste jõu ning kehapikkuse ja kehamassi seoseid (Ervin et al., 2012; Hogrel et al., 2012). Huvitav oli see, et alakõnega laste alajäsemete bilateraalne isomeetiline jõud oli positiivses seoses vaid kehapikkusega, seega siinkohal eelkirjeldatud seos kehamassiga ei ühti. Samal ajal eakohase kõnearenguga lastel esines positiivne korrelatsioon kehamassiindeksi ja bilateraalse alajäsemete isomeetrilise jõu vahel. Kuna kehamassiindeks on inimese kehakaalu ja pikkuse suhe (Ervin et al., 2012), siis on varasemate uuringute põhjal

võimalik eeldada (Ervin et al., 2012; Hogrel et al., 2012; Häger-Ross & Rösblad, 2002; van den Beld et al., 2006), et see näitaja on samuti positiivselt seotud isomeetrilise lihasjõuga.

Teadaolevalt pole seni analüüsitud kehamassi, kehakaalu või kehamassiindeksi vahelisi seoseid lihastoonuse näitajatega. AKG laste puhul esines antropomeetriliste parameetrite ja lihaste omavõnkesageduste vahel vaid negatiivseid seoseid. Mida suurem oli AKG lapse kehamass, seda madalamad olid TR, BB, TA omavõnkesageduse näitajad. Kehamassiindeksi tõustes vähenesid TR, BB, TB ja TA omavõnkesageduse näitajad. On reaalne, et lapse kasvamisel kehamass suureneb ja seda nii lihassmassi (Smits-Engelsman et al., 2003) kui pikkuskasvu arvelt. Lihaste omavõnkesageduse langus oli tingitud ilmselt laste vanusest. Nagu Vain (1995) uuringust selgub, toimub 5-6-aastaste laste seas TA dekremendi näitaja langus, mis seejärel pisut tõuseb ja jätkab seejärel vähenemist alates 8.eluaastast ja stabiliseerub alles 16.eluaastaks. Uuringus kirjeldatakse, et nooremates vanusegruppides on puhkeolekus lihaste dekrement suhteliselt sarnane, kuid umbes 5.eluaastast algavad lihasspetsiifilised muutused, mis põhjustavad suuremate erinevuste tekke dekremendi näitajates erinevate lihaste vahel (Vain, 1995). Seega on võimalik, et TR, BB ja TA on kolm lihast, mille omavõnkesageduse näitajatele on teatud vanuses iseloomulik langus.

Erinevalt alakõnega lastest, esines eakohase kõnearenguga lastel lisaks negatiivsele seosele ka positiivseid seoseid. EKG laste hulgas esines kehamassi, kehapikkuse ja BF omavõnkesageduse näitajate vahel positiivne seos. Negatiivne seos avaldus kehamassi ja TB omavõnkesageduse näitajate ning kehapikkuse ja TA omavõnkesageduse näitajate vahel. Tõenäoline on, et 5-6-aastaste laste seas on BF-ile iseloomulik omavõnkesageduse tõus, samal ajal TB ja TA omavõnkesageduse näitajad langevad. Seda, miks mõne lihase omavõnkesagedus on rohkem seotud kehapikkuse, kehakaalu või mõlemaga koos, on keeruline põhjendada. Edasised uuringud, kus osaleksid erinevas vanuses lapsed, võimaldaks anda vastuseid, kuidas skeetilihaste toonus ja mehhaanilised omadused muutuvad vanuse ja antropomeetriliste näitajate kasvades.

Käesoleva töö tugevusteks oli selle uudsus – varasemalt pole alakõnega lastel lihastoonust uuritud, nagu ka selle seoseid lihasjõuga. Seni leitud isomeetrilise lihasjõuga ja jämemotoorse arenguga seonduv info on vastuoluline, sest laste kõnepuute spetsiifika ning raskusastmed on olnud erinevad. Uuringus kasutati objektiivseid ja usaldusväärseid hindamismeetodeid. Uuritud grupidesse kuulus võrdne arv vaatlusaluseid. Alakõnega gruppi kuulusid 18 poissi ja 8 tüdrukut, kelle põhjal moodustati samasuguse soolise koosseisu, võimalikult sarnaste antropomeetriliste parameetrite ja vanusega kontrollgrupp eakohase

kõnearenguga eakaaslastest. Mida sarnasemad on grupiliikmete vanus ja antropomeetriselised näitajad, seda suurema tõenäosusega on leitud tulemused usaldusväärsed, mitte juhuslikud. Uuringu kitsaskohaks oli vaatlusaluste väike hulk, mistõttu väga kindlaid järeldusi antud uuring ei võimaldanud teha. Lisaks oli alakõne raskusaste uuringus täpsustamata, mistõttu kuulusid uuritavate hulka nii II kui III astme alakõnega lapsed. Miinuseks oli ka see, et tüdrukuid oli mõlemasse gruppi kaasatud vähe, mis ei võimaldanud poisse ja tüdrukuid iseseisvate gruppidega uurida. Seetõttu ei saa tulemusi analüüsida soospetsiifiliselt.

Kokkuvõttes leiti käesolevas uurimistöös, et alakõnega laste lihastoonuse näitajad ja isomeetriselise lihasjõu väärtused ei erine oluliselt eakohase kõnearenguga laste omadest. Alakõnega laste RF-i omavõnkesageduse ja parema alajäseme sirutajalihaste isomeetriselise lihasjõu vahel esines positiivne seos, mis eakohase kõnearenguga laste seas puudus. Ühe seose esinemise põhjal ei saa järeldada, et lihastoonus ja lihasjõud on üksteisest sõltuvad. Nii alakõnega kui eakohase kõnearenguga laste seas on antropomeetriselised parameetrid ja isomeetriselised lihasjõud oluliselt seotud. Antropomeetriseliste parameetrite ja skeetilihaste omavõnkesageduse näitajate vahel esines nii positiivseid kui negatiivseid seoseid, mis viib järelduseni, et lihaste omavõnkesageduse näitajad ei muutu antropomeetriseliste näitajatega samas suunas.

6. JÄRELDUSED

1. Alakõnega laste alajäsemete skeletilihaste lihastoonuse ja lihasjäikuse näitajad on oluliselt kõrgemad eakohase kõnearenguga lastest. Alakõnega laste skeletilihaste elastsuse ning üla- ja alajäsemete isomeetrilise lihasjõu näitajate osas olulisi erinevusi ei leitud võrreldes eakohase kõnearenguga lastega.
2. Alakõnega laste seas esineb parema alajäseme sirutajalihaste elastuse näitajate ja isomeetrilise lihasjõu vahel seos, mida ei esinenud eakohase kõnearenguga laste seas.
3. Kehapikkus, kehamass ja kehamassiindeks on oluliselt seotud haardejõu ja alajäseme sirutajalihaste isomeetrilise jõu näitajatega nii alakõnega laste kui ka eakohase kõnearenguga laste seas.
4. Alakõnega ja eakohase kõnearenguga laste näitel esineb antropomeetriliste parameetrite ja skeletilihaste toonuse näitajate vahel tugevaid korrelatiivseid seoseid.

KASUTATUD KIRJANDUS:

1. Aarrestad DD, Williams MD, Fehrer SC, Mikhailenok E, Leonard CT. Intra- and Interrater Reliabilities of the Myotonometer When Assessing the Spastic Condition of Children With Cerebral Palsy. *Journal of Child Neurology* 2004; 19: 894-901.
2. Batra V, Batra M, Pandey RM, Sharma VP, Agarwal GG. Modulating Tone to Promote Motor Development Using a Neurofacilitation of Developmental Reaction (NFDR) Approach in Children with Neurodevelopmental Delay. *Malaysian Journal of Medical Sciences* 2015; 22: 50-56.
3. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Physical Therapy* 1987; 206–207.
4. Boyd RN, Graham HK. Objective measurement of clinical findings in the use of botulinum toxin type A for the management of children with cerebral palsy. *European Journal of neurology* 1999; 6: 23-35.
5. BurrIDGE JH, Wood DE, Hermens HJ, Voerman GE, Johnson GR, van Wijck F, Platz T, Gregoric M, Hitchcock R, Pandyan AD. Theoretical and methodological considerations in the measurement of spasticity. *Disability and Rehabilitation* 2005; 27: 69-80.
6. Cheng HK, Yu YC, Wong AMK, Tsai YS. Effects of an eight-week whole body vibration on lower extremity muscle tone and function in children with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities* 2015; 38: 256-261.
7. Connaghan KP, Moore CA. Indirect Estimates of Jaw Muscle Tension in Children With Suspected Hypertonia, Children With Suspected Hypotonia, and Matched Controls. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 2013; 56: 123-136.
8. De Ste Croix MB, Deighan MA, Armstrong N. Assessment and Interpretation of Isokinetic Muscle Strength During Growth and Maturation. *Sports Medicine* 2003; 33: 727-743.
9. De Ste Croix MB. Advances in paediatric strength assessment: changing our perspective on strength development. *Journal of Sports Science and Medicine* 2007; 6: 292-304.

10. Dietsch AM, Solomon NP, Sharkey LA, Duffy JR, Strand EA, Clark HM. Perceptual and instrumental assessments of orofacial tone in dysarthric and normal speakers. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 2014; 51: 1127-1142.
11. Dodd KJ, Taylor NF, Graham HK. A randomized trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2003; 45: 652-657.
12. Dreher T, Brunner R, Vegvari D, Heitzmann D, Gantz S, Maier MW, Braatz F, Wolf SI. The effects of muscle-tendon surgery on dynamic electromyographic patterns and muscle tone in children with cerebral palsy. *Gait & Posture* 2013; 38: 215-220.
13. Ervin RB, Fryar CD, Wang C-Y, Miller IM, Ogden CL. Strength and Body Weight in US Children and Adolescents. *Pediatrics* 2014; 134: e782-789.
14. Fleuren JFM, Voerman GE, Erren-Wolters C V, Snoek GJ, Rietman JS, Hermens HJ, et al. Stop using the Ashworth Scale for the assessment of spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2010; 81: 46-52.
15. Gapeyeva H, Vain A. Assessment of tone of superficial skeletal muscles in case of spastic hemiplegia: possibilities of myometry. In: *Proceedings of the 4th Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine; 2007, June 10-14; Seoul, Korea. Bologna: Monduzzi Editore; 2007, 37-42.*
16. Gapeyeva H, Vain A. *Principles of Applying Myoton in Physical Medicine and Rehabilitation. Methodical Guide; 2008.*
17. Gavronski G, Veraksitš A, Vasar E, Maarros J. Evaluation of viscoelastic parameters of the skeletal muscles in junior triathletes. *Physiological Measurement* 2007; 28: 625-637.
18. Hannus S, Kauppila T, Launonen K. Increasing prevalence of specific language impairment (SLI) in primary healthcare of a Finnish town, 1989–99. *International Journal of Speech & Language Therapists* 2009; 44: 79-97.
19. Hernandez-Reif M, Field T, Lergie S, Mora D, Bornstein J, Waldman R. Children with Down syndrome improved in motor functioning and muscle tone following massage therapy. *Early Child Development and Care* 2006; 176: 395-410.

20. Hogrel J-Y, Decostre V, Alberti C, Canal A, Olliver G, Josserand E, Taouil I, Simon D. Stature is an essential predictor of muscle strength in children. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2012; 13: 176.
21. Häger-Ross, C., Rösald, B. Norms for grip strength in children aged 4-16 years. *Acta Paediatrica* 2002; 91: 617-625.
22. Iverson JM, Braddock BA. Gesture and Motor Skill in Relation to Language in Children With Language Impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 2011; 54: 72-86.
23. Korff T, Horne SL, Cullen SJ, Blazeovich AJ. Development of lower limb stiffness and its contribution to maximum vertical jumping power during adolescence. *The Journal of Experimental Biology* 2009; 212: 3737-3742.
24. Lidström A, Ahlsten G, Hirschfeld H, Norrlin S. Intrarater and Interrater Reliability of Myotonometer Measurements of Muscle Tone in Children. *Journal of Child Neurology* 2009; 24: 267-274.
25. Martin K, Inman J, Kirschner A, Deming K, Gumbel R, Voelker L. Characteristics of Hypotonia in Children: A Consensus Opinion of Pediatric Occupational and Physical Therapists. *Pediatric Physical Therapy* 2005; 275-282.
26. Meerits T, Bacchieri S, Pääsuke M, Ereline J, Cicchella A, Gapeyeva H. Acute effect of static and dynamic stretching on tone and elasticity of hamstring muscles and on vertical jump performance in track-and-field athletes. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis* 2014; 20: 48-59.
27. Molenaar HM, Selles RW, Zuidam JM, Willemsen SP, Stam HJ, Hovius SE. Growth diagrams for grip strength in children. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 2010; 468: 217-223.
28. Murayama M, Watanabe K, Kato R, Uchiyama T, Yoneda T. Association of muscle hardness with muscle tension dynamics: a physiological property. *European Journal of Applied Physiology* 2012; 112: 105-112.
29. Mürsepp I, Aibast H, Gapeyeva H, Pääsuke M. Sensorimotor function in preschool-aged children with expressive language disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 2014; 35: 1237-1243.

30. Mürsepp I, Ereline J, Gapeyeva H, Päsuke M. Motor performance in 5-year-old preschool children with developmental speech and language disorders. *Acta Paediatrica* 2009; 98: 1334-1338.
31. Mürsepp I. Sensorymotor and social functioning in children with developmental speech and language disorders. Tartu: Tartu University Press; 2011.
32. Needle AR, Baumeister J, Kaminski JW, Higginson JS, Farquhar WB, Swanik CB. Neuromechanical coupling in the regulation of muscle tone and joint stiffness. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2014; 24: 737-748.
33. Newmeyer AJ, Grether S, Grasha C, White J, Akers R, Aylward C, Ishikawa K, Degrauw T. Fine motor function and oral-motor imitation skills in preschool-age children with speech-sound disorders. *Clinical Pediatrics* 2007; 46: 604-611.
34. Padrik M, Hallap M. Keele- ja kõnepuuded lastel ja täiskasvanutel. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus; 2013.
35. Pielberg M. Spetsiifiliselt jaotatud surve- ja elastsuskomponentidega retuuside kandmise mõju lihastele genu valgum asendi korrigeerimisel 5-7-aastastel lastel. Lõputöö. Tartu: Tartu Tervishoiu Kõrgkool; 2013.
36. Pitcher CA, Elliott CM, Williams SA, Licari MK, Kuenzel A, Shipman PJ, Valentine JP, Reid SL. Childhood muscle morphology and strength: alterations over six months of growth. *Muscle & Nerve* 2012; 46: 360-366.
37. Platz T, Eickhof C, Nuyens G, Vuadens P. Clinical scales for the assessment of spasticity, associated phenomena, and function: a systematic review of the literature. *Disability and Rehabilitation* 2005; 27: 7-18.
38. Ratel S, Duche P, Williams CA. Muscle Fatigue during High-Intensity Exercise in Children. *Sports Medicine* 2006; 36(12): 1031-1065.
39. Rauch F, Neu CM, Wassmer G, Beck B, Rieger-Wettengl G, Rietschel E, Manz F, Schoenau E. Muscle Analysis by Measurement of Maximal Isometric Grip Force: New Reference Data and Clinical Applications in Pediatrics. *Pediatric Research* 2002; 51: 505-510.

40. Raudsepp L, Pääsuke M. Gender differences in fundamental movement patterns, motor performances, and strength measurements of prepubertal children. *Pediatric Exercise Science*, 1995; 7: 294-304.
41. Round JM, Jones DA, Honour JW, Nevill AM. Hormonal factors in the development differences in strength between boys and girls during adolescence: a longitudinal study. *Annals of Human Biology* 1999; 26: 49-62.
42. Sakkool T, Meerits T, Gapeyeva H. Intrarater and interrater reliability of muscle tone, elasticity and stiffness characteristics measurements by Myoton-3 in healthy children aged 5-7 years. *Baltic Journal of Sport & Health Sciences*, 2016; 1: 38-46.
43. Sanger TD, Delgado MR, Gaebler-Spira D, Hallett M, Mink JW. Classification and Definition of Disorders Causing Hypertonia in Childhood. *Pediatrics* 2003; 111: e89-e97.
44. Schless S-M, Desloovere K, Aertbelien E, Molenaers G, Huenaerts C, Bar-On L. The Intra- and Inter-Rater Reliability of an Instrumented Spasticity Assessment in Children with Cerebral Palsy. *PLoS ONE* 2015; 10: 1-23.
45. Simons DG, Mense S. Understanding and measurement of muscle tone as related to clinical muscle pain. *Pain* 1998; 75:1-17.
46. Smits-Engelsman BCM, Westenberg Y, Duysens J. Development of isometric force and force control in children. *Cognitive Brain Research* 2003; 17: 68-74.
47. Straubergaite L, Bernecke V, Muckus K, Juodžbaliene V. The effect of horse-back riding on passive mechanical properties of child's extensor spine muscles. *Special Education* 2011; 2: 150-156.
48. Straubergaite L, Juodžbaliene V, Tolocka RT, Muckus K. The effect of physiotherapy on the symmetry of passive mechanical properties of muscles of children with and without cerebral palsy. *MECHANIKA* 2012; 18: 721-725.
49. Zinder SM, Padua DA. Reliability, Validity, and Precision of a Handheld Myometer for Assessing in Vivo Muscle Stiffness. *Journal of Sport Rehabilitation* 2011; 1:1-8.

50. Tomblin JB, Records NL, Buckwalter P, Zhang X, Smith E, O'Brien M. Prevalence of specific language impairment in kindergarten children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 1997; 40: 1245-1260.
51. Vain A, Kums T, Ereline J, Pääsuke M, Gapeyeva H. Gastrocnemius muscle tone, elasticity, and stiffness in association with postural control characteristics in young men. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences* 2015; 64: 525-534.
52. Vain A. Estimation of the Functional State of Skeletal Muscle. In: Veltnik PH, Boom HBK. *Control of ambulation using functional neuromuscular stimulation*. Enschede: University of Twente Press 1995: 51-55.
53. van den Beld WA, van der Sanden GA, Sengers RC, Verbeek AL, Gabreels FJ. Validity and reproducibility of the Jamar dynamometer in children aged 4-11 years. *Disability and rehabilitation*, 2006; 28: 1303-1309.
54. Viir R, Laiho K, Kramarenko J, Mikkelson M. Repeatability of trapezius muscle tone assessment by myometric method. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology* 2006; 6: 215-228.
55. Visscher C, Houwen S, Moolenaar B, Lyons J, Scherder EJ et al. Motor proficiency of 6- to 9-year-old children with speech and language problems. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2010; 52: 254-258.
56. Visscher C, Houwen S, Scherder EJ, Moolenaar B, Hartman E. Motor profile of children with developmental speech and language disorders. *Pediatrics* 2007; 120: 158-163.
57. Webster RI, Majnemer A, Platt RW, Shevell MI. Motor function at school age in children with a preschool diagnosis of developmental language impairment. *Journal of Pediatrics* 2005; 146: 80-85.

TÄNUAVALDUS

Suur tänu abi, toetuse ja nõuannete eest juhendajatele Helena Gapeyevale ja Iti Mürsepale.

Suur tänu Teet Meeritsale abi eest statistilise analüüsi tegemisel.

LISAD

Lisa 1. Sakkool T, Meerits T, Gapeyeva H. Intrarater and interrater reliability of muscle tone, elasticity and stiffness characteristics measurements by Myoton-3 in healthy children aged 5-7 years. *Baltic Journal of Sport & Health Sciences* 2016; 1: 38-46.

INTRARATER AND INTERRATER RELIABILITY OF MUSCLE TONE, ELASTICITY AND STIFFNESS CHARACTERISTICS MEASUREMENTS BY MYOTON-3 IN HEALTHY CHILDREN AGED 5–7 YEARS

Triinu Sakkool, Teet Meerits, Helena Gapeyeva
University of Tartu, Tartu, Estonia

ABSTRACT

Background. Research literature highlights the need to use objective assessment tools to quantify muscle tone because all typically used clinical scales of muscle tone have reliability problems. Though hand-held device Myoton-3 has been used in research with children, its reliability has not been established. The aim of this study was to investigate intrarater and interrater reliability of muscle tone, elasticity and stiffness measurements by Myoton-3 in healthy children aged 5–7 years.

Methods. A total of 30 healthy children aged between 5 and 7 years participated in the study. Myoton-3 device was used by two measurers to assess tibialis anterior (TA), rectus femoris (RF), biceps brachii (BB), medial head of gastrocnemius (GM), biceps femoris (BF), trapezius (TR) and triceps brachii (TB) muscle tone, elasticity and stiffness values. Measurements were conducted for intrarater reliability on two consecutive days and for interrater reliability on the same day.

Results. Intrarater reliability expressed as intra-class correlation of frequency, decrement and stiffness characteristics measurements was moderate to high, between 0.60–0.72, while TR muscle ICC was low. Interrater reliability expressed as intra-class correlation of the frequency, decrement and stiffness characteristics measurements was high to very high, between 0.72–0.91, while TR muscle ICC was low.

Conclusion. Moderate to high (0.60–0.72) intrarater reliability and high to very high interrater reliability (0.72–0.91) was established for Myoton-3 measurements in healthy children aged 5–7 years. The Myoton-3 is a reliable device for measuring skeletal muscle tone, elasticity and stiffness in preschool children.

Keywords: Intra-class correlation, mechanical properties, children, Myoton-3.

INTRODUCTION

Muscle function could be characterized by muscle tone. Passive resting muscle tone (PRMT) is defined as state of muscle at rest when it has maintained a certain amount of tautness (Vain, Kums, Erelina, Pääsuke, & Gapeyeva, 2015). PRMT is influenced by muscle passive length and its location in human body (Murayama, Watanabe, Kato, Uchiyama, & Yoneda, 2012). While PRMT is expressed in stable position like lying, it has to be distinguished from postural muscle tone which plays an important role in maintaining the erect posture and equilibrium

(Vain et al., 2015). Muscle tone is related with mechanical properties of the skeletal muscles – elasticity and stiffness (Viir, Laiho, Kramarenko, & Mikkelsen, 2006)

Research literature highlights the need to use objective assessment tools to quantify muscle tone (Aarrestad, Williams, Fehrer, Mikhailenok, & Leonard, 2004; Lidström, Ahlsten, Hirschfield, & Norrlin, 2009; Pomeroy et al., 2000). Studies about children with cerebral palsy have frequently used measures of spasticity, such as Ashworth and Tardieu scales (Alhusaini, Dean, Crosbie, Sheperd,

& Lewis, 2010; Bar-On et al., 2014; Yam & Leung, 2006). Unfortunately, all typically used clinical scales of muscle tone have reliability problems (Aarrestad et al., 2004; Ansari et al., 2013; Pomeroy et al., 2000). Few instrumented methods in children have been used as well – devices like Myotonometer (Aarrestad et al., 2004; Lidström et al., 2009), Myoton-2 (Gavronski, Veraksitš, Vasar, & Maaros, 2007) and Myoton-3 (Gapeyeva & Vain, 2007; Straubergaite, Bernecke, Muckus, & Juodžbaliene, 2011; Straubergaite, Juodžbaliene, Tolocka, & Muckus, 2012; Vahimets et al., 2006).

A hand-held myometer device Myoton-3 provides painless and objective assessment of mechanical properties of muscles (Gapeyeva & Vain, 2008). Several studies have been conducted with children using device Myoton-3. For example, Gapeyeva and Vain (2007) investigated natural oscillation frequency of extensor digitorum, tibialis anterior and gastrocnemius muscles in 11-year-old boy with spastic hemiplegia. Vahimets et al. (2006) studied the influence of Trigenics Myoneural Treatment of six young basketball players' (aged 15.3 ± 0.5 years) muscle tone and elasticity of tibialis anterior, gastrocnemius, rectus femoris and biceps femoris muscles. Straubergaite et al. (2011) established the effect of horse-back riding on muscle tone, elasticity and stiffness of the lumbar erector spinae in healthy children aged 8–16 years. Straubergaite et al. (2012) also investigated the impact of physiotherapy on the lumbar erector spinae and gluteus medius muscle symmetry in children with and without cerebral palsy aged 8–16 years. Gapeyeva, Mitt, Erelina and Pääsuke (2015) studied the influence of 3-month physical therapy with the Atlant neuro-orthopedic pneumosuit on muscle tone characteristics (frequency of muscle oscillation) of erector spinae, rectus abdominis, rectus and biceps femoris, gastrocnemius and tibialis anterior muscles in preschool children (aged 3–7 years) with spastic cerebral palsy.

Despite numerous investigations, there is no intra- or interrater reliability research of skeletal muscles by Myoton-3 in children. The aim of this study was to examine intra- and interrater reliability of muscle tone, elasticity and stiffness characteristics measurements using Myoton-3 in healthy children aged 5–7 years.

METHODS

Thirty children (15 girls and 15 boys) aged 5.6 ± 0.6 years (mean \pm SD) participated voluntarily

in the study. Height, weight and BMI of participants are presented in Table 1. The subjects whose parents reported any physical impairment as well as other developmental disorders, orthopaedic problems, intellectual disability, sensory or speech disorder, did not take part in study. Children were from the same nursery school and had 1.5 hours of physical activity (PA) per week. Children's parents were asked about PA out of nursery school. Results showed that 10% of children had additional PA (gymnastics and football, 2–4 hours per week). One day before the study the children were asked to avoid physical training. For participation in the study, a written informed consent of children's parents and each child's assent were obtained. The study received the approval of the Ethics Committee of the University of Tartu for human studies.

Table 1. Anthropometric data of children ($n = 30$), mean \pm SD

Characteristics	Mean	\pm SD	Range (Min-Max)
Height (m)	1.19	± 0.07	1.07–1.32
Body mass (kg)	22.5	± 4.4	16.4–31.5
BMI (kg/m ²)	15.7	± 1.7	12.2–20.3

Note. BMI – body mass index.

Measurements of anthropometric parameters. Height and body mass were measured on the first day of the two consecutive days. The body standing height was measured to the nearest 0.1 cm using a Martin portable anthropometer. Body mass was measured by digital scale, accurate to 50 g (Soehnle, Germany).

Measuring mechanical characteristics (tone, elasticity, stiffness). A hand held non-invasive device Myoton-3 and Myoton software (Müomeetria Ltd, Estonia) were used. The Myoton-3 device induces oscillation of the muscle tissue by a mechanical impact with a force up to 0.4 N; it follows by quick release on the muscle belly. Muscle oscillations are registered by the accelerometer of the device with a sampling rate of 3200 Hz, and a graph is formed based on this recording. The mass of the device's testing probe is 18 g, diameter 3 mm, and the kick time 15 ms (Vain et al., 2015). A Multi Scan pattern of 5 consecutive measurements at one point was measured and the mean of 5 measures was calculated using Myoton software (Vain, 2002). Frequency of muscle oscillations (FMO) [Hz] as an indicator of the tone, logarithmic decrement of the dampening of muscle oscillations (LDDMO) as an

indicator of the elasticity and stiffness of the muscle (ST) [Nm^{-1}] were measured in relaxed (passive muscle tone) condition (Vain et al., 2015).

Seven muscles were tested bilaterally and muscles were always measured in same order – tibialis anterior (TA), rectus femoris (RF), biceps brachii (BB), medial head of gastrocnemius (GM), biceps femoris (BF), trapezius (TR) and triceps brachii (TB) muscles. Right body side muscles were constantly measured before. Marks were made in the middle of the muscle belly, which was identified with palpation and muscle contraction. Measuring point was marked using a non-toxic permanent Surgical Skin Marker (Viscot Medical LLC, USA). Participants were asked to lie in

comfortable position on the massage table and to relax before measuring. To measure TA, RF and BB muscles, subjects were supported with special pillows under the head and knees (Figure 1A), for measuring GM, BF, TR and TB muscles, pillows were placed under ankle, and the head was in the aperture of massage table to provide relaxation of the muscles (Figure 1B).

Study design. Measurements were performed on two consecutive days of a week at the same time, in the same room and temperature (recorded using digital thermometer, it was maintained at 21°C). Measurements were carried out by two different qualified measurers (M1 and M2). Firstly, measurements were done for intrarater

Figure 1A. Subject in a supported supine position for measuring TA, RF and BB muscles



Figure 1B. Subject in a supported prone position for measuring GM, BF, TR and TB muscles



reliability – each muscle was measured by M1 on two consecutive days. The interval between two measurements by M1 was 24 hours. Secondly, measurements were performed for interrater reliability – on the second day one set of the same muscles were measured by M2 as before by M1 to compare the results of two sets. The interval between the two sets of measurements (M1 and M2) was 15 to 30 minutes. During the pause children were asked to lie supine on massage table while reading a book or watching videos from smartphone.

Statistical analysis. Data was analysed using Microsoft Excel 2013 and it is presented as mean value ± standard deviation (SD). Mean values from day one and day two also from set one set two were compared using Student’s *t*-test. The lowest level of statistical significance was set at *p* < .05. Pooled data of the left and the right body side was used.

Reliability between trials at between days and at the same day (within session) as an intra-class correlation coefficient (ICC) model 3, 2 (two-way mixed model) was used (Shrout & Fleiss, 1979). For interpreting ICC, the following scale was used: very high = 1.00–.90; high = .89–.70; moderate = .69–.50; low = .49–.26 (Domholdt, 1993). Standard error of measurement (SEM) was calculated using formula $SEM = SD * \sqrt{1 - ICC}$ (Fleiss, 2007). Minimal detectable difference (MDD) was calculated using formula $MCC = SEM * (\sqrt{2}) * 1.96$ (Fletcher & Bandy, 2008).

RESULTS

The muscle frequency, elasticity and stiffness characteristics during measurements by M1 and intrarater reliability ICC results are presented in Table 2. Values of FMO were highest in TA

Characteristics/ muscle	DAY 1 (M1)	DAY 2 (M1)	ICC	SEM	MDD
Frequency of muscle oscillations (Hz)					
TA	14.3 ± 1.6	14.1 ± 1.3	.66	0.85	2.34
RF	12.6 ± 0.9	12.5 ± 0.9	.65	0.54	1.49
BB	12.3 ± 0.8	12.2 ± 0.7	.66	0.42	1.17
GM	12.3 ± 0.8	12.2 ± 0.8	.60	0.49	1.36
BF	12.8 ± 1.1	12.7 ± 1.0	.72	0.56	1.55
TR	10.8 ± 0.9	10.8 ± 0.9	.10	0.84	2.33
TB	10.9 ± 0.9	10.9 ± 0.9	.66	0.51	1.41
Logarithmic decrement of dampening of muscle oscillations					
TA	0.9 ± 0.1	0.9 ± 0.1	.60	0.09	0.25
RF	1.2 ± 0.2	1.2 ± 0.2	.62	0.12	0.33
BB	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.1	.62	0.09	0.24
GM	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.2	.64	0.09	0.26
BF	1.2 ± 0.2	1.2 ± 0.2	.65	0.10	0.27
TR	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.2	.09	0.20	0.54
TB	1.1 ± 0.2	1.1 ± 0.2	.61	0.14	0.38
Stiffness (N/m)					
TA	268.0 ± 26.3	268.1 ± 29.8	.66	16.32	45.24
RF	182.8 ± 18.4	180.6 ± 17.5	.62	11.03	30.56
BB	190.1 ± 20.6	188.9 ± 19.8	.60	12.71	35.23
GM	172.5 ± 14.3	174.4 ± 15.4	.61	9.28	25.71
BF	183.8 ± 19.3	184.0 ± 19.1	.61	11.89	32.94
TR	173.8 ± 32.2	177.9 ± 29.5	.06	29.88	82.82
TB	154.6 ± 24.6	159.3 ± 24.2	.61	15.26	42.26

Table 2. Values of muscle frequency, elasticity, stiffness (mean ± SD) and intrarater intra-class correlation (ICC), standard error of measurement (SEM), and minimal detected change in values of between days data (MDD) in healthy children aged 5–7 years (*n* = 30).

Note. M1– measurer 1; TA – tibialis anterior, RF – rectus femoris, BB – biceps brachii, GM –medial head of gastrocnemius, BF – biceps femoris, TR – trapezius, TB – triceps brachii muscle. Data for the right and left sides are pooled.

muscle, lowest in TR muscle. The TA muscle values differed from its antagonistic muscle GM values about 14% ($p < .01$), which was bigger than the difference between measured muscles BB and TB in the upper limb, where it was 11% ($p < .01$). The values of lower limb muscles RF and BF did not differ significantly. The values of the LDDMO had a similar tendency as FMO – TA and GM muscle values differed more than BB and TB muscles, while RF and BF muscles had similar values. In ST the highest values were in TA muscle. If we compare TA muscle with GM muscle, there is a contrast – 37% ($p < .01$). The lowest ST values were in TB, comparing with BB, the difference was 17% ($p < .01$). Like before, RF and BF muscles did not differ significantly.

Between the days, reliability of TA, RF, BB, GM and TB frequency measurements was moderate (ICC between .69 and .50). ICC of BF

frequency measurements was high – .72. Results of TR frequency measurements showed no reliability (ICC .1). ICC results of all measured muscles elasticity (.60 to .65) and stiffness (.60 to .66) were all medium except of TR, where ICC values were .09 and .06, respectively.

The muscle frequency, elasticity and stiffness measurements interrater reliability ICC values are presented in Table 3. Within session of measurements Set1 (M1) and Set2 (M2), values of the FMO were highest in TA muscle (14% ($p < .01$) different from GM muscle), lowest in TR and TB muscles. Antagonistic muscles BB and TB had 11% ($p < .01$) difference between values. Contrary to other muscles, BF and RF muscles had very similar values. The same trends as before in the difference of antagonistic muscles also appeared in the values of LDDMO. As between days' measurements, within session values of

Table 3. Results of muscles frequency, elasticity, stiffness (mean \pm SD) and interrater intra-class correlation (ICC), standard error of measurement (SEM) and minimal detected change values of within session data (MDD) in healthy children aged 5–7 years ($n = 30$).

Characteristics/ muscle	Set 1 (M1)	Set 2 (M2)	ICC	SEM	MDD
Frequency of muscle oscillations (Hz)					
TA	14.1 \pm 1.3	14.4 \pm 1.3	.72	0.69	1.91
RF	12.5 \pm 0.9	12.3 \pm 0.9	.78	0.43	1.20
BB	12.2 \pm 0.7	12.3 \pm 0.7	.76	0.33	0.92
GM	12.2 \pm 0.8	12.2 \pm 0.7	.78	0.35	0.96
BF	12.7 \pm 1.0	12.6 \pm 0.9	.91	0.29	0.81
TR	10.8 \pm 0.9	11.0 \pm 0.7	.02	0.78	2.15
TB	10.9 \pm 0.9	10.9 \pm 0.9	.79	0.40	1.11
Logarithmic decrement of dampening of muscle oscillations					
TA	0.9 \pm 0.1	0.9 \pm 0.2	.73	0.08	0.23
RF	1.2 \pm 0.2	1.2 \pm 0.2	.74	0.09	0.26
BB	1.0 \pm 0.1	1.0 \pm 0.1	.76	0.07	0.19
GM	1.0 \pm 0.2	1.0 \pm 0.1	.78	0.08	0.96
BF	1.2 \pm 0.2	1.2 \pm 0.2	.75	0.09	0.78
TR	1.0 \pm 0.2	1.0 \pm 0.1	.17	0.17	0.47
TB	1.1 \pm 0.2	1.1 \pm 0.2	.78	0.09	0.26
Stiffness (N/m)					
TA	268.1 \pm 29.8	268.8 \pm 30.4	.75	15.01	41.49
RF	180.6 \pm 17.5	179.8 \pm 17.6	.85	6.76	18.74
BB	188.9 \pm 19.8	190.8 \pm 19.6	.80	8.78	24.32
GM	174.4 \pm 15.4	174.6 \pm 14.8	.77	7.21	18.97
BF	184.0 \pm 19.1	185.2 \pm 19.3	.85	6.32	17.53
TR	177.9 \pm 29.5	180.5 \pm 22.2	.49	18.58	51.50
TB	159.3 \pm 24.2	161.6 \pm 23.4	.79	10.87	30.11

Note: M1 – measurer 1, M2 – measurer 2; TA – tibialis anterior, RF – rectus femoris, BB – biceps brachii, GM – medial head of gastrocnemius, BF – biceps femoris, TR – trapezius, TB – triceps brachii muscle. Data for the right and left sides are pooled.

ST were highest in TA muscle, although there is a contrast with GM muscle – 37% ($p < .01$). The lowest values were in TB, compared with BB, the difference was 15% ($p < .01$). RF and BF muscle values did not differ significantly.

Interrater ICC of BF muscle frequency measurements was very high (.91) and TA, RF, BB, GM, TB muscles measurements showed high ICC values (.72–.79). Only TR showed very low ICC values of frequency measurements (.02). All measured muscle characteristics, except for TR, showed high reliability of elasticity measurements within session, ICC values were in the range of .73 to .78. The ICC of stiffness measurements was high – .75 to .85 for all measured muscles, except TA, which was low (.49).

ICC values of measurements within session (interater reliability) were higher than those between days. SEM values were higher in between days' (intrarater reliability) measures than the ones within session and MDD were also higher in between days (Table 2 and Table 3). There were no significant differences between means of measured characteristics between days and within session values (Set 1 and Set 2).

DISCUSSION

The present study is the first to estimate intra- and interrater reliability of Myoton-3 measurements of muscle tone, elasticity and stiffness characteristics in healthy children aged 5–7 years. Our study included investigation of seven skeletal muscles from different body regions. The main findings of our study were: intrarater reliability expressed as intra-class correlation of the frequency, decrement and stiffness were moderate to high for all measured muscles, between .60–.72, except TR muscle. Interrater reliability expressed as intra-class correlation of the frequency, decrement and stiffness were high to very high for all measured muscles, between .72–.91, except TR muscle.

Previously, Marusiak, Kisiel-Sajewicz, Jaskolska and Jaskolski (2010) found excellent repeatability of the muscle stiffness measurements in ten elderly women (aged 77 ± 4 years) and in eight Parkinson disease diagnosed (PD) women (aged 77 ± 3 years). In their study, the Myoton-3 device was used for measuring muscle stiffness of short head of BB muscle in supine relaxed position. Intra-class correlation was .93 in healthy

subjects and .99 in the PD group. In our study, ICC values in this characteristic were lower, but our group of subjects was significantly different from previously described research. Bizzini and Mannion (2003) also investigated test-retest reliability of muscle stiffness measurements. The Myoton-2 myotonometer was used in their study for measuring BF, vastus lateralis, RF, lateral head of gastrocnemius and GM muscles at rest in ten volunteers (five males, five females, their mean age was 40). In this research they measured muscles on two consecutive days. The ICC values of BF were .80–.91, RF .84–.85, GM .80–.88. In our study, ICC values of stiffness in these muscles were slightly lower. It can be explained by differences of devices and subjects. While Myoton-2 has similar working principles as Myoton-3, it has larger mass of the testing end (37 g) than Myoton-3 (18 g). Additionally, Bizzini and Mannion (2003) made 20 consecutive measurements at each site while we made 5 consecutive measurements. The mean age of subjects in the later study was 40 ± 13 years, but in our study children aged 5–7 years were measured.

Lidström et al. (2009) investigated reliability of Myotonometer (Myo-Tech, Missoula, Mont) measurements by assessing muscle tone in RF muscle in children with cerebral palsy ($n = 15$, aged 7–15 years) and children without disabilities ($n = 15$, aged 6–15 years). They also measured differences in muscle tone between groups and contracted or relaxed conditions. They found high to very high (.7–1.0) intrarater intra-class correlation under both conditions and in both groups. Interrater intra-class correlation was high to very high (.7–1.0) under both conditions in the control group and in the cerebral palsy group under contracted conditions. Our study showed high (.74–.85) interrater intra-class correlation in relaxed RF muscle characteristics. Differently, our intrarater intra-class correlation was moderate (.62–.65). Firstly, it was probably affected by the time between two measurements, which was at least 24 hours. The possible explanation why they received greater reliability between values of intrarater measurements is that their study was committed on the same day. In our research we can see the tendency as well – interrater ICC values were higher than intrarater ICC values because measurements for the first one were made on the same day and for the other on two consecutive days.

Secondly, there were two different devices used in these studies for measuring. Myotonometer (Myo-Tech, Missoula, Mont) which Lidström et al. (2009) used is an electronic device where the probe is pressed perpendicularly against a muscle, the outer cylinder remains stationary as the inner cylinder pushes onto and compresses the underlying tissue. Eight tissue displacement values are registered for each pressure, corresponding to eight levels of force (0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.25, 1.50, 1.75, 2.00 kg). In our study we used Myoton-3 which induces oscillation of the muscle tissue by a short (kick time 15 ms) mechanical impact with a very low force (up to 0.4 N). The testing probe diameter of Myoton-3 device is 3 mm while Myotonometer's (Myo-Tech, Missoula, Mont) probe has a diameter of 1 cm (Oliva-Pascual-Vaca et al., 2014).

Studying intrarater reliability on two consecutive days we have to considerate that healthy children aged 5–7 years are physically active. To analyse the effect of physical activity (PA) on measurement results, children's parents were asked about PA out of nursery school. Results showed that 10% of children had additional PA (gymnastics and football, 2–4 hours per week). We asked children to avoid additional PA on the day before measuring. Probably, children did not exercise as they use to do, but it is questionable how much they ran or jumped before the measuring day or on the same day. So it is difficult to analyse what effect physical activity had on our intrarater reliability results. Perhaps we should have done all measurements – intra- and interrater reliability – on the same day like Lidström et al. (2009).

In our study good intra- and interreliability ICC was noted for all measured muscles, except for TR muscle. Viir et al., (2006) examined trapezius muscle tone with Myoton-2 myometer in 20 women (5 healthy, 15 with various musculoskeletal disorders), their mean age was 44.2 years. Interrater reliability was investigated by two measurers within the same session. ICC values were very high (.97–.99). The subjects were in a relaxed sitting position, while in our study children were in a relaxed prone position. This could be one of the causes of differences in ICC results between two studies. Other possible explanation is that the position of the child's head in our study was with its support on the aperture edge of the massage table (length 15 cm, width 9.5 cm) which is made for adult head size. Indeed, a 5–7-year-old child has

smaller head circumference than adult: in the study of Bartholomeusz, Courchesne and Karns (2002) it has been noted that the head circumference of children aged 6 years and younger was from 48.6 cm to 56.1 cm, in adults – from 55.2 cm to 62.3 cm. For this reason children have to hold neck against gravity while the main force is carried on the frontal part of the head because the head aperture is too big for children. Despite the request for relaxation of muscles and palpation before measurement, the head position in case of such aperture of massage table apparently caused stress (contraction) to the neck and shoulder girdle muscle groups, including TR muscle.

The strength of the present study is the investigation of intrarater and interrater reliability of Myoton-3 measurements of skeletal muscle tone, elasticity and stiffness in healthy preschool children, which has not been investigated before. Only healthy children in preschool age were included in the study. Our measurers had earlier practical experience with Myoton-3 device and did have quite a big number of subjects. Also we tried to avoid the effect of different diseases and physical activity on measured characteristics. The study also had some limitations. We studied intrarater reliability between two consecutive days, but we do not know how children's physical activity affected the results. Therefore it is definitely necessary to compare measurement results which are conducted only on the same day. In the future, it is recommended to choose more appropriate position for the child's body segments for measuring neck and trunk muscles.

CONCLUSIONS

Results suggest that measurements of skeletal muscle tone, elasticity and stiffness characteristics by Myoton-3 have moderate intrarater and high interrater intra-class correlation values in healthy 5–7-year-old children. The Myoton-3 is a reliable device for the estimation of muscle tone and mechanical properties in children. It can be recommended to choose an appropriate position to ensure the achievement of muscle maximal voluntary relaxation during measurement, especially in preschool children in the aspects of their musculoskeletal system development peculiarities.

Acknowledgement. This research has been partially supported by the Ministry of Education and Research of the Republic of Estonia, Project

No. IUT20-58 “Physical performance and health: adaptational and age-related aspects”.

REFERENCES

- Aarrestad, D. D., Williams, M. D., Fehrer, S. C., Mikhailenok, E., & Leonard, C. T. (2004). Intra- and interrater reliabilities of the myotonometer when assessing the spastic condition of children with cerebral palsy. *Journal of Child Neurology, 19*(11), 894–901.
- Alhusaini, A. A. A., Dean, C. M., Crosbie, J., Sheperd, R. B., & Lewis, J. (2010). Evaluation of spasticity in children with cerebral palsy using Ashworth and Tardieu Scales compared with laboratory measures. *Journal of Child Neurology, 25*(10), 1242–1247. doi:10.1177/0883073810362266
- Ansari, N. N., Naghdi, S., Hasson, S., Rastgoo, M., Amini, M., & Forogh, B. (2013). Clinical assessment of ankle plantarflexor spasticity in adult patients after stroke: Inter- and intra-rater reliability of the Modified Tardieu Scale. *Brain Injury, 27*(5), 605–612. doi: 10.3109/02699052.2012.750744
- Bar-On, L., Van Campenhout, A., Desloovere, K., Aertbelien, E., Huenaerts, C., Vandendoorent, B., ... Molnaers, G. (2014). Is an instrumented spasticity assessment an improvement over Clinical Spasticity Scales in Assessing and predicting the response to integrated Botulinum Toxin Type A treatment in children with cerebral palsy? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 95*, 515–523. doi: 10.1016/j.apmr.2013.08.010
- Bartholomeusz, H. H., Courchesne, E., & Karns, C. M. (2002). Relationship between head circumference and brain volume in healthy normal toddlers, children, and adults. *Neuropediatrics, 33*, 239–241. doi: 10.1055/s-2002-36735
- Bizzini, M., & Mannion, A. F. (2003). Reliability of a new, hand-held device for assessing skeletal muscle stiffness. *Clinical Biomechanics, 18*, 459–461. doi: 10.1016/S0268-0033(03)00042-1
- Domholdt, K. (1993). *Physical therapy research: Principles and applications*. Philadelphia: WB Saunders Company.
- Fleiss, J. (2007). Reliability of measurement. In J. Fleiss (Ed.), *The design and analysis of clinical experiments* (pp. 1–32). New York: John Wiley and Sons.
- Fletcher, J., & Bandy, W. (2008). Intratester reliability of CROM measurement of cervical spine active range of movement in persons with and without neck pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 38*, 640–643.
- Gapeyeva, H., Mitt, P., Erelina, J., & Pääsuke, M. (2015). Influence of 3-month physical therapy using the Atlant neuro-orthopedic pneumosuit in preschool children with spastic cerebral palsy: Changes in muscle tone characteristics. *Journal of Rehabilitation Medicine: Abstracts, The 9th World Congress of International Society of Physical and Rehabilitation Medicine, 54*, 341–342.
- Gapeyeva, H., & Vain, A. (2007). Assessment of tone of superficial skeletal muscles in case of spastic hemiplegia: possibilities of myometry. In: *Proceedings of the 4th Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine* (pp. 37–42). Bologna: Monduzzi Editore.
- Gapeyeva, H., & Vain, A. (2008). *Myotoni kasutamine taastusravis*. Müomeetria Ltd., Tartu.
- Gavronski, G., Veraksitš, A., Vasar, E., & Maaroo, J. (2007). Evaluation of viscoelastic parameters of the skeletal muscles in junior triathletes. *Physiological Measurement, 28*, 625–637.
- Lidström, A., Ahlsten, G., Hirschfeld, H., & Norrlin, S. (2009). Intrarater and interrater reliability of myotonometer measurements of muscle tone in children. *Journal of Child Neurology, 24*(3), 267–274.
- Marusiak, J., Kisiel-Sajewicz, K., Jaskolska, A., & Jaskolski, A. (2010). Higher muscle passive stiffness in Parkinson's disease patients than in controls measured by myotonometry. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 91*(5), 800–802.
- Murayama, M., Watanabe, K., Kato, R., Uchiyama, T., & Yoneda, T. (2012). Association of muscle hardness with muscle tension dynamics: a physiological property. *European Journal of Applied Physiology, 112*(1), 105–112. doi: 10.1007/s00421-011-1959-3
- Oliva-Pascual-Vaca, A., Marcos Heredia-Rizo, A. M., Barbosa-Romero, A., Oliva-Pascual-Vaca, J., Rodríguez-Blanco, C., & Tejero-García, S. (2014). Assessment of paraspinal muscle hardness in subjects with a mild single scoliosis curve: A preliminary myotonometer study. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 37*(5), 32–333. doi: 10.1016/j.jmpt.2014.03.001
- Pomeroy, V. M., Dean, D., Sykes, L., Faragher, E. B., Yates, M., Tyrell, P. J., ... Tallis, R. C. (2000). The unreliability of clinical measures of muscle tone: Implications for stroke therapy. *Age and Ageing, 29*, 229–233. doi:10.1093/ageing/29.3.229
- Shrout, P., & Fleiss, J. (1979). Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin, 86*, 420–428.
- Straubegaite, L., Bernecke, V., Muckus, K., & Juodžbaliene, V. (2011). The effect of horse-back riding on passive mechanical properties of child's extensor spine muscles. *Special Education, 2*(25), 150–156.

- Straubergaite, L., Juodžbaliene, V., Tolocka, R. T., & Muckus, K. (2012). The effect of physiotherapy on the symmetry of passive mechanical properties of muscles of children with and without cerebral palsy. *Mechanika, 18*(6), 721–725.
- Vahimets, M., Gapeyeva, H., Ereline, J., Pääsuke, M., Kaasik, P., & Vain, A. (2006). Influence of trigeminal myoneural treatment on lower extremities muscle tone and viscous-elastic properties in young basketball players. *Acta Academiae Olympicae Estoniae, 14*, 49–68.
- Vain, A., Kums, T., Ereline, J., Pääsuke, M., & Gapeyeva, H. (2015). Gastrocnemius muscle tone, elasticity, and stiffness in association with postural control characteristics in young men. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 64*(4), 525–534.
- Vain, A. (2002). Role of skeletal muscle tone and elasticity in the workability restoration of male cross-country skiers. *Acta Academiae Olympicae Estoniae, 10*, 95–108.
- Viir, R., Laiho, K., Kramarenko, J., & Mikkelsen, M. (2006). Repeatability of trapezius muscle tone assessment by myometric method. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology, 6*(2), 215–228.
- Yam, W. K. L., & Leung, M. S. M. (2006). Interrater reliability of Modified Ashworth Scale and Modified Tardieu Scale in children with spastic cerebral palsy. *Journal of Child Neurology, 21*, 1031–1035. doi: 10.1177/7010.2006.00222

Received on January 21, 2016

Accepted on March 09, 2016

Corresponding author **Triinu Sakkool**
University of Tartu
Jakobi Str. 5, Tartu 51014
Estonia
Tel. +372 53 987 885
E-mail triinu.sakkool@gmail.com

LIHTLITSENTS

Mina, Triinu Sakkool (25.07.1992)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „5-6-aastaste alakõne ja eakohase kõnearenguga laste isomeetrilise lihasjõu ja skeletilihaste toonuse võrdlus“,

mille juhendajad on Helena Gapeyeva ja Iti Mürsepp

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 16.05.2016