

TARTU ÜLIKOOL
KEHAKULTUURITEADUSKOND
SPORDIBIOLOOGIA JA FÜSIOTERAAPIA INSTITUUT

LAIVI TOOTS

**KEHA STAATILISE TASAKAALU,
LIHASJÕU JA HÜPPEVÕIME NÄITAJAD
9-10-AASTASTEL JA 16-AASTASTEL
TÜTARLASTEL**

Magistritöö
liikumis- ja sporditeaduste erialal
(kinesioloogia ja biomehaanika)

Juhendaja: professor, biol. knd Mati Pääsuke

Tartu 2005

SISUKORD

AVALDATUD PUBLIKATSIOONID	3
TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID	4
SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1. Ontogeneesi üldiseloomustus	6
1.2. Suguline küpsemine e. puberteet	8
1.3. Laste motoorse arengu üldiseloomustus	9
1.4. Motoorse arengu soolised iseärasused	17
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	21
3. TÖÖ METOODIKA	22
3.1. Vaatlusalused	22
3.2. Uurimismeetodid	23
3.3. Uuringu korraldus	28
3.4. Andmete statistiline töötlus	28
4. TÖÖ TULEMUSED	29
4.1. Keha staatilise tasakaalu näitajad	29
4.2. Käelihaste isomeetriline jõud	29
4.3. Alajäsemete sirutajalihaste isomeetriline jõud	32
4.4. Alajäsemete sirutajalihaste tahtelise pingutuse ja lõõgastuse kiiruse näitajad	32
4.5. Paigalt üleshüppevõime näitajad	36
4.6. Korrelatiivsed seosed uuritud parameetrite vahel	39
5. TÖÖ TULEMUSTE ARUTELU	42
6. JÄRELDUSED	49
KASUTATUD KIRJANDUS	50
SUMMARY	57
LISAD	58

AVALDATUD PUBLIKATSIOONID

Artiklid:

1. Pääsuke, M., Ereline, J., Gapeyeva, H., Toots, M., **Toots, L.** Comparison of twitch contractile properties of plantar flexor muscles in 9-10-year-old girls and boys. *Pediatric Exercise Science*, 2003, 15(3): 324-332.
2. **Toots L.**, Ereline J., Gapeyeva H., Pääsuke M. Alajäsemete sirutajalihaste tahtelise isomeetrilise jõu ja lõõgastusvõime näitajad 9-10-aastastel lastel. Konverentsi „*Teadus, sport ja meditsiin*” kogumik. Tartu: AS Atlex, 2004, lk. 97-99.

Teesid:

3. **Toots, L.** Keha tasakaalu, lihasjõu ja hüppevõime soolised iseärasused 9-10-aastastel lastel. *Kehakultuuriteaduskonna V üliõpilaste teadusliku konverentsi teesid*. Tartu, 2003, lk. 26
4. **Toots, L.** Keha staatilise tasakaalu, lihasjõu ja hüppevõime näitajate soolised iseärasused 9-10-aastastel lastel. *Kehakultuuriteaduskonna IV üliõpilaste teadusliku konverentsi teesid*. Tartu, 2002, lk. 26

TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID

BI = bilateraalne indeks

BM = kehamass

BMI = kehamassi indeks

F BL max = alajäsemete sirutajalihaste isomeetiline maksimaaljõud bilateraalsetel pingutusel

F BL suht = alajäsemete sirutajalihaste suhteline jõud bilateraalsetel pingutusel

P jala F max = parema jala isomeetiline maksimaaljõud unilateraalsetel pingutusel

V jala F max = vasaku jala isomeetiline maksimaaljõud unilateraalsetel pingutusel

P käe F max = parema käe tahteline isomeetiline maksimaaljõud

V käe F max = vasaku käe tahteline isomeetiline maksimaaljõud

P käe F suht = parema käe suhteline jõud

V käe F suht = vasaku käe suhteline jõud

LATc = alajäsemete sirutajalihaste kiirel tahtelisel maksimaalsel bilateraalsetel pingutusel registreeritud lihaspinge latentsiaeg

LATr = alajäsemete sirutajalihaste tahtelise maksimaalse bilateraalsetel pingutuse järgselt registreeritud lõõgastumise latentsiaeg

HRT = alajäsemete sirutajalihaste tahtelise maksimaalse bilateraalsetel pingutuse järgselt registreeritud poole lõõgastumise aeg

G 0,2 = absoluutne jõugradient 0,2 sekundit pärast lihaspinge tekke algust

G 25 = suhteline jõugradient 25% maksimaaljõu tasemel

G 50 = suhteline jõugradient 50% maksimaaljõu tasemel

Z-telg V avatud = vasaku jala vertikaalsuunaline kõikumine avatud silmadega seisumisel

SE = aritmeetilise keskmise standardviga

SISSEJUHATUS

Lapse motoorne areng on katkematu protsess, mis sisaldab erinevaid arenguetappe. Motoorika arengut mõjutab nii lapse loomulik bioloogiline kasvamine kui ka väliskeskkond, sealhulgas kehaline aktiivsus (Lefevre jt., 1998).

Laps kasvab ja areneb nii kehaliselt kui ka vaimselt ning omandab erinevaid liikumisvorme, oskusi ja vilumusi tihedas seoses geneetiliste eelduste ja keskkonnapoolsete mõjutustega. Kui elutegevus ei nõua lapselt esimestel eluaastatel mitmesuguste liigetusvormide väljaarendamist, siis kinnitub piiratud hulk liigetusvilumusi ning kasvab kehaliselt kohmakas indiviid, kes ei vasta arengunormidele (Malina jt., 2004).

Oluline periood lapse arengus on puberteediperiood. Pisut laiemas tähenduses võib seda perioodi nimetada paljude erinevate sündmuste järgnevuseks, läbi mille laps muutub täiskasvanuks, tema reproduktiivne süsteem küpseb ja omandab täiskasvanu funktsioonid ning ilmnevad struktuursed erinevused täiskasvanud mehe ja naise vahel. Sel perioodil toimuvad suured muutused ka nooruki motoorsetes funktsioonides, mida peale organismi sisekeskkonna mõjutavad veel mitmed psühhofüsioloogilised ja sotsiaalsed tegurid.

Tüdrukutel võivad ilmuda esimesed märgid puberteedist juba 8. eluaastal ja kogu protsess lõpeb üldjoontes 16. eluaastaks. Poistel seevastu algab puberteet 10.-12. eluaastal ning jõuab lõpule 18. eluaastal (Robertson, 1984; Malina jt., 2004). Tihti jaotatakse puberteediperiood erinevateks etappideks, mõistmaks paremini sel perioodil aset leidvaid motoorse võimekuse ja organismisiseste muutuste aspekte.

Käesoleva uurimustöö eesmärgiks oli võrrelda lihasjõu, keha staatilise tasakaalu, tahtelise pingutuse ja lõõgastamise kiiruse ning hüppevõime näitajaid 9-10-a. ja 16-a. tütarlastel. Need näitajad iseloomustavad hästi indiviidi motoorsete võimete arengut ja motoorika juhtimist ning selle tasandeid. Kirjanduses leidub piisavalt informatsiooni lapse arengu üldiste seaduspärasuste kohta, kuid motoorsete võimete muutusi pre- ja postpuberteediperioodil on tütarlastel võrreldes poistega vähem uuritud ning tihti on andmed ka vasturääkivad. Saadud tulemused võivad pakkuda huvi tütarlastega tegelevatele treeneritele ning kehalise kasvatusõpetajatele.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Ontogeneesi üldiseloostus

Ontogenees on üksikorganismi arenemise ja küpsemise ning taandarenemise ja vananemise periood ning sellele perioodile omaste protsesside kogum. Inimese areng algab teatavasti munaraku viljastumisest ja lõpeb surmaga. Inimese arengut võib jagada erinevateks perioodideks (Gallahue & Ozmun, 1998): 1) embrüonaalne periood; 2) imikuiga; 3) väikelapseiga; 4) eelkooliiga; 5) kooliiga; 6) täiskasvanuiga; 7) keskiga; 8) vanem iga.

Ontogenees kujutab endast kvantitatiivsete muutuste akumulereerumist ja sellelt pinnalt uute kvalitatiivsete karakteristikute kujunemist, mis tähendab üleminekut ühelt ealise arenemise etapilt teisele. See seostub kriitiliste vanuseperioodidega (Malina, 1984; Malina jt., 2004).

Inimorganismi kasvamine, bioloogiline küpsemine ja areng põhinevad bioloogilistel muutustel peamiselt kahe esimese eludekaadi jooksul. Iga organism areneb individuaalselt ja sel on teatud iseärasused. Lapse kasvamine ja areng on geneetiliselt programmeeritud ning see sõltub oluliselt väliskeskkonna mõjust. Arengu kiiremad perioodid vahelduvad aeglasemate ja suhteliselt stabiilsematega. Organismi individuaalne areng on heterogeenne ning eri organid ja süsteemid formeeruvad erineva ajavahemiku jooksul (Haywood, 1993).

Ontogeneesi mõjustavate keskkonnatingimuste hulgas on tähtis koht keskkonna poolt avaldatavatel mõjudel kohanemismehhanismidele, toitumisiseärasustel, elurežiimi tingimustel, läbipõetud haigustel, samuti organismi süstemaatilisel mürgitamisel alkoholi, nikotiini, olmekeemia kõrvalmõjudega, saastatud õhu ja veega jms. Keskkonna mõjude hulgas on eriti oluline koht kehalisel aktiivsusel (Malina, 1984; Malina jt., 2004).

Lapse kehaline areng on morfo-funktsionaalsete muutuste kogum, mille käigus muutuvad keha mõõtmed, proportsioonid ning funktsioonid. Need on tihedalt seotud vanuse, soo ja tervisliku seisundiga. Kehalist arengut saab hinnata antropomeetria näitajate, funktsionaalsete testide ja vastavate tabelite abil (Cratty, 1986; Harris, 1986; Lausvee, 1991; Docherty, 1996).

Lapse areng ei toimu kogu lapseea kestel ühtlaselt. Organismi areng kulgeb läbi erinevate etappide, millele on iseloomulikud kindlad muutused. Enamlevinud

viisiks on arenguetappide väljatoomine kalendaarse e. kronoloogilise vanuse alusel. Seejuures peab kindlasti arvestama, et kalendaarne ja bioloogiline vanus võivad küllaltki ulatuslikult varieeruda. Nii võib samaealistel tüdrukutel ja poistel sugulise küpsemise tase erineda mitme staadiumi võrra. Alates sünnist jaotatakse lapsega järgmisteks vanuseastmeteks (Whipple, 1996; Gallahue & Ozmun, 1998; Kallas jt., 1999):

- 1) imikuiga, mis kestab sünnist kuni esimese eluaasta lõpuni ja milles eraldatakse alajaotusena veel vastsündinu iga (esimesed 4 elunädalat);
- 2) maimiku- e. väikelapseiga (1.-2. aastane laps);
- 3) mudilas- e. eelkooliiga (3.-6. aastane laps);
- 4) kooliiga (7.-18. aastane laps).

Iga vanuseaste omab ainult talle iseloomulikke jooni. Teravat piiri nende üksikute perioodide vahele tõmmata ei saa, sest lapse kasvamis- ja arenemisprotsess kulgeb üldiselt sujuvalt, hüpeteta. Ontogeneesi iga periood sisaldab lisaks sellele perioodile endale iseloomulike muutuste ka eelneva perioodi mõjutusi ning järgneva perioodi algeid. Seejuures üleminek ühelt perioodilt teisele on aga kindlaks määratud genotüübi poolt (Whipple, 1996; Gallahue & Ozmun, 1998; Kallas jt., 1999).

Lapse üldise kehalise arengu uurimisel ei saa piirduda ainult kalendaarse vanusega. Märksa paremini iseloomustab seda seoses tema individuaalse arenguga bioloogiline vanus. Selle määrab ära ühele või teisele vanuseperioodile omaste karakteristikute kujunemine. Organsüsteemide adaptatsioon välismõjutustele toimub vastavalt bioloogilisele vanusele, seetõttu on bioloogilise vanuse määramine funktsionaalsete võimete hindamisel olulise tähtsusega (Haywood, 1993; Docherty, 1996; Gallahue & Ozmun, 1998). Bioloogilist vanust iseloomustab kehaline areng, kehaliste võimete tase, skeleti luustumise aste, hammaste arenemine ning sekundaarsete sugutunnuste kujunemine (Gallahue & Ozmun, 1998).

Kronoloogiline vanus seletab motoorse sooritusvõime variatiivsust ainult väga väikeses ulatuses. Nõrk, kuid positiivne seos kronoloogilise vanuse ja kehalise sooritusvõime vahel peegeldab nähtavasti varajases küpsuses neuromotoorse kontrolli arengut, mis kaasneb vanusega (Rowland, 1990).

Organismi arengut saab oluliselt stimuleerida kehalise aktiivsusega eelkooli- ja koolieas. Seejuures ei ole tulemuseks küll kehamõõtmete kiirem suurenemine, kuid ilmne on, et tänu kehalisele aktiivsusele kulgeb täiuslikumalt igale vanuseperioodile

omaste kohanemismehhanismide väljakujunemine (Raudsepp & Viru, 1996; Malina jt., 2004).

1.2. Suguline küpsemine e. puberteet

Organismi ehituse ja funktsioonide arengu ealisi iseärasusi arvestades jaotatakse lapse kooliiga alljärgnevalt (Branta jt., 1984; Beunen & Malina, 1988):

- 1) prepuberteet e. noorem kooliiga (7-11 a.);
- 2) puberteet e. keskmine kooliiga, mis jaguneb esimeseks e. varajaseks puberteediperioodiks (11-14 a.) ja teiseks e. hiliseks puberteediperioodiks (14-16 a.);
- 3) postpuberteet e. vanem kooliiga (16-18 a.).

Prepuberteedi perioodil kasvab laps pikkusesse aeglasemalt kui eelnenud aastatel. Lihaskasv ja liikumiselundite areng loovad eelduse kestvamaks pingutuseks ning vabastavad organismi mittevajalikest liigutustest, kuid liigutuste teatav plastilisus jääb püsima. Lihased on suhteliselt vähearenenud. Lihaskasv suureneb neuraalse kontrolli paranemise arvel. Kiirus ja kiirusjõud suurenevad 6.-12. eluaastani (Lausvee, 1990; Docherty, 1996; Maiste jt., 1999).

Puberteedi e. sugulise küpsemise algust mõjutavad järgmised faktorid: sugu, toitumine, psüühiline stress, võistlussport, suur kehaline koormus, sotsiaalne loolu jne. Enneaegse ja ebatüüpilise puberteedi põhjused vajavad alati selgitamist. Oluline on diagnoosida nii puberteedi hilinemine kui ka enneaegne puberteet (Branta jt., 1984; Malina & Bouchard, 1991; Malina jt., 2004).

Puberteet algab tütarlastel paar aastat varem kui poeglastel ning lõpeb ka varem. Suguhormoonide produktsioon saavutab maksimumi tütarlastel 11.-14. eluaasta vahel, poeglastel 15.-17. eluaasta vahel. Suguhormoonide produktsiooni intensiivistumisele puberteedi algul kaasneb vere somatotropiinisalduse ulatuslik tõus. See põhjustab hüppelist keha pikkuse suurenemist varajasel puberteediperioodil, mis võib olla nii harmooniline kui ka disharmooniline. Hormonaalsete ümberkõlastuste tõttu toimub suguline küpsemine, samuti tekivad kehaproportsioonide ja psüühika muutused. Väljendunud liigutuskoodinatsiooni häired võivad mõjustada üldist kehalist töövõimet. Südame-veresoonkonna ebaühtlane areng ning siseelundite regulatsiooni ebastabiilsus põhjustavad selles eas südamepekslemist, vererõhu kõrgenemist ja kiiret

väsimist kehalisel tööl (Lausvee, 1990; Numminen & Välimäki, 1998; Maiste jt., 1999).

Hilisel puberteedi perioodil harmoniseerub paralleelselt androgeenide produktsiooni tõusuga organismis kehaehitus, hakkab suurenema lihassmass, paraneb liigustuste koordineerimine ja suureneb lihasjõud. Lihaste arenguga ei arene paralleelselt liigesed ja liigessidemed. Nad jäävad arengus maha ja on üsna nõrgad ning seetõttu kergesti kahjustatavad. Samuti tasakaalustub sisesekretsiooninäärmete tegevus ja suguline küpsemine jõuab lõpule. Pikkuse ja kehamassi juurdekasv aeglustuvad. Kehavormid muutuvad ümaramaks ja liigutused sujuvamaks. Tasakaalustub ka elundsüsteemide koostöö, südame- ja veresoonkonna areng jõuab järele keha kasvule pikkusesse ja seetõttu suureneb ka nende töövõime. Sugunäärmete funktsioon ja sekundaarsed sugutunnused on välja kujunenud. Rohkem tasakaalustub ka närvitalitus, kuna tugevnevad pidurdusprotsessid ajukoos (Lausvee, 1990; Numminen & Välimäki, 1998; Maiste jt., 1999).

1.3. Laste motoorse arengu üldiseloostus

Motoorika areng on kasvamise, küpsemise, bioloogilise ja käitumusliku arengu tulemusel toimuv progress motoorses tegevuses (Docherty, 1996). Motoorne areng on väga individuaalne ning ei sõltu ainult inimese vanusest (Gallahue & Ozmun, 1998). Faktorid, mis mõjutavad motoorika arengut, omavad lapse arengu erinevatel perioodidel teatud spetsiifikat (Malina, 1984; Cratty, 1986). Motoorika arengut mõjutavad faktorid jagunevad geneetilisteks ja keskkonnafaktoriteks. Geneetilised faktorid on seotud organismi struktuuride bioloogilise arenemise ja küpsemisega. Keskkonnafaktoriteks aga on lapse õpetamine, sotsiaalkultuurilised tegurid, perekonna sotsiaalmajanduslik olukord, eakaaslaste mõju, tingimused kehaliselt aktiivseks tegevuseks (Malina, 1984; Parizkova, 1984; Nelson jt., 1986; Malina jt., 2004). Lapse motoorika arengu varasematel etappidel avaldavad suuremat mõju geneetilised faktorid. Mitmete motoorsete oskuste arengus omab keskmisest tähtsamat osa pärilikkus. Hilisematel arenguetappidel suureneb aga keskkonnafaktorite mõju (Cratty, 1986). Keskkonna mõjude hulgas on eriti olulisel kohal kehaline aktiivsus. Eelkooli- ja koolieas soodustab sihipärane kehaline aktiivsus igale vanuseperioodile

omaste kohanemismehhanismide täiuslikuma väljakujunemise. Liigutuslikud kogemused lapseas mõjutavad hilisemat motoorset arengut ning liigutusvilumusi kergemalt, kuna neil on välja kujunenud võimete ja koordinatsioonide alus (Raudsepp & Viru, 1996).

Inimese motoorsete võimete arenemisel on teatud bioloogiline rütm, mis määratakse kindlaks individuaalsete iseärasustega. Muutused ühe motoorse võime arengus võivad luua soodsad eeltingimused teiste motoorsete võime arenemiseks. Kuigi individuaalsed erinevused motoorika arengus on väga suured, on üldised arengu mudelid kõikidel lastel sarnased (Robertson, 1984).

Motoorne õppimine on keskkonna ja iseenda tegevuse vaheliste sisemiste mudelite kujundamine kehaliste harjutuste abil. Selle käigus sulavad teadmised, oskused ja seisukohad tihedalt kokku. Sisemiste mudelitega juhitakse kognitiivseid, sotsiaalseid ja füüsilisi toiminguid (Numminen & Välimäki, 1998). Igasugune liigutus esitab inimese motoorsele süsteemile väljakutse, mis on seotud energiatarbimise ja jõuproduktiooniga. Samal ajal on oluline ületada inertsit ja säilitada liigutuste täpsus ja sujuvus (Connely & Forsberg, 1997).

Motoorika ja selle juhtimise ning koordinatsiooni protsessid on aluseks liikumisele, mis on organismide põhiliseks aktiivsuse vormiks väliskeskkonnaga suhtlemisel. Motoorse tegevuse põhifunktsioonide alusel eristatakse tugi- ja sihtmotoorikat. Neist esimene tagab vajaliku kehahoiu Maa raskusjõu väljas, teine avaldub kindla suunitlusega tahtelises liigutustegevuses (Haywood, 1993).

Eelkoolieale on iseloomulik lapse kiire kasvamine ja areng, kuigi võrreldes imikueaga on kasvutempo mõnevõrra aeglustunud (Harris, 1986; Santrock, 1992; Whipple, 1996; Gallahue & Ozmun, 1998). Sel perioodil kasvab laps aastas keskmiselt 5-6 cm, kusjuures keha pikkuse juurdekasv toimub ebahüppeliselt (Gallahue & Ozmun, 1998; Lefevre jt., 1998; Kallas jt., 1999). Kehamassi juurdekasv saavutab stabiilse nivoo juba 2. eluaastal ning püsib seal kuni 8. eluaastani (Gallahue & Ozmun, 1998; Kallas jt., 1999). Ka lihastes toimuvad eelkoolieas morfoloogilised muutused suhteliselt aeglaselt. Alles 6. eluaastal tekivad lihaste struktuuris mitmed kvalitatiivsed muutused, mis viitavad teatavale funktsionaalsele küpsusele. Selles vanuses hakkavad lihaskiud paksenema. Lihaskonna tugevnemine, eriti väiksemate lihaste areng, loovad eeldused täpsemate ning omavahel koordineeritud liigutuste sooritamiseks. Siiski võrreldes täiskasvanu lihastega on lapse lihased valguvaesemad, veerikkamad ja seetõttu väiksema kontraktsioonivõimega (Beunen & Martine, 2000).

Nooremas koolieas e. keskmises lapseas mõjutavad mootorset arengut ka mitmed arengulised muutused, mis on seotud erinevate organsüsteemide bioloogilise arengu ja küpsemisega (Malina & Bouchard, 1991). Sellele arenguetapile (7.-11. eluaastani) on iseloomulikud suhteliselt ühtlased muutused nii kehaliste võimete arengus kui ka keha ja selle osade kasvus. See loob suhteliselt soodsad tingimused ka liigutusvilumuste formeerumiseks ja liigutuskoodinatsiooni arenguks. Nii mõjutavad mitmed neurofüsioloogilised muutused kesknärvisüsteemi arengus otseselt liigutuskoodinatsiooni ning liigutusvilumuste omandamist lastel. Cratty (1986) poolt lastega teostatud neurofüsioloogiline uuring näitas, et mitmed ajukoore talitlust ning põhiliselt motoorse korteksi talitlust mõjutavad struktuurid on 6.-7. eluaastaks saavutanud küllaltki kõrge arengutaseme, mis on aluseks liigutuskoodinatsiooni täiustumisele ning liigutusvilumuste omandamisele.

Täiuslikkuse saavutanud liigutuskoodinatsioonil on tähtis osa ka kiiruse ja kiirusjõu arenemises lastel. Koodinatsiooni all mõistetakse keha tasakaalu, liigutuste ajastamise ja lihaste mootorika regulatsiooni. Lihaskiudude ristlõikepindala oluline suurenemine, mis on otseselt seotud lihasjõu kasvuga, toimub nii poistel kui ka tüdrukutel puberteediperioodil (Raudsepp & Viru, 1996; Numminen & Välimäki, 1998). Lihasesisese koodinatsiooni täiustumine jätkub ka pärast suguküpsuse saavutamist. Sellele lisandub lihastevaheliste koodinatsioonimehhanismide arenemine (Beunen & Martine, 2000; Malina jt., 2004).

Põhiliigutusvilumused (jooks, hüpped, vise, püüdmine jne.) on 6.-7. eluaastaks formeerunud juba küllaltki hästi. Siiski näitavad varasemad uuringud, et keskmises lapseas jätkub nende liigutusvilumuste kvantitatiivne ja kvalitatiivne areng (Halverson jt., 1982; Clark jt., 1989). On täheldatud, et kiirus- ja jõualastes testides on väikese kehapiikkusega lastel madalamad tulemused kui pikemat kasvu lastel (Simons jt., 1978; Docherty & Gaul, 1991).

Mitmed allikad väidavad, et 8-9-a. lastel kaasnevad tingitud mootorsete reflekside korral põhilisele vastusliigutusele üleliigsed kõrvalliigutused ja mittevajalik lihaspinge. Kuid 10-12-a. lastel seda enam ei täheldata, mis räägib erutusprotsessi heast kontsentreeritusest. Mootorsete oskuste omandamiseks on parim aeg kümme esimest eluaastat, mil toimub närvisüsteemi põhiline areng (Cratty, 1986).

Liigutusanalüsaatori ja kõrgema närvitalitluse arengut kajastab võime üha täpsemalt diferentseerida lihaspinget. Alates 10.-12. eluaastast osutub võimalikuks hästi välja kujundada tingitud reflekse vastuseks kompleksele ärritusele.

Reaktsioonikiirus areneb üheaegselt närvisüsteemi ja aistingute integratsiooni arenemisega (Numminen & Välimäki, 1998).

Sugulise küpsemise perioodil muutub KNS-i seisund ja liigutuste koordineerimine. Tekib kooskõlastamatus liigutustes, mis ühelt poolt on tingitud muutustest närvisüsteemi seisundis, kuid teiselt poolt mängib suurt rolli puberteedile kaasnev hüppeline keha ja jäsemete pikkuse kasv. Puberteediga kaasnev KNS-i erutuvuse ja reaktiivsuse järsk suurenemine võib olla seoses kilpnäärme intensiivsema talitlusega. Pärast selle perioodi lõppemist taastub harmoonia liigutustes ja nende koordineerimises ning algab isikupäraste liigutusvormide väljakujunemine. Liigutused sooritatakse ilma liigse energiakuluta (Gallahue & Ozmun, 1998).

Puberteedi hindamiseks kasutatakse Tanneri (1962) poolt välja töötatud puberteedi arengustaadiumite skaalat, mille järgi on 1. staadium prepuberteet, 2.-5. staadium puberteedi arengustaadiumid.

Tütarlastel hinnatakse Tanneri skaala järgi rinnanäärmete arengut ja pubitaalkarvastiku karvu. Neil algab puberteet vanusevahemikus 10-13 aastat. Puberteedi esmaseks ilminguks on tütarlastel rinnanäärmete kasvu algus. Mõnedel juhtudel võib pubitaalkarvastiku kasv eelneeda rinnanäärmete arengule (Malina & Bouchard, 1991). Rindade arenemine võib alata vanusevahemikus 8-13 a. ning kesta kuni 19. eluaastani (Marshall & Tanner, 1969). Kasvuspurt on tütarlastel puberteedi alguses (12 a.) ja langeb ajaliselt kokku rinnanäärmete kasvu algusega. Esimene menstruatsioon hakkab tavaliselt puberteedi küpsusastmel, mil nii rinnanäärmed kui ka pubitaalkarvastik on jõudnud 3. või 4. puberteedi arengustaadiumisse. Enamus tütarlapsi kasvab veel 4-6 cm pärast *menarche* toimumist (Marshall & Tanner, 1969; Malina, 1984; Malina jt., 2004).

Motoorse arengu muutuste kõrgeim tase langeb vanusevahemikku 12-14 aastat. Samuti kinnitas tütarlaste uuring liigutusvilumuste arengust, et intensiivseim periood on just 8.-14. eluaastal. Kiirust ja täpsust ning jalgade osavust iseloomustavad testid näitasid, et võimete kõrgeim tase on 11.-12. eluaastal. Samas käte osavus oli parim 13-14-a. tüdrukutel. Motoorsed võimed arenevad prepuberteedi perioodil eelkõige tänu lihase ristlõikepindala suurenemisele. Postpuberteedi perioodil aga on võimalused motoorsete võimete edasiseks arenguks seotud muutustega lihaskoes, eeskätt testosteroonist sõltuva lihashüpertroofia arvel. Seetõttu on ka 16-17-a. poistel lihasjõu näitajad tüdrukutega võrreldes suuremad (Viru jt., 1996).

Muutused motoorse tegevuse koordineerimises on seotud lihasjõu kasvuga. Paljud uuringud näitavad, et prepuberteedieas lastel ja täiskasvanutel on sarnane suhtelise jõu juurdekasv, kuid absoluutse jõu juurdekasv on lastel väiksem (Blimkie, 1992).

Põhiliigutusvilumuste väljakujunemine ontogeneesis on lapse kogu motoorse arengu suhtes väga oluliseks etapiks. See võimaldab laiemalt hinnata lapse mootorika arengu iseloomu (Malina, 1986a). Sellel ajal tekkinud koordineerimise vormid ja närvisüsteemid on püsivad, säilides kogu hilisema elu jooksul. Liigutusvilumuste omandamine on seotud informatsiooni omandamise, ümbertöötlemise ja säilitamisega kesknärvisüsteemi erinevate keskuste poolt. See on järk-järguline protsess, mida iseloomustavad mitmed kvantitatiivsed ja kvalitatiivsed muutused ning laiaulatuslik individuaalne varieeruvus (Raudsepp & Viru, 1996). On kindlaks tehtud, et täiskasvanutele omased liigutusmustrid kinnistuvad juba lapse jooksul (Oja & Jürimäe, 1998).

Eeldused põhiliigutusvilumuste omandamiseks ja täiustamiseks tekivad eelkõige lapse lokomotoorsete võimete väljakujunemise baasil (Raudsepp & Viru, 1996). Põhiliigutusvilumuste üldine struktuur kujuneb välja 5.-7. eluaastaks, kuigi liigutustegevuste biomehaaniline struktuur täiustub kogu kooliea jooksul (Wickström, 1983; Malina, 1986a).

Lisaks liigutusvilumuste arengustaadiumide kirjeldamisele on hakatud suuremat tähelepanu pöörama ka nende bioloogiliste ja keskkonnapoolsete tegurite analüüsile, mis mõjutavad liigutusvilumuste formeerumist lastel (Malina & Bouchard, 1991). Käsitlemist on leidnud nii kehalise aktiivsuse kui ka sotsiaalsete ja psühholoogiliste tegurite koostõu hindamine lapse motoorsele arengule (Haywood, 1993). Näiteks mängimine ja harjutamine mõjutavad olulisel määral lokomotoorsete ja manipulatiivsete võimete ning keha tasakaalu arengut (Gallahue & Ozmun, 1998). Cratty (1986) väidab, et keha tasakaal kujuneb märkimisväärselt välja just 3.-5. eluaastaks ning soodustab teiste kehaliste võimete arengut.

Kui elutegevus ei nõua esimestel eluaastatel mitmesuguste liigutusvormide väljaarendamist, siis kinnistub piiratud hulk liigutuskordineerimise vorme ja hiljem hakkavad need takistama uute koordineerimise vormide kujunemist ning kasvab kehaliselt kohmakas individ. Liigutuste automatiseerumine puberteediea alguseks on oluline, et mitte takistada liigutustegevust kehaehitusliku disharmonia, kõrgema

närvisüsteemi labiilsuse ja hormonaalsete muutuste tingimustes (Gallahue & Ozmun, 1998).

Järgnevalt on lühidalt kirjeldatud selliste mootorsete võimete nagu hüppevõime, keha tasakaalu ja lihasjõu arengut lapseas.

1.3.1. Hüppevõime areng lapseas

Hüppamise erinevate vormide avaldumine lapsel nõuab lisaks elementaarsete liigutusreflekside ilmnemisele ka keerulisemaid koordinatsioonilisi seoseid sihtmotoorses talitluses. Samuti on hüppamine seotud tugi-liikumisaparaadi küllaldase arengutaseme saavutamise, kuna keha raskuskeskme horisontaalsuunaline ümberpaiknemine nõuab alajäsemete tegevuse koordineeritust ja lihasjõudu enam kui kõnd või jooks. Tavaliselt tekivad lapsel hüppamise lihtsamad vormid enne 2-aastaseks saamist. Kahe jala äratõukega sooritatavad horisontaalsed ja vertikaalsed hüppevormid ilmnevad stabiilsemalt 3.-4. eluaasta vahel. Siiski on esmased hüppevormid koordinatsiooniliselt ebatäiuslikud, meenutades rohkem astumisliigutusi. Hüppamine nõuab keerulisi koordinatsioonilisi seoseid sihtmotoorses tegevuses ning on seotud närvi-lihassüsteemi küllaldase arengutaseme saavutamise. Keerukamate hüppevormide väljakujunemine ja täiustumine toimub kogu lapsea jooksul (Haywood, 1993; Raudsepp & Viru, 1996; Raudsepp, 1996).

Hüppeharjutuse ebaküpsuse tunnusteks lastel on eelkõige ebasümmeetriline bilateraalne s.o. kahe jala äratõuge maast ning mittetäielik sirutus hüppe-, põlve- ja puusaliigeses pärast äratõuget (Haywood, 1993). Raudsepp (1996) väidab, et jalgade liigutused hüpete sooritamisel on stereotüüpse iseloomuga ja omavad fülogeneetilisi algeid. Clark jt. (1989) poolt teostatud uuringust, mis käsitles liigutuste koordinatsiooni väljakujunemist paigalt kaugus- ja üleshüppel eelkooliealistel lastel selgus, et olulised erinevused 3-a. ja vanemate laste gruppide vahel ilmsid liigesenurkade muutuste kiirustes ja tõukejala liigete liikumise ruumilistes karakteristikutes. Ka Phillips jt. (1985) käsitlesid oma uuringus paigalt kaugushüppe karakteristikuid 3-7-a. lastel. Uuringu tulemused näitasid, et 3.-7. eluaasta vahel toimuvad mitmed olulised muutused liigutuste koordinatsioonis selle hüppevormi korral. Lisaks tulemuse suurenemisele paigalt kaugushüppes, vähenes vanusega

äratõuke nurk ja suurenes käte hooliigutuste kasutamise efektiivsus hüppel. Kuuendaks-seitsmendaks eluaastaks omandavad lapsed tavaliselt kõik erinevad hüppevormid (Raudsepp & Viru, 1996).

1.3.2. Keha tasakaalu areng lapseas

Keha tasakaal on võime säilitada ja kontrollida keha raskuskeset tugipinna suhtes, vältimaks kukkumist ja saavutamaks vajalikke lähteasendeid liigutuste sooritamiseks (Winter, 1995; Westcott jt., 1997). Ka liikumisel etendab keha tasakaal väga tähtsat osa. Keha tasakaal on aluseks kõikidele kehalistele võimetele. Seetõttu toimubki keha tasakaalu areng just nooremas lapseas (Violan jt., 1997; Westcott jt., 1997; Numminen & Välimäki, 1998; Gallahue & Ozmun, 1998). Keha tasakaal on kompleksne nähtus, milles osalevad kolm süsteemi (Winter, 1995; Westcott jt., 1997):

- 1) sensoorne süsteem, mille kaudu saadakse visuaalse-, vestibulaarse-, taktilise- ja proprioretseptiivse iseloomuga tagasisidestuvat informatsiooni;
- 2) motoorne süsteem, mille abil sooritatakse tasakaalu hoidmiseks vajalikke liigutusi, samuti reguleeritakse lihastoonust;
- 3) biomehaaniline süsteem, mis määrab luude, liigeste ja lihaste eripära.

Kõikidest sensoorsetest süsteemidest saabuavad signaalid peavad jõudma kesknärvisüsteemi. Väikeaju, mis on üks motoorse kontrolli keskusi ajus, programmeerib vajaliku liigutuse nii, et inimesel oleks võimalik säilitada keha raskuskeskme stabiilsust (Westcott., 1997).

Posturaalsete reaktsioonide koordinatsioonis on murranguline periood 4.-6. eluaastal, kusjuures täiskasvanutele omane küpsus saavutatakse siin 7.-10. eluaastaks. See üleminek väljendub eelkõige vähem koordineeritud motoorsetes tegevustes. Oletatakse, et need ilmingud tulenevad kasvuspurdist, mis põhjustab muutusi laste liigutustegevuse biomehaanilistes karakteristikutes (Westcott jt., 1997). Puberteedieas põhjustab kehaehituse ebaproportsionaalsus keha raskuskeskme nihkumise, seetõttu muutub nii staatiline kui ka dünaamiline tasakaal. Samaaegselt pikkuse kasvuga ei arene piisavalt lihaskond. Luustiku pikkuse ja lihaskonna disproportsioon on tasakaalu ning liigutuskoordinatsiooni häirete tekke põhjuseks (Lausvee, 1990).

1.3.3. Lihasjõu areng lapseas

Motoorsete võimete arengus on üheks tähtsamaks faktoriks oskus rakendada õigeaegselt vajalikku lihasjõudu. Lapseas sõltub lihasjõu areng kasvuga seotud bioloogiliste ja morfoloogiliste faktorite koosmõjust. Mitmed autorid on leidnud, et kehamassil ja kehapikkusel on positiivne seos lihasjõu näitajatega, sest pikemad luukangide süsteemid annavad eelise suurema jõu rakendamiseks (Belanger & McComas, 1989; Henderson jt., 1993; Docherty, 1996; Beunen & Martine, 2000). Jõunäitajate suurenemine on seotud nii lihaste ristlääbilõikepindala suurenemisega kui ka biomehaaniliste muutuste ja neuraalse kontrolli paranemisega seoses ea ja kogemustega (Viru jt., 1996; Beunen & Martine, 2000). Skeletilihaskiudude hüpertrofeerumine toimub lastel lineaarselt sünnist kuni noorukieani (Malina, 1986b; Beunen & Martine, 2000).

Lihasmassi suurenemine kuni 5. eluaastani on tagasihoidlik. Neuraalse kontrolli paranemine mootorsete ühikute rekruteerimisel ning antagonistlihaste töös põhjustavad liigutuste kiiruse ja lihasvastupidavuse suurenemise 3-6-a. lastel (Viru jt., 1996). Lihaste jõu arengus ilmnevad individiti suured eripärad. Suhteline jõud, s.o. jõu ja kehamassi suhe suureneb intensiivselt 6.-7. eluaastal, kui algab lihaskiudude paksenemine ning seega muutub lihasmassi ja keha teiste koostisosade vahekord (Cratty, 1986; Haywood, 1993).

De Ste Croix jt. (1999) poolt teostatud uuringud näitasid märgatavat suuremat suhtelist lihasjõudu 13-14-a. lastel võrreldes 8-a. lastega. Koos lihasmassiga kasvab ka lihasjõud ja seda eriti keskmises koolieas. Noormeestel jätkub lihasjõu hoogne suurenemine ka pärast sugulist küpsemist ning maksimaalsele tasemele jõutakse alles kolmandal aastakümnel. Tütarlastel seevastu täheldatakse lihasjõu maksimumi saabumist sugulise küpsemise ajal (Gallahue & Ozmun, 1998).

Jõu rakendamine oleneb mootorsete närvikiudude müelinisatsiooni astmest ning närvisüsteemi küpsusest (Haywood, 1993; Viru jt., 1996; De Ste Croix jt., 1999). Kuna paljude mootorsete närvikiudude müeliniseerumine pole enne puberteedia saabumist veel lõppenud, siis on ka lihaste neuraalne kontroll piiratud (Viru jt., 1996; Malina jt., 2004). Prepuberteedialeaste võime rekruteerida mootorseid ühikuid tahtelisel maksimaalsel pingutusel on suhteliselt väike ja see tingib osaliselt nende jõukarakteristikute madala taseme (Viru jt., 1996; De Ste Croix jt., 1999).

Puberteedieas toimuvad skeletilihastes olulised morfo-funktsionaalsed muutused, mis eelkõige väljenduvad lihasjõu ja lihaste massi kasvus ning nende läbimõõdu suurenemises (Malina, 1986b; Blimkie, 1989; 1992; Beunen & Martine, 2000).

Lihaskõhjad arenevad lihaste massi suurenemise ja lihaste närviregulatsiooni täiustumise tõttu peamiselt keskmises ja vanemas koolieas. Jõu arengus ilmnevad indiviiditi suured erinevused ning ka erinevate lihasrühmade jõud võivad areneda erinevas tempos. Murdeeas võib jäsemete kiire kasv ja suurenenud lihasmass põhjustada ajutist kohmakust liigutuste sooritamisel, mis kaob uue liikumismudeli juurdumisel (Malina, 1986b; Lausvee, 1991).

Pre- ja postpuberteedieas poistega on läbi viidud võrdlevaid uuringuid, mis näitavad märkimisväärselt suuremaid reie-nelipealihase isomeetrilise ja isokineetilise jõu näitajaid, registreerituna nii väikesel, keskmisel kui ka suurel nurkkiirusel postpuberteedieas poistel võrreldes prepuberteediealistega. Sel perioodil on poistel tunduvalt kõrgem ka tahtelise isomeetrilise jõu arengu tase ning paremad lihaste kontraktsioonikiiruse näitajad (Pääsuke jt., 2001a).

Pre- ja postpuberteediealiste poiste ja tüdrukute võrdlev uuring isokineetilise ekstsentrilise ja kontsentrilise lihasjõu osas näitas, et poistel oli jõu juurdekasv puberteediperioodil suurem (Seeger & Thorstensson, 1999).

1.4. Motoorse arengu soolised iseärasused

Soolised erinevused motoorses arengus ilmnevad lapse kogu arenemisprotsessi vältel (Raudsepp & Pääsuke, 1995). Soolisi erinevusi mootorika arengus põhjendatakse nii bioloogiliste kui ka keskkonnapoolsete mõjutustega (Raudsepp & Viru, 1996). Thomase jt. (1991) poolt teostatud uuringu tulemused näitavad, et soolised erinevused kehaliste võimete arengus on enne murdeiga peamiselt põhjustatud keskkonnateguritest. Bioloogilised mõjutused seevastu on seotud eelkõige sooliste erinevustega keha mõõtmetes ja koostises. Eriti määravaks on siin poeglaste suuremad liigeste läbimõõdud, tavaliselt suurem keha mass ja pikkus ning suurem lihaskoe hulk. Kuid bioloogiliste erinevustega saab seletada vaid ligikaudu 30% soolistest erinevustest (Rowland, 1990; Raudsepp & Pääsuke, 1995; Raudsepp & Viru, 1996; Oja & Jürimäe, 1998). Peale murdeiga on aga motoorset võimekust

mõjutavateks teguriteks nii bioloogilised kui ka keskkonnapooled tegurid (Thomas jt., 1991).

Individuaalsed ja soolised erinevused mootorsetes võimetes ilmnevad juba 3-aastastel lastel (Oja & Jürimäe, 1998). Osa autoreid on näidanud, et kogu kooliea vältel on poiste tulemused paljudes motoorse võimekuse testides tüdrukutega võrreldes pisut paremad, kuigi erinevused pole märkimisväärselt suured (Morris jt., 1982; Nelson jt., 1986; Raudsepp & Pääsuke, 1995; Lefevre jt., 1998).

On näidatud, et tüdrukud ületavad poisse peenmootorsetes tegevustes, poisid aga saavutavad paremaid tulemusi jämemootorsetes toimingutes (Silva jt., 1984; Burton & Miller, 1998). Erinevused ilmnevad juba eelkooli- või varases koolieas ning suurenevad iga aastaga. Liigutuste kiiruses, mis iseloomustab laste närvi- ja lihaskoe arengut, ületavad poisid oluliselt tüdrukuid (Malina jt., 2004). Samas väidetakse ka, et närvi- ja lihaskoe areng on poistel kui ka tüdrukutel enam-vähem ühtemoodi, olles intensiivsem vanuses 8-12 ja 15-17 aastat. Ka liigutusanalüsaatori funktsioon areneb poistel ja tüdrukutel võrdselt (Loko, 2002).

Mõned autorid on täheldanud juba koolieelses eas poiste ülekaalu lihasjõu näitajate osas. Nende uuringute andmetel ületavad poisid tütarlaste tulemusi nii isomeetrilise maksimaaljõu kui ka plahvatusliku jõu näitajate poolest (Rowland, 1990; Raudsepp & Pääsuke, 1995; Lefevre jt., 1998; Numminen & Välimäki, 1998). Näiteks käelihaste isomeetriline maksimaaljõud on poistel oluliselt suurem kui tüdrukutel (Blimkie, 1989). De Ste Croix jt. (1999) väidavad aga, et enne murdeiga erinevused lihasjõu näitajates poistel ja tüdrukutel puuduvad.

Kuni 6. eluaastani moodustub poistel ja tütarlastel androgeene võrdsetes kogustes neeru- ja hüpofüüsi talitluse arvel. Seejärel lisandub poistel järjest suuremates kogustes testosterooni ja 12. eluaastal on poistel androgeenide produktsioonis 1,5-2-kordne ülekaal. Pärast sugulise küpsemise lõppemist kasvab see ülekaal mõningatel juhtudel kuni 15-kordseks. Poistel on suurema testosterooni taseme tõttu ka kõrgem hemoglobiini kontsentratsioon veres ning suuremad lihasjõu näitajad (Gallahue & Ozmun, 1998).

Ka paigalt üleshüppe võime osas on täheldatud poistel paremaid tulemusi kui tüdrukutel (Oja & Jürimäe, 1998). Tüdrukutel seevastu on täheldatud alates 6. eluaastast paremaid tulemusi keha tasakaalu ja painduvus testides (Morris jt., 1982; Raudsepp & Pääsuke, 1995; Lefevre jt., 1998; Numminen & Välimäki, 1998; Oja & Jürimäe, 1998). Cratty (1986) väidab, et soolised erinevused keha staatilises

tasakaalus ilmnevad juba 5. eluaastal. Neid tulemusi kinnitavad ka Malina & Bouchard (1991) mainides, et tasakaal on üks väheseid kehalise võimekuse näitajaid, mille osas tüdrukud ületavad poisse koolieelses ja nooremas koolieas.

Jooksu ontogeneetilisel väljakujunemisel olulisi soolisi erinevusi ei esine või on need seotud eelkõige antropomeetriliste tunnuste ja kehaliste võimete erinevustega poistel ja tüdrukutel (Raudsepp & Viru, 1996; Lefevre jt., 1998). Wickström (1983) seevastu väidab, et poisid ületavad samaealisi tüdrukuid jooksukiiruses. Seejuures ilmneb oluline erinevus alates 8.-9. eluaastast.

Samuti väidavad mõned autorid, et soolised erinevused puberteediperioodil on kõige silmapaistvamad kaugushüppes, jooksukiiruses ja palliviskes. Tütarlastel on sel ajal täheldatud liigutuskoodinatsiooni halvenemist, jooksukiiruse ja hüppevõime arengu seiskumist. Põhjendatud on seda kasvuspurdiga, mille tulemusena häirub liigutuskoodinatsioon. Puberteedijärgsel perioodil aga erinesid tüdrukute tulemused poistest vähem (Morris jt., 1982; Malina, 1984; Raudsepp & Viru, 1996; Davies & Rose, 2000).

Selgitamaks 10-17-a. tütarlaste motoorseid võimeid, testiti nii nende jooksukiirust kui ka hüppe- ja viskevõimet ning lisaks seljalihaste jõudu ja ettepainduvuse ulatust. Selgus, et suurimad muutused erinevates mootorsetes võimetes ilmsid vanusevahemikes 10-11, 11-12 ja 12-13 eluaastat, kuid 14-a. tulemused ei erinenud enam oluliselt 13-a. tütarlaste tulemustest. Vanuses 14-16-a. ilmsid aga erinevused taas. Märkimisväärsete erinevuste puudumine 16-a. ja 17-a. vanusegruppides viitab antud uuringus testitud võimete lõplikule stabiliseerumisele sel perioodil (Loko jt., 2000).

On leitud, et intensiivne kehaliste võimete areng toimub tütarlastel vanuses 10-13 aastat. Sellele ajale langeb ka kasvuspurt kehapiikkuse ja kehamassi järsu suurenemise näol. Kolmeteist- kuni neljateistaastaselt areng seiskub või taandareneb. Eriti ilmekalt väljendub taandareng sel perioodil alajäsemete plahvatusliku jõu osas. On leitud, et 14-16-a. toimub tütarlastel kõigi kehaliste võimete arengus uus tõus, välja arvatud paigalt kaugushüppes, kus areng stabiliseerub. Seejärel 16-17-a. toimub kõigi võimete arengu seiskumine ja stabiliseerumine. Sel ajal on neil täheldatud taandarengut alajäsemete plahvatusliku jõu näitajates. Poistel seevastu toimub kõigi võimete suhteliselt ühtlane areng kuni 18. eluaastani (Loko jt., 1997). Kiirusjõu osas on aga leitud, et 12-a. tütarlapsed on poeglastest isegi 2% võrra tugevamad, 17-a. edastavad poisid tüdrukuid juba 36% võrra. Vastupidavustestides edastavad 12-a.

poisid tüdrukuid 5% võrra, 17-a. aga juba 26% võrra. Vastavalt eeltoodud näitajatele on ka üldine kehaline töövõime tüdrukutel tunduvalt madalam kui poistel. Samuti toimub tütarlastel kohanemine aeglasemalt ja kehaline töövõime alaneb neil väsimuse tõttu kiiremini kui poeglastel (Loko, 2002).

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva töö eesmärgiks oli võrrelda keha staatilist tasakaalu, lihasjõudu ja hüppevõimet 9-10-a. ja 16-a. tütarlastel.

Töös püstitati järgmised ülesanded:

1. Hinnata keha staatilist tasakaalu avatud ja suletud silmadega seismisel.
2. Hinnata käelihaste isomeetrilist jõudu.
3. Hinnata alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilist jõudu ja lõõgastusvõimet.
4. Hinnata paigalt üleshüppe võimet.
5. Uurida korrelatiivseid seoseid antropomeetriliste parameetrite ning registreeritud motoorse võimekuse näitajate vahel.

3. TÖÖ METOODIKA

3.1. Vaatlusalused

Kokku oli vaatlusalusteks 30 tütarlast vanuses 9-16-a., kes jaotati kahte vanusegruppi: 1) 9-10-a. (n=15) ja 2) 16-a. (n=15). Vaatlusaluste keskmine vanus ja antropomeetrilised näitajad on toodud *tabelis 1*. Kõik 9-10-a. tütarlapsed olid Tartu Kesklinna Kooli õpilased ning 16-a. tütarlapsed Tartu Raatuse Gümnaasiumi ja Mart Reiniku Gümnaasiumi õpilased. Kõik lapsed olid füüsiliselt terved ning osalesid regulaarselt kooli kehalise kasvatus tundides. Nooremas grupis ei tegelenud ükski tütarlaps kooliväliselt kehalise treeninguga. Vanemas grupis käisid kaks tüdrukut tantsutundides, kaks tüdrukut tegelesid aeroobikaga. Lastele ning nende vanematele tutvustati uuringu sisu ja eesmäärke. Nooremate laste vanematelt saadi kirjalik nõusolek laste motoorse võimekuse testimiseks (vt. lisa 1). Kirjalik nõusolek uuringuks saadi ka vanematelt lastelt (vt. lisa 2). Uuring oli kooskõlas Tartu Ülikooli Inimuuringute Eetika Komiteega.

Tabel 1. Vaatlusaluste vanus ja antropomeetrilised näitajad (keskmine±SE).

GRUPID	n	VANUS (aasta)	PIKKUS (cm)	KEHAMASS (kg)	BMI (kg · m ²)
9-10-a.	15	9,6 ± 0,1	140,5 ± 1,9	34,2 ± 1,5	17,2 ± 0,5
16-a.	15	16,2 ± 0,1	166,8 ± 1,6 ***	57,4 ± 1,3 ***	20,6 ± 0,4 ***

BMI – kehamassi indeks

*** p<0,001 võrreldes 9-10-a. tütarlastega.

3.2. Uurimismeetodid

3.2.1. Antropomeetrilised mõõtmised

Kehalise arengu hindamiseks mõõdeti tütarlaste pikkus ja kehamass ning nende põhjal arvutati kehamassi indeks. Pikkuse mõõtmiseks kasutati standardiseeritud Martini metallist antropomeetrit ning kaalumiseks elektroonilist kaalu.

Keha pikkuse mõõtmisel paluti tütarlapsel seista sirge seljaga, kannad koos plastikust alusel ning mõõtja jälgis, et vaatlusaluse silma alalaug ja kõrva välimine kuulmeava oleksid horisontaaltasapinnal. Mõõtja asetask antropomeetri plastikust alusele vertikaalselt nii, et lapse pea, selg tuharad, sääred ning kannad oleksid vastu mõõdupuud ja registreeris pikkusnäidu täpsusega 1 mm. Kehamassi määramisel astusid vaatlusalused kerges rõivastuses (lühikesed püksid, T-särk) elektroonilisele kaalule ning mõõtja registreeris kaalu näidu täpsusega 0,1 kg.

Kehamassi indeks arvutati valemiga: $BMI = \text{kehamass} / \text{pikkus}^2 \text{ (kg}\cdot\text{m}^{-2}\text{)}$.

3.2.2. Keha staatilise tasakaalu määramine

Keha staatilise tasakaalu uurimisel seisis vaatlusalune kahel kõrvuti asetseval tensodünamograafilisel platvormil PD-3 (Venemaa) nii, et parem jalg asetseks ühel ja vasak jalg teisel platvormil (*Joonis 1A*). Ühe platvormi mõõtmed olid 75x75 cm. Vaatlusalune pidi seisma jalad õlgade laiuselt (jalgade vahe oli ca 10 cm) ning käed all võimalikult liikumatult ja sirgelt 30 s jooksul. Vaatlusaluste tähelepanu kontsentreerimiseks paigutati temast 2 m kaugusele silmade kõrgusele seinale värviline pilt.

Dünamograafilised platvormid olid ühendatud tensovõimendite, digitaalanalooomuunduri ja arvutiga. Esmalt registreeriti dünamograafilised parameetrid avatud silmadega seismisel ning seejärel suletud silmadega seismisel. Määrati toereaktsioon z-telje (vertikaaltelje) suunalise kõikumise absoluuthälbe keskvaärtused 30 s jooksul nii paremal kui ka vasakul jalal.

3.2.3. Käelihaste isomeetrilise jõu määramine

Käelihaste isomeetrilise maksimaaljõu määramisel kasutati standardset käe dünamomeetrit *Lafayette Hand Dynamometer* (Lafayette Instrument Inc., USA). Vaatlusalune seisis käed sirgelt all ning pigistas mõlema käega vaheldumisi dünamomeetrit maksimaalse jõuga kolm korda. Iga pingutuse järel fikseeriti näit. Pingutuste vaheliste puhkepauside kestus oli ca 30 s. Käelihaste isomeetrilise maksimaaljõuna läks arvesse parim tulemus.

Parema ja vasaku käe suhteline jõud arvutati valemiga: F_m/BM , kus F_m on tahteline isomeetriline maksimaaljõud (N) ning BM on kehamass (kg).

3.2.4. Alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu ja lõõgastusvõime määramine

Alajäsemete sirutajalihaste tahtelise isomeetrilise jõu ja lõõgastusvõime testimisel istus vaatlusalune spetsiaalselt konstrueeritud dünamomeetrilisel pingil nii, et jalad asetsesid dünamomeetriga ühendatud plaadil (Pääsuke jt., 2001a). Nurk põlveliigeses ja puusaliigeses oli ligikaudu 110° . Kere fikseeriti dünamomeetrilise pingi seljatoe külge kahe rihma abil. Puusade ette liikumise vältimiseks asetati vöökohale rihm (*Joonis 1C*).

Esimese testiga määrati alajäsemete sirutajalihaste tahteline maksimaaljõud. Testi sooritamisel surus vaatlusalune jalgadega dünamomeetriga ühendatud plaadile, pingutades võimalikult tugevalt puusa-, põlve- ja hüppeliigest ühendavaid sirutajalihaseid. Katset sooritati nii mõlema jalaga korraga, s.o. bilateraalse pingutusena kui ka vasaku ja parema jalaga eraldi, s.o. unilateraalse pingutusena. Kõigi variantide puhul sooritati kolm katset, millest arvesse läks parima katse tulemus. Puhkepausid katsete vahel kestsid umbes 1 min. Arvutati bilateraalne indeks (BI) valemiga (Howard & Enoka, 1991):

$$BI = 100 - [F_{BL} / (F_P + F_V)] \cdot 100\%,$$

kus F_{BL} on bilateraalsel pingutusel registreeritud maksimaaljõud, F_P parema jala maksimaaljõud ja F_V vasaku jala maksimaaljõud. Negatiivse BI korral oli tegemist bilateraalse jõudefitsiidiga, positiivse BI korral aga bilateraalse jõufastsillatsiooniga.

Alajäsemete sirutajalihaste suhteline jõud bilateraalsel pingutusel arvutati maksimaaljõu ning kehamassi suhtena (F_{BL}/BM ; N/kg).

Teise testiga määrati alajäsemete sirutajalihaste tahtelise isomeetrilise bilateraalse pingutuse ja lõõgastuse kiiruse näitajad. Vaatlusalune pidi lambi süttimisel mõlema jalaga maksimaalse jõuga suruma dünamomeetrilisele plaadile, hoidma maksimaalset lihaspinget signaali vältel (2 s) ja lambi kustudes maksimaalselt kiiresti lihased lõdvestama.

Määrati järgmised parameetrid:

- ◆ pingutuse latentsiaeg (LAT_c , s) – aeg lambi süttimisest, kuni jõuarenduse alguseni;
- ◆ jõugradient 0,2 s peale pingutuse algust ($G_{0,2}$, N/s);
- ◆ jõugradient 25% maksimaaljõu tasemel (G_{25} , N/s);
- ◆ jõugradient 50% maksimaaljõu tasemel (G_{50} , N/s);
- ◆ lõõgastumise latentsiaeg (LAT_r , s) – aeg lambi kustumisest kuni lihaste jõuarenduse langemiseni lõõgastumisel;
- ◆ poole lõõgastumise aeg (HRT, s) – aeg, mille kestel lihasjõud on lõõgastumise käigus alanenud poole võrra.

Sooritati kolm katset ja arvesse läks suurimate jõugradientidega katse. Puhkepausid katsete vahel kestsid umbes 1 min.

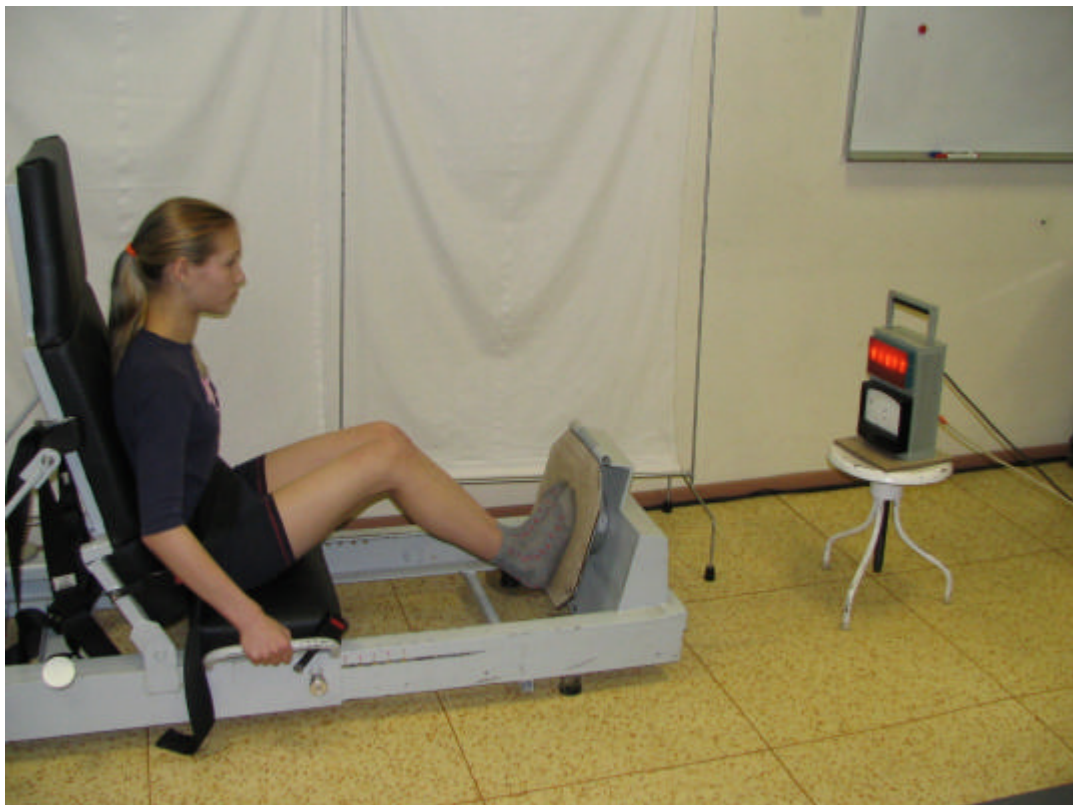
3.2.5. Paigalt üleshüppevõime näitajate määramine

Paigalt üleshüppe parameetrite registreerimiseks kasutati tensodünamograafilist platvormi PD-3 (Venemaa) mõõtmetega 75x75 cm. Vaatlusalused sooritasid dünamograafilisel platvormil püstiasendist eelneva amortiseeriva allaistega maksimaalselt kõrge paigalt üleshüppe. Vaatlusaluse käed asetsesid testi sooritamisel puusal (*Joonis IB*). Registreeriti kolm katset, millest arvesse läks suurima hüppe kõrgusega katse tulemus. Määrati järgmised näitajad (Pääsuke jt., 2001a,b):

- üleshüppe kõrgus valemiga: $H = g t_1^2 / 8$ (m), kus g on raskuskiirendus ($9,81 \text{ m/s}^2$) ning t_1 on õhulennufaasi aeg (s);

- alajäsemete sirutajalihaste poolt äratõukel arendatav võimsus valemiga: $N = P t_1^2 / 8 T (W)$, kus P on keha kaal (N), t_1 õhulennufaasi aeg (s) ja T survejõu rakendumise aeg äratõukel (s).

Saadud näitajate põhjal arvutati paigalt üleshüppe kõrguse ja kehamassi suhe ning paigalt üleshüppe äratõukel arendatud võimsuse ja kehamassi suhe.

A**B****C**

Joonis 1. Vaatlusaluse asend keha staatilise tasakaalu (A) ja paigalt üleshüppe (B) ning alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu ja lõõgastusvõime (C) karakteristikute määramisel.

3.3. Uuringu korraldus

Motoorse võimekuse uuringud viidi läbi 9-10-a. tüdrukutega 2001. a. lõpul ja 2002. a. algul ning 16-a. tüdrukutega 2004. a. lõpul ja 2005. a. algul Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika laboratooriumis. Kõigepealt viidi lastega läbi antropomeetriselised mõõtmised. Seejärel sooritati järjekorras käelihaste tahtelise isomeetriselise maksimaaljõu määramine, keha staatilise tasakaalu test nii avatud kui ka suletud silmadega seismisel, alajäsemete sirutajalihaste tahtelise isomeetriselise jõu ja lõõgastusvõime test ning viimasena paigalt üleshüppe test.

3.4. Andmete statistiline töötlus

Katsete tulemusel saadud andmete analüüsimisel kasutati ühemõõtmelist andmetöötlusprogrammi STATISTICA 4.5. Kõikide saadud parameetrite osas määrati aritmeetiline keskmine ja aritmeetilise keskmise standardviga ($\pm SE$). Seoste leidmiseks antropomeetriseliste ja motoorse võimekuse näitajate vahel kasutati korrelatsioonianalüüsi. Aritmeetiliste keskmiste erinevuse olulisuse hindamiseks kasutati Studenti t-kriteeriumi, seejuures loeti olulisuse nivooks $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1. Keha staatilise tasakaalu näitajad

Toereaktsiooni vertikaalsuunalise kõikumise absoluuthälve avatud silmadega seismisel on toodud *joonisel 2 A* ning suletud silmadega seismisel *joonisel 2B*.

Üheksa kuni 10-a. tüdrukutel oli vasaku jala toereaktsiooni vertikaalsuunalise kõikumise absoluuthälve nii avatud kui ka suletud silmadega seismisel suurem ($p < 0,05$) võrreldes 16-a. tütarlastega. Parema jala puhul olulisi gruppidevahelisi erinevusi selles näitajas ei ilmnenu.

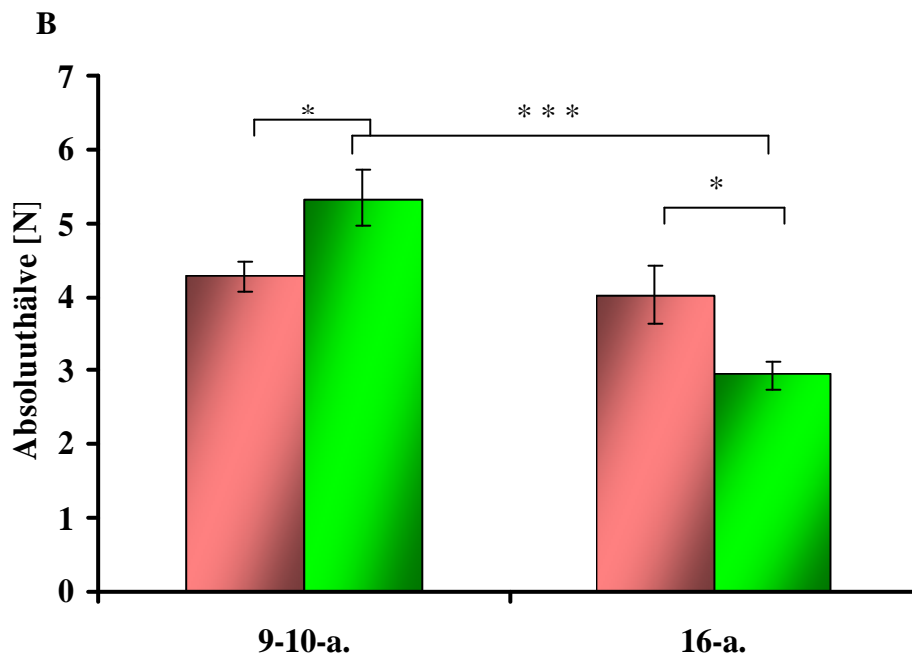
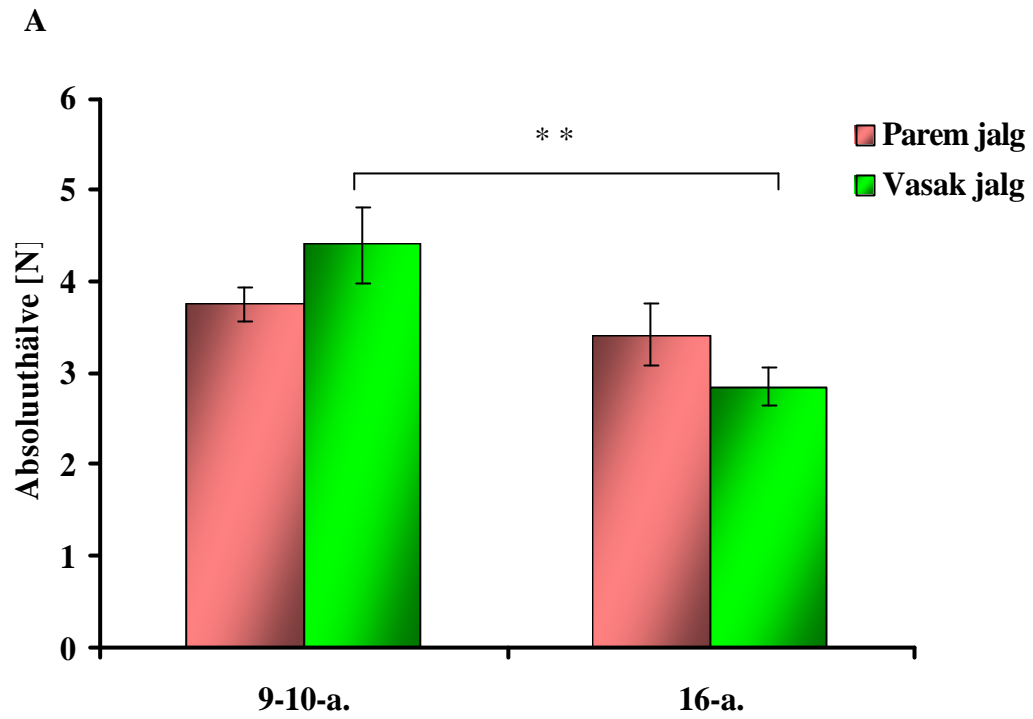
Suletud silmadega seismisel oli 9-10-a. tütarlastel vertikaalsuunaliste kõikumiste absoluuthälve vasakul jalal suurem ($p < 0,05$) kui paremal. Seevastu 16-a. tütarlastel oli suletud silmadega seismisel see näitaja paremal jalal suurem ($p < 0,05$) kui vasakul.

4.2. Käelihaste isomeetriline jõud

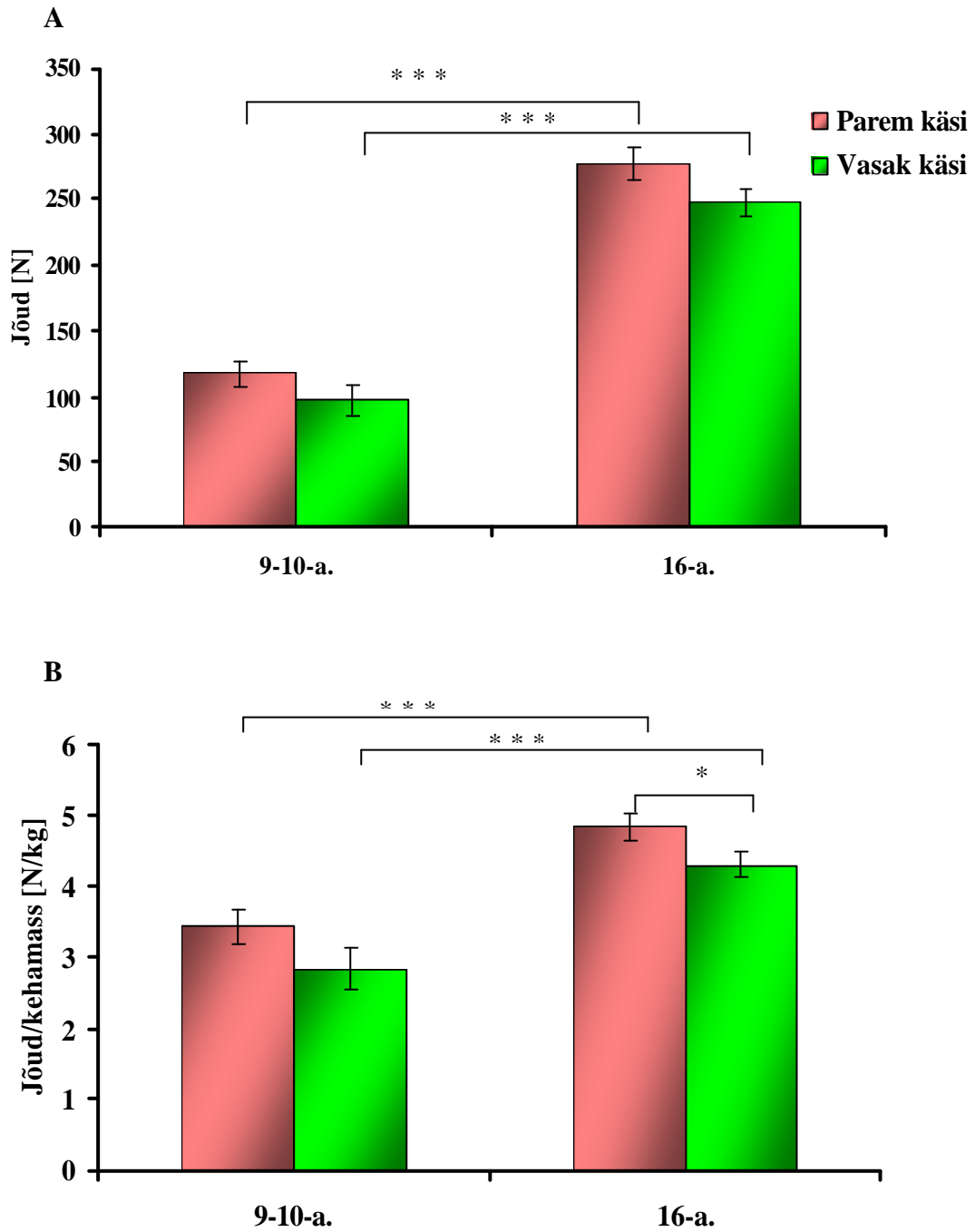
Käelihaste tahteline isomeetriline maksimaaljõud on toodud *joonisel 3A* ja suhteline jõud *joonisel 3B*.

Parema ja vasaku käe tahteline isomeetriline maksimaaljõud oli 16-a. tüdrukutel suurem ($p < 0,05$) võrreldes nooremate tütarlastega.

Ka suhteline jõud oli 16-a. tütarlastel suurem ($p < 0,05$) nii parema kui vasaku käe osas võrreldes 9-10-a. tütarlastega. Parema käe suhteline jõud oli 16-a. tütarlastel suurem ($p < 0,05$) võrreldes vasaku käega.



Joonis 2. Keha vertikaalsuunaliste kõikumiste absoluuthälve avatud (A) ja suletud (B) silmadega seismisel uuritud gruppidel (keskmine±SE). *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.



Joonis 3. Käelihaste isomeetriline maksimaal- (A) ja suhteline (B) jõud uuritud gruppidel (keskmine \pm SE). * p <0,05; *** p <0,001.

4.3. Alajäsemete sirutajalihaste isomeetiline jõud

Alajäsemete sirutajalihaste tahteline isomeetiline maksimaaljõud unilateraalsel pingutusel on toodud *joonisel 4A* ja bilateraalsel pingutusel *joonisel 4B*. Bilateraalne indeks ning suhteline jõud bilateraalsel pingutusel on toodud vastavalt *joonisel 5A* ja *5B*.

Nii parema kui ka vasaku jala sirutajalihaste isomeetiline maksimaaljõud oli 9-10-a. tütarlastel väiksem ($p < 0,05$) võrreldes 16-a. tütarlastega. Ka bilateraalsel pingutusel oli alajäsemete sirutajalihaste maksimaaljõud noorematel tütarlastel väiksem ($p < 0,05$) kui vanematel.

Bilateraalne indeks oli 9-10-a. tüdrukutel väiksem ($p < 0,05$) kui 16-a. tüdrukutel.

Alajäsemete sirutajalihaste suhteline jõud bilateraalsel pingutusel uuritud gruppidel oluliselt ei erine nud.

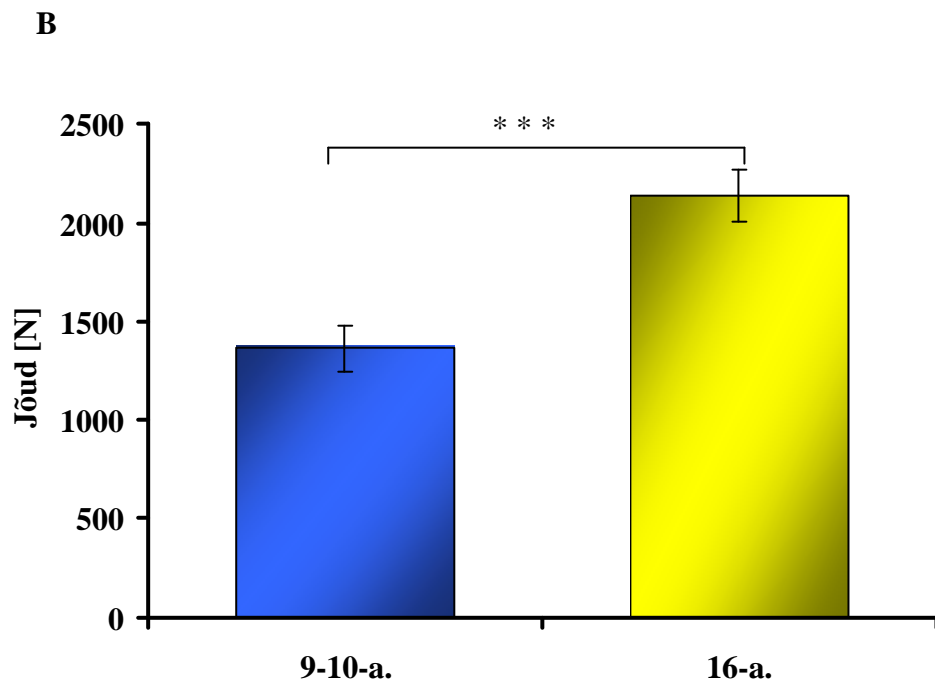
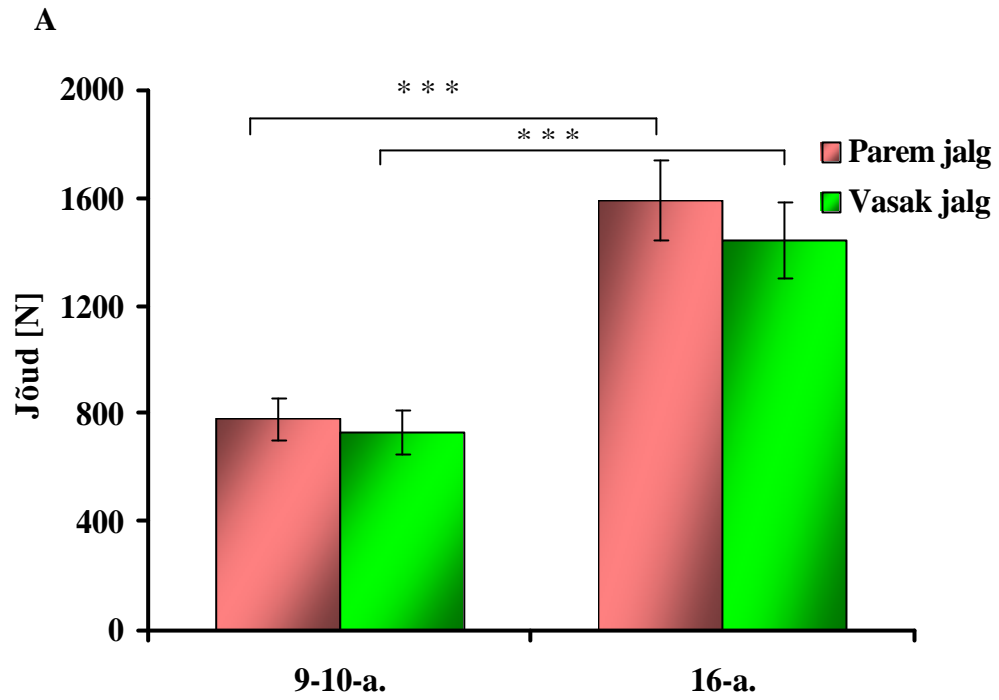
4.4. Alajäsemete sirutajalihaste tahtelise bilateraalse pingutuse ja lõõgastuse kiiruse näitajad

Alajäsemete sirutajalihaste tahtelise bilateraalse pingutuse ja lõõgastuse latentsiajad ning absoluutne ja suhtelised jõugradiendid on toodud *joonisel 6*.

Tahtelise isomeetrilise pingutuse ja lõõgastamise latentsiaeg 9-10-a. ja 16-a. tüdrukutel oluliselt ei erinenud.

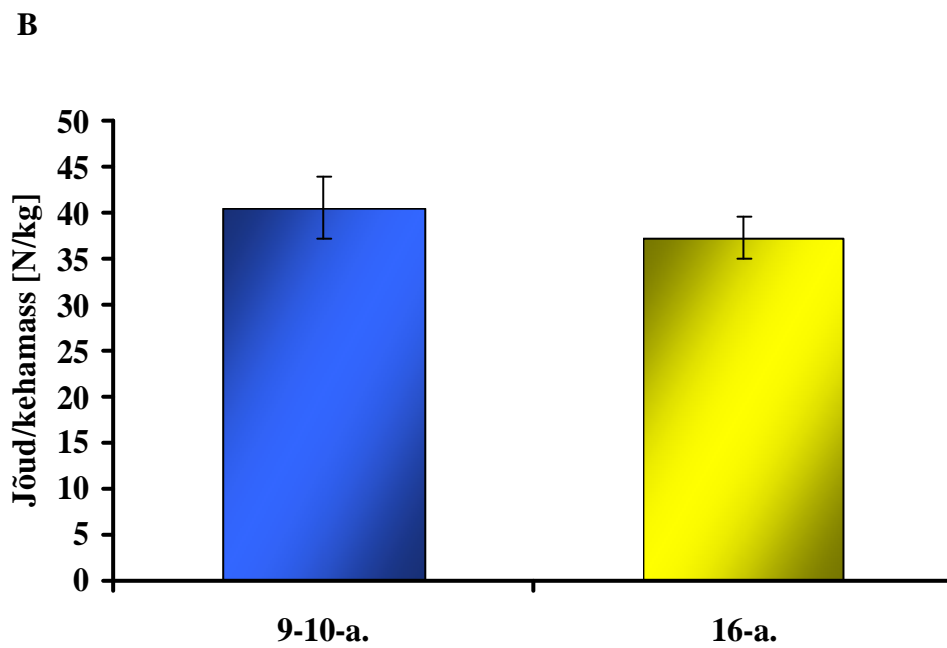
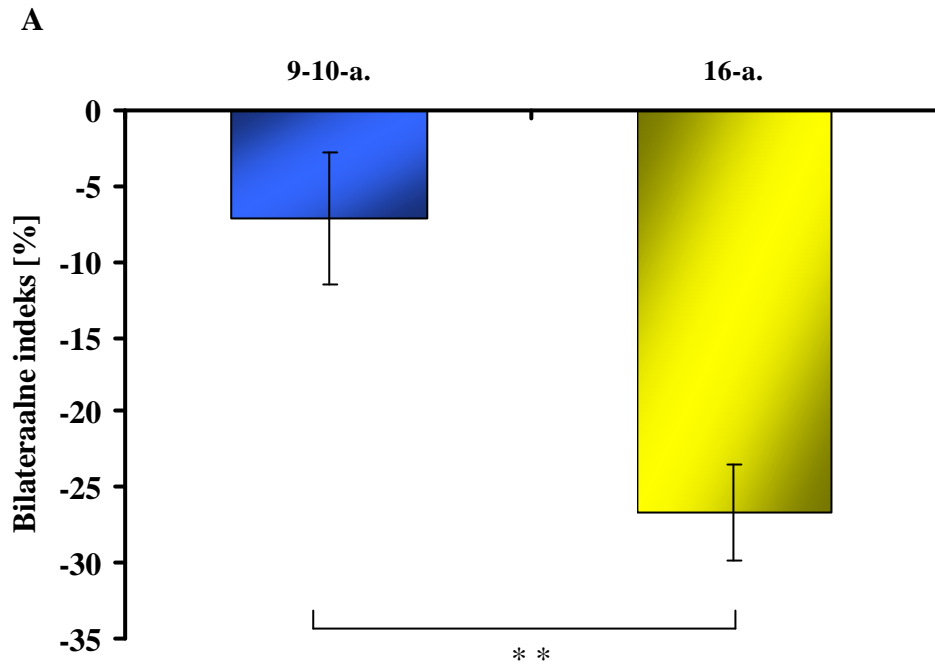
Absoluutne jõugradient $G_{0,2}$ ja suhtelised jõugradiendid G_{25} ja G_{50} bilateraalsel pingutusel olid 9-10 a. tütarlastel väiksemad ($p < 0,05$) võrreldes 16-a. tütarlastega.

Poole lõõgastumise aeg uuritud gruppidel oluliselt ei erinenud.

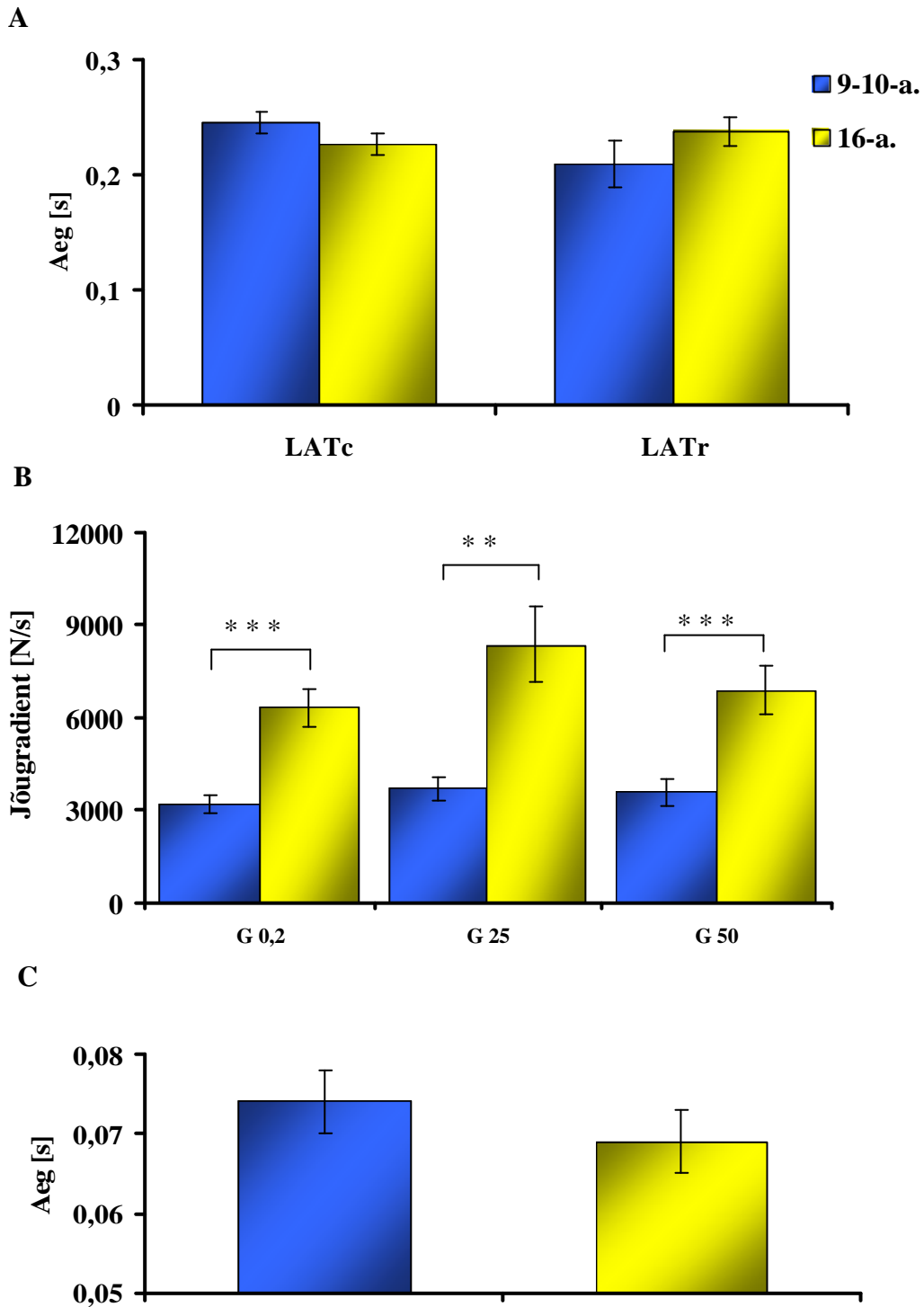


Joonis 4. Alajäsemete sirutajalihaste tahteline isomeetriline maksimaaljõud unilateraalsel (A) ja bilateraalsel (B) pingutusel uuritud gruppidel (keskmine±SE).

***p<0,001.



Joonis 5. Alajäsemete sirutajalihaste bilateraalne indeks (A) ning suhteline jõud bilateraalsel pingutusel (B) uuritud gruppidel (keskmine±SE). **p<0,01.

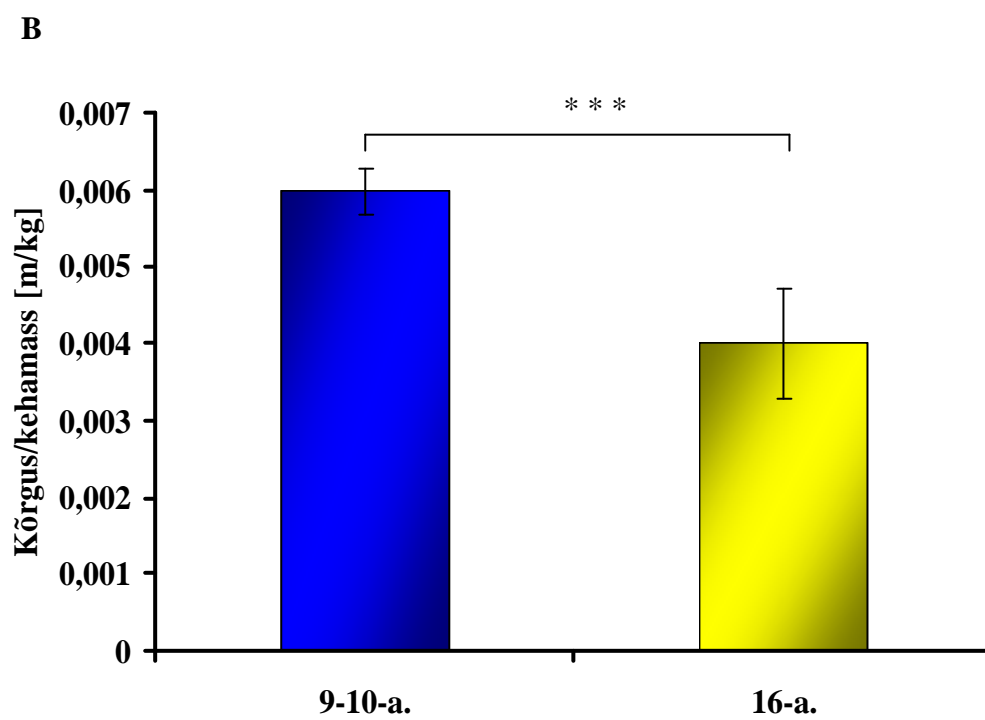
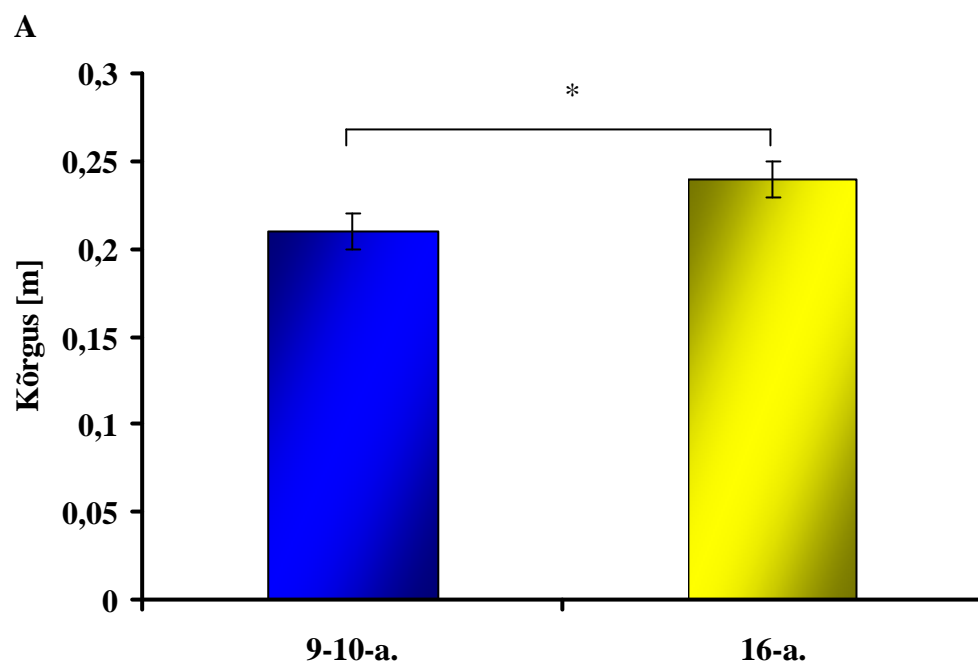


Joonis 6. Lihaspinge latentsiaeg (LATc) ja lõdgastamise latentsiaeg (LATr) (A), absoluutne jõugradient (G0,2) ja suhtelised jõugradiendid (G 25, G 50) (B) ning poole lõdgastamise aeg (C) alajäsemete sirutajalihaste kiirel tahtlisel bilateraalsel pingutusel ja sellele järgneval kiirel lõdgastamisel uuritud gruppidel (keskmine±SE). **p<0,01; ***p<0,001.

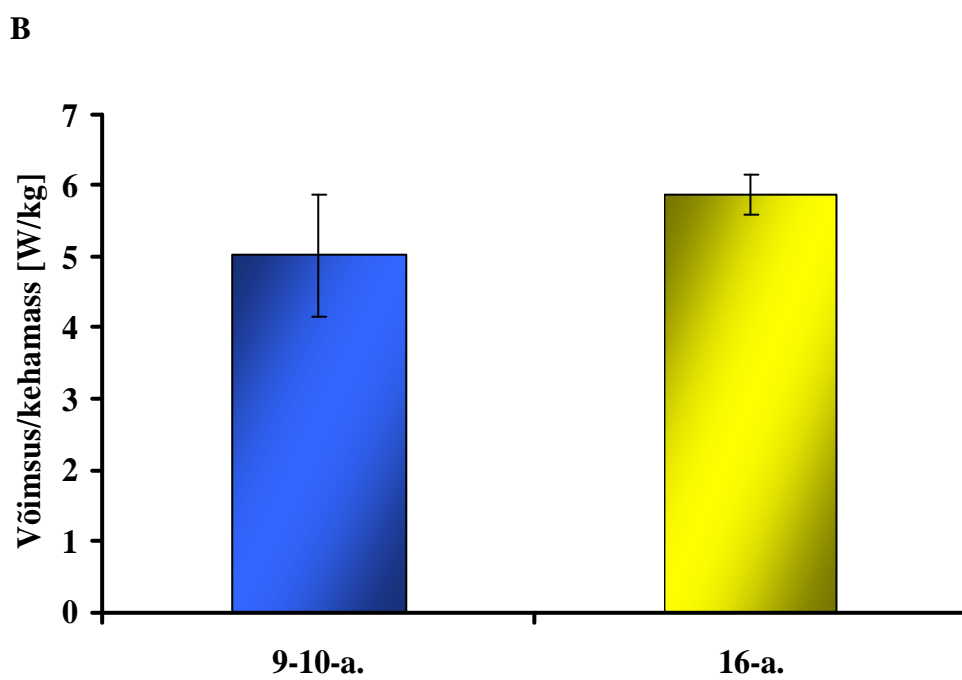
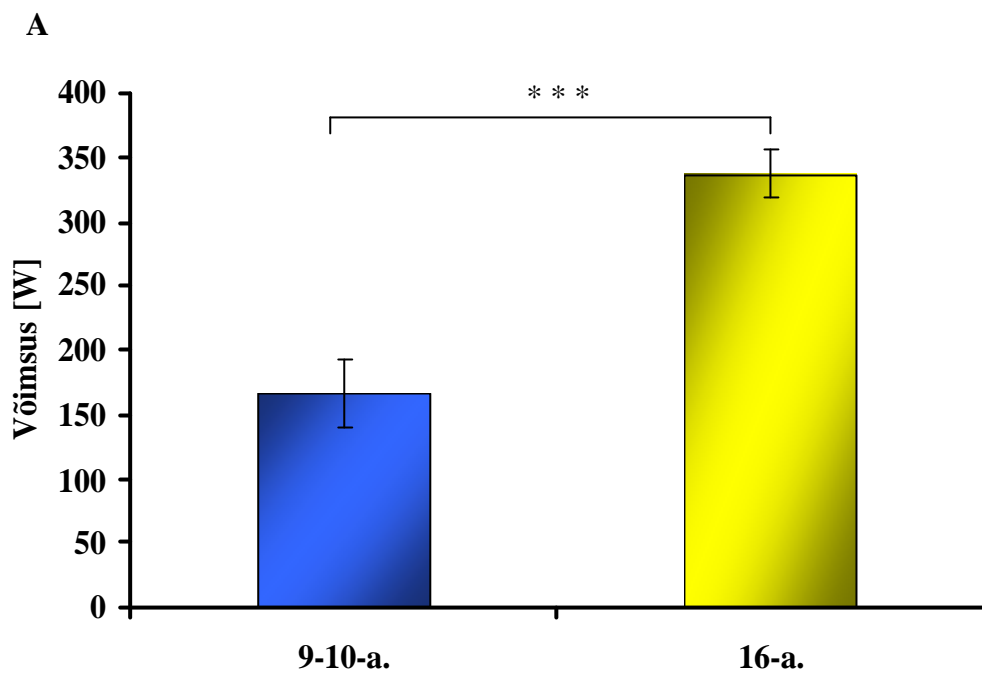
4.5. Paigalt üleshüppevõime näitajad

Paigalt üleshüppe kõrgus ja üleshüppe kõrguse ning kehamassi suhe on toodud vastavalt *joonisel 7A* ja *joonisel 7B*. Paigalt üleshüppe äratõukel alajäsemete poolt arendatud võimsus ning võimsuse ja kehamassi suhe on toodud vastavalt *joonisel 8A* ja *joonisel 8B*.

Paigalt üleshüppe kõrgus oli 16-a. tüdrukutel suurem ($p < 0,05$) võrreldes 9-10-a. tüdrukutega. Seevastu paigalt üleshüppe kõrgus kehamassi suhtes oli 9-10-a. tütarlastel suurem ($p < 0,05$) kui vanematel tütarlastel. Paigalt üleshüppe äratõukefaasis alajäsemete sirutajalihaste poolt arendatud võimsus oli 16-a. tüdrukutel suurem ($p < 0,05$) võrreldes nooremate tütarlastega. Võimsuse ja kehamassi suhe aga uuritud gruppidel oluliselt ei erine nud.



Joonis 7. Paigalt üleshüppe kõrgus (A) ning paigalt üleshüppe kõrguse ja kehamassi suhe (B) uuritud gruppidel (keskmine±SE). * $p < 0,05$; *** $p < 0,001$.



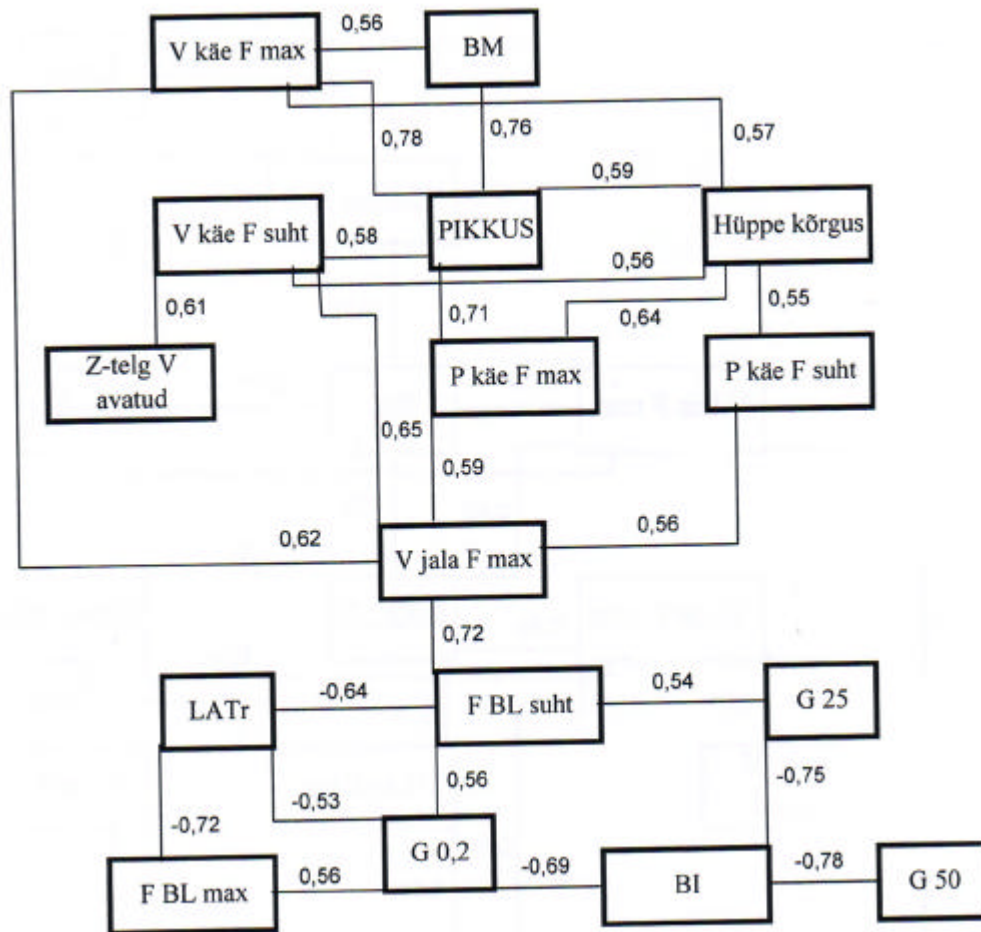
Joonis 8. Paigalt üleshüppe äratõukel arendatud võimsus (A) ning võimsuse ja kehamassi suhe (B) uuritud gruppidel (keskmine±SE). *** $p < 0,001$.

4.6. Korrelatiivsed seosed uuritud parameetrite vahel

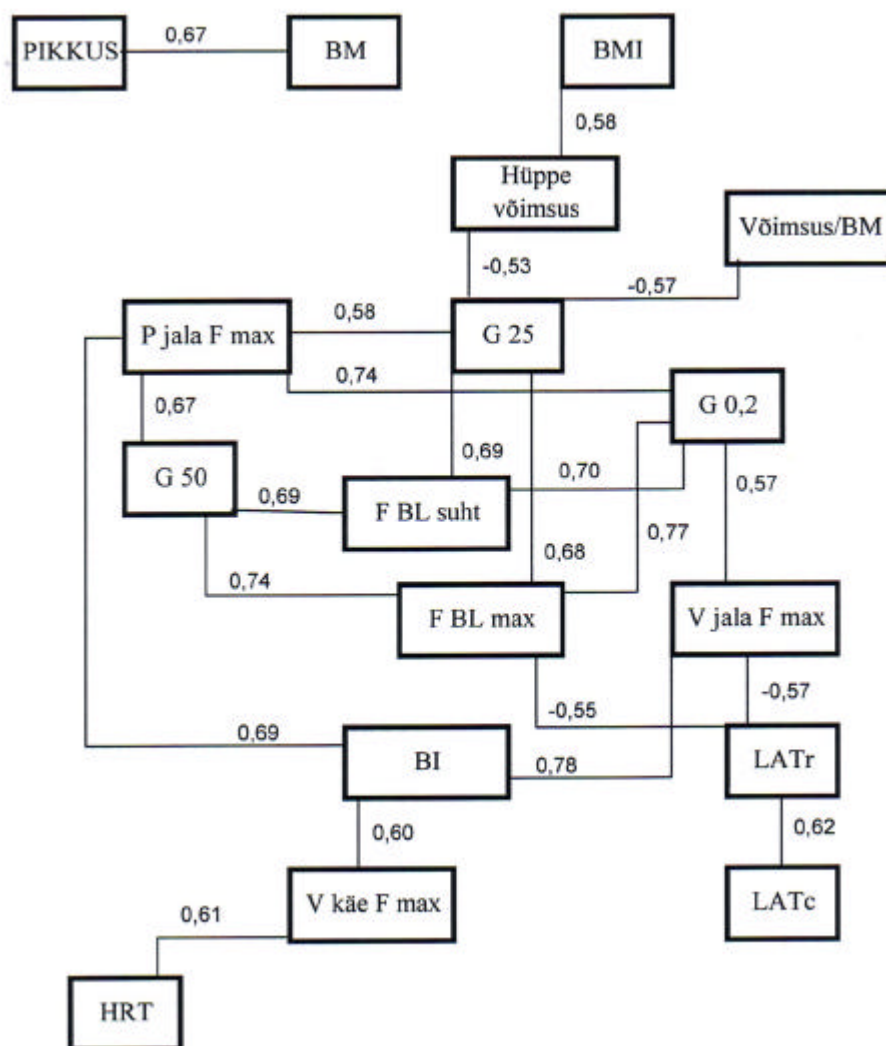
Olulisemad korrelatiivsed seosed erinevate näitajate vahel 9-10-a. ja 16-a. tütarlastel on toodud vastavalt *joonistel 9 ja 10*.

Noorema vanusegrupi tüdrukutel ilmneseid positiivsed korrelatiivsed seosed keha pikkuse, hüppe kõrguse, käelihaste jõunäitajate ning kehamassi vahel. Alajäsemete sirutajalihaste bilateraalne indeks oli neil negatiivses korrelatsioonis alajäsemete sirutajalihaste kiirel bilateraalsel pingutusel registreeritud absoluutse jõugradiendi ja suhteliste jõugradientidega. Absoluutne jõugradient oli positiivses korrelatsioonis alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise maksimaaljõuga ja suhtelise jõuga bilateraalsel pingutusel, negatiivses korrelatsioonis aga alajäsemete sirutajalihaste kiirel bilateraalsel pingutusel registreeritud lõõgastuse latentsiajaga. Alajäsemete sirutajalihaste lõõgastuse latentsiajaga korreleerusid negatiivselt alajäsemete sirutajalihaste suhteline ning maksimaaljõud bilateraalsel pingutusel.

Vanematel tütarlastel ilmnese antropomeetristest näitajatest ainult kehamassi indeksil positiivne korrelatiivne seos paigalt üleshüppel äratõukefaasis arendatud võimsusega. Suhteline jõugradient (G_{25}) oli neil negatiivses korrelatiivses seoses paigalt üleshüppel arendatud võimsusega ja võimsusega kehamassi suhtes. Alajäsemete sirutajalihaste kiirel bilateraalsel pingutusel registreeritud absoluutne jõugradient ning suhtelised jõugradiendid olid positiivses korrelatiivses seoses parema jala sirutajalihaste maksimaaljõuga ning alajäsemete sirutajalihaste bilateraalsel pingutusel registreeritud maksimaal- ja suhtelise jõuga. Alajäsemete sirutajalihaste bilateraalne indeks oli neil positiivses korrelatsioonis vasaku ja parema jala sirutajalihaste maksimaaljõuga ning vasaku käe maksimaaljõuga. Vasaku käe maksimaaljõud korreleerus positiivselt alajäsemete sirutajalihaste kiirel tahtelisel bilateraalsel pingutusel määratud poole lõõgastuse ajaga. Alajäsemete sirutajalihaste kiirel bilateraalsel pingutusel registreeritud lõõgastuse latentsiaeg korreleerus negatiivselt alajäsemete sirutajalihaste maksimaaljõuga ning positiivselt alajäsemete sirutajalihaste kiirel bilateraalsel pingutusel registreeritud pingutuse latentsiajaga.



Joonis 9. Korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel 9-10-a. tütarlastel.
(Olulisuse nivool: $r=0,51$, $p<0,05$; $r=0,63$, $p<0,01$; $r=0,74$, $p<0,001$).



Joonis 10. Korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel 16-a. tütarlastel.
(Olulisuse nivool: $r=0,51$, $p<0,05$; $r=0,63$, $p<0,01$; $r=0,74$, $p<0,001$).

5. TÖÖ TULEMUSTE ARUTELU

Käesolevas uuringus osalenud 9-10-a. ja 16-a. tütarlastel registreeriti rida antropomeetrilisi ja mootorset võimekust iseloomustavaid parameetreid.

Antropomeetrilistel mõõtmisel selgus, et 16-a. tütarlastel oli kehapikkus, kehamass ja kehamassi indeks võrreldes 9-10-a. tütarlastega vastavalt 15,8%, 40,4% ja 16,5% suurem. On teada, et pärast 15. eluaastat pikkuse juurdekasv aeglustub ning vanuses 16 aastat saavutatakse pikkuse ja kehamassi osas täiskasvanutele ligilähedane tase. Seda väidet kinnitab ka Sirkeli (2000) uuringus osalenud noorte naiste (keskmise vanusega 24,9 a.) pikkuse ja kehamassi (vastavalt keskmiselt 167,1 cm ja 60,9 kg) võrdlus käesolevas uurimistöös osalenud 16-a. tütarlastega (pikkus keskmiselt 166,8 cm ja kehamass 57,4 kg).

Keha staatilise tasakaalu dünamograafilisel uurimisel ilmnisid 16-a. tüdrukutel vasaku jala stabiilsuse näitajate osas avatud silmadega seismisel oluliselt paremad tulemused võrreldes 9-10-a. tütarlastega. Kuueteistaastastel tütarlastel oli vasaku jala vertikaalsuunalise kõikumise absoluuthälve 36,4% väiksem ning parema jala kõikumise absoluuthälve 8,1% väiksem kui 9-10-a. tüdrukutel. Samuti ilmnisid suletud silmadega seismisel vanematel tütarlastel vasaku jala staatilise tasakaalu osas oluliselt paremad tulemused kui noorematel tütarlastel. Vanematel tütarlastel oli keha vertikaalsuunaliste kõikumiste absoluuthälve vasaku jala puhul 45,3% ning parema jala puhul 4,8% väiksem kui 9-10-a. tütarlastel. Keha tasakaalu kontrolli teostab kesknärvisüsteem, mis aktiveerib erinevaid posturaalseid lihaseid (Nardone jt., 1997). Mõnevõrra paremad tulemused keha staatilise tasakaalu näitajates 16-a. tütarlastel võrreldes 9-10-a. tütarlastega on seletatavad nende tasakaalu kontrolliva närvisüsteemi osade küpsusega ning sellest tulenevalt paremas erinevate lihasrühmade vahelises koordinatsioonis (Jensen jt., 1994). Samas Okk (1975), kes uuris 7-17-a. tütarlapsi, leidis, et tasakaalu intensiivne arenguperiood toimub tütarlastel vanuses 7-8 aastat. Keha tasakaal sõltub suurel määral väikeaju funktsionaalsest seisundist. On teada, et lastel areneb väikeaju välja võrreldes teiste ajustruktuuridega suhteliselt hiljem (Winter, 1995). See võib olla üheks põhjuseks käesolevas töös täheldatud halvemas tasakaalus 9-10-a. tüdrukutel võrreldes 16-a. tüdrukutega.

Tütarlastel on uuritud balletitreeningu mõju keha tasakaalule. Uuringu tulemused näitasid, et enne treeningut statistiliselt olulised erinevused keha tasakaalu

näitajates kontrollgrupil ja balletiga tegelevatel tüdrukutel puudusid, ent treeningus osalevate tüdrukute näitajad olid siiski mõnevõrra paremad. Pärast treeningtsükli läbimist olid balletiga tegelevatel tüdrukutel keha tasakaalu näitajad oluliselt paremad kui enne treeningute algust (Guidetti & Pulejo, 1996).

Tahteline maksimaaljõud on jõu näit, mis mõõdetakse tahtelise maksimaalse isomeetrilise pingutuse tingimustes. Tahteline maksimaalne pingutus mobiliseerib kõik lihaskiudude tüübid. Seejuures lihase isomeetrilise pinge suurus sõltub suurel määral aktiveerunud lihaskiudude hulgast lihases (Bosco jt., 1982).

Käesolevas töös ilmnisid käelihaste tahtelise isomeetrilise jõu uurimisel olulised erinevused 9-10-a. ja 16-a. tütarlastel. Vanematel tütarlastel oli parema käe maksimaaljõud 58,1% ja vasaku käe maksimaaljõud 60,7% võrra suurem kui 9-10-a. tüdrukutel. Ka käelihaste suhteline jõud oli 16-a. tüdrukutel oluliselt suurem võrreldes 9-10-a. tütarlastega. Käelihaste suhteline jõud oli vanematel tütarlastel parema käe puhul 29,2% ja vasaku käe puhul 34,9% võrra suurem kui noorematel tütarlastel.

On teada, et lihasjõu areng lastel on seotud vanuse, soo, küpsemise, kehalise aktiivsuse ja antropomeetriliste näitajatega (Alexander & Molnar, 1973; Molnar & Alexander, 1974). Tahtelise lihasjõu avaldumine sõltub nii kesknärvisüsteemi (mootorsete ühikute rekrutatsioonist) kui ka perifeersetest faktoritest (lihasmassist, lihaskiudude läbimõõdust, nende kontraktiilsetest omadustest) (Bosco jt., 1982; Izquierdo jt., 1999). On näidatud, et tüdrukud saavutavad käemotoorika erinevates näitajates (eriti lihasjõu osas) kõrgema taseme alles 12.-14. eluaastaks (Branta jt., 1984; Viru jt., 1996; Malina jt., 2004).

On leitud, et kuigi poistel on lihasjõud mõnevõrra suurem kui tüdrukutel juba prepuberteedi perioodil, toimub pidev lihasjõu juurdekasv kogu murdeea jooksul mõlema soo puhul ning seega ei saa seostada neid näitajaid ainult suguhormoonide produktsiooni muutustega (Neu jt., 2002). Blimkie (1989) on leidnud, et käelihaste jõud on poistel suurem kui tüdrukutel juba alates kolmandast eluaastast. Väidetakse ka, et vanuse kasvades ilmneb soolisi erinevusi rohkem just ülajäsemete- kui alajäsemete lihasjõus (Kanehisa jt., 1995).

On leidnud, et käelihaste isomeetriline maksimaaljõud korreleerub prepuberteediealistel lastel oluliselt positiivselt pikkuse ja kehamassiga (Alexander & Molnar, 1973; De Smet & Vercammen, 2001). Ka käesolevas töös ilmnisid olulised positiivsed korrelatiivsed seosed 9-10-a. tüdrukutel parema ja vasaku käe

isomeetrilise maksimaaljõu ja suhtelise jõu ning pikkuse ja kehamassi vahel. Vanematel tütarlastel selliseid seoseid aga ei ilmnenud.

Käesolevas uuringus registreeritud alajäsemete sirutajalihaste tahteline isomeetriline maksimaaljõud erines uuritud gruppidel statistiliselt oluliselt nii uni- kui ka bilateraalsel pingutusel. Unilateraalsel pingutusel oli parema jala maksimaaljõud 16-a. tütarlastel 51,3% ja vasaku jala maksimaaljõud 49,3% suurem kui 9-10-a. tütarlastel. Bilateraalsel pingutusel registreeritud maksimaaljõud oli vanema grupi tütarlastel 35,9% suurem võrreldes noorema grupi tütarlastega. Samas bilateraalsel pingutusel määratud suhteline jõud uuritud tütarlaste gruppidel statistiliselt oluliselt ei erinenud. Ka Pääsuke jt. (2001a), kes uurisid pre- ja postpuberteedieas (11-a. ja 16-a.) poisse leidsid, et reie nelipealihase tahteline isomeetriline maksimaaljõud erines oluliselt uuritud gruppidel, kuid suhtelise jõu osas olulisi erinevusi ei esinenud. Seda võib seletada olulise kehamassi lisandumisega puberteediperioodil.

Kirjanduses leiduvate andmete põhjal toimub lihasjõu intensiivne areng tütarlastel 12.-13. ja 16.-17. eluaasta vahel, kuid võrreldes poistega toimub neil see tunduvalt aeglasemalt (Viru jt., 1996; 1998; Loko jt., 1997). Erinevatel puberteediperioodidel toimuvad organismisisesed muutused on oluliseks lihasjõudu mõjutavaks teguriks, millele lisandub kehalise aktiivsuse ja treeningu mõju (Docherty, 1996). Samuti sõltub lihasjõud nii tsentraalsetest (mootorsete ühikute rekruteerimisvõime) kui ka perifeersetest (lihase kontraktilsed omadused) faktoritest (Bosco jt., 1982). Lihaste neuraalne kontroll sõltub ka mootorsete närvikiudude müeliniseerumisastmest, mis ei lõpe enne sugulist küpsemist (Haywood, 1993; De Ste Croix jt., 1999). Seetõttu on ka lihaste neuraalne kontroll prepuberteediealistel lastel piiratud. Lihaste tahtelise jõu genereerimise võime sõltub suurel määral mootorsete ühikute aktivatsiooni tasemest, mida mõjutab kesknärvisüsteemi areng (Gallahue & Ozmun, 1998).

Nii 9-10-a. kui ka 16-a. tüdrukutel nähtus alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise maksimaaljõu mõõtmisel negatiivne bilateraalne indeks ehk bilateraalne jõudefitsiit. Noorematel tüdrukutel oli see 73,1% väiksem kui vanematel tütarlastel. Seega viitab suurem bilateraalne jõudefitsiit 16-a. tüdrukutel nende väiksemale võimele koordineerida mõlema kehapoole tegevust üheaegselt maksimaalsel tahtelisel pingutusel. Saadud tulemused kinnitavad rea autorite andmeid (Koh jt., 1993; Oda & Moritani, 1994), kes leidsid, et bilateraalsel pingutusel registreeritud tahteline maksimaaljõud oli väiksem kui parema ja vasaku jäsme unilateraalsel pingutusel

saadud tulemuste summa. Maksimaalsel bilateraalsel kontraktsioonil limiteerivad mootorsete ühikute rekruteerumist ja impulseerimissagedust neuraalsed mehhanismid (Howard & Enoka, 1991). Bilateraalne jõudefitsiit võib olla põhjustatud ka mootorsete keskuste alanenud võimest mobiliseerida mootorseid ühikuid kahe jäseme üheaegsel tegevusel või antagonistlihaste ülemäärase koostoime (koaktivatsiooni) suurenemise tagajärjel. Oda & Moritani (1994) seletasid seda suuraju poolkerade vahelise pidurduse tekkega bilateraalsel pingutusel seoses aju komissuraalkiudude kaudu toimuva hemisfääride vahelise interaktsiooni häirumisega. Sama on väitnud ka teised autorid (Ohtsuki, 1981; 1983; Vandervoort jt., 1984; Koh jt., 1993), kuid täielikule selgusele bilateraalse jõudefitsiidi neurofüsioloogilistes mehhanismides pole jõutud.

Alajäsemete sirutajalihaste kiiruslikku jõudu iseloomustavate parameetrite (jõugradientide) osas esinesid 9-10-a. ja 16-a. tüdrukutel statistiliselt olulised erinevused. Vanema grupi tütarlastel olid absoluutne jõugradient ($G_{0,2}$) 49,6 % ja suhtelised jõugradiendid (G_{25} , G_{50}) vastavalt 56,1% ja 48,2% suuremad võrreldes nooremate tütarlastega.

Jõunäitajate suurenemine lastel on seotud nii lihaste ristlääbilõikepindala suurenemisega, kui ka biomehaaniliste muutuste ja neuraalse kontrolli paranemisega seoses ea ja kogemustega, kusjuures need muutused toimuvad nii poistel kui tüdrukutel kogu puberteediperioodil (Viru jt., 1996; 1998; Raudsepp & Viru, 1996; Beunen & Martine, 2000). Prepuberteediealiste laste võime rekruteerida mootorseid ühikuid tahtelisel maksimaalsel pingutusel on suhteliselt väike ja see tingib osaliselt nende jõukarakteristikute madala taseme (Viru jt., 1996; De Ste Croix jt., 1999). Puberteedieas toimuvad skeletilihastes olulised morfo-funktsionaalsed muutused, mis eelkõige väljenduvad lihasjõu ja –massi kasvus ning nende läbimõõdu suurenemises, mis on oluliselt seotud ka antropomeetriliste näitajatega (Malina, 1986b; Blimkie, 1989). Siit on ka seletatavad 9-10-a. tüdrukute oluliselt madalamad jõunäitajad alajäsemete sirutajalihaste kiirel tahtelisel maksimaalsel pingutusel, mis tulenevad eelkõige nende väiksemast võimest kiiresti rekruteerida mootorseid ühikuid ning koordineerida oma lihaskonna tööd kiirel pingutusel. Seega ilmneb puberteedieelses eas lastel oluliselt väiksem võime mootorsete ühikute mobiliseerimiseks lihaste tahtelisel maksimaalsel pingutusel kui postpuberteedieas lastel. Need andmed ühtivad ka Blimkie (1989) saadud tulemustega, mis näitasid, et 16-a. poistel oli mootorsete

ühikute mobiliseerimise võime tahtelise maksimaalse pingutuse tingimustes oluliselt suurem võrreldes 11-a. poistega.

Motoorsete funktsioonide arengut ja kesknärvisüsteemi töö kooskõlastatust lihastööga iseloomustab hästi reaktsiooniaeg (Fietzek jt., 2000). Reaktsiooniaeg iseloomustab liigutuste juhtimise olulist komponenti, otsuse tegemise kiirust (Gutnik jt., 2001) ning sõltub eelkõige erutusprotsessi leviku kiirusest närvisüsteemis (Lord jt., 1996).

Käesoleva töö põhjal ei nähtunud olulisi erinevusi 16-a. ja 9-10-a. tütarlastel alajäsemete kiirel tahtelisel pingutusel ja lõõgastusel määratud reaktsiooniaegades. On teada, et lihaspinge latentsiaeg sõltub nii perifeersest kui tsentraalsest komponendist. Tsentraalne komponent on seotud visuaalse ärrituse vastuvõtmisega, motoorse tegevuse planeerimisega ja programmeerimisega ajukoore assotsiatiivsetes ja motoorsetes keskustes ning programmi edastamisega seljaaju motoneuronitele (Enoka, 1994). Lihaspinge latentsiaja perifeerne komponent sõltub aga erutuse ja kontraktsiooni sidestusmehhanismi funktsioonist, eelkõige Ca^{2+} -ioonide vabanemise kiirusest sarkoplasmaatilise retikulumist sarkoplasmasse ning aktiini ja müosiini vaheliste ristsillakeste moodustumise kiirusest (Klug jt., 1982), samuti kiirete glükolüütiliste lihaskiudude protsendist lihastes (Larsson jt., 1979). Lihaste tahtelise lõõgastuse latentsiaeg on samuti tingitud tsentraalsetest faktoritest. Eelkõige iseloomustab see näitaja võimet minna kiiresti erutusseisundist üle pidurdusseisundisse, s.o. näitab, kui kiiresti ja efektiivselt jõuab pidurdus ajukoore ja sealt seljaajju (Klug jt., 1982).

Jõu rakendamise kiirust iseloomustab plahvatuslik jõud, mis on välise vastupanu ületamine maksimaalse kiirusega. Paigalt üleshüpped on tüüpilised harjutused, millega testitakse alajäsemete sirutajalihaste plahvatuslikku jõudu (Bosco jt., 1982). Peale selle nõuab hüppamine ka keerulisi koordineeritud seoseid sihtmotoorses tegevuses ning sõltub lihaste jõu ja kontraktsioonikiiruse ning närvilihassüsteemi küllaldasest arengutasemest (Haywood, 1993; Raudsepp & Viru, 1996; Raudsepp, 1996). Käesolevas uuringus oli paigalt üleshüppe kõrgus püstiasendist eelneva alla-ülesliikumisega sooritatud hüppel 16-a. tütarlastel 12,5% suurem ($p < 0,05$) kui 9-10-a. tütarlastel. Püstiasendist alla-ülesliikumisena sooritatud paigalt üleshüppe korral lisandub tõukefaasis alajäsemete sirutajalihaste plahvatuslikule jõule veel amortisatsioonifaasis (lihaste ekstsentrilisel kontraktsioonil) tekkiv elastsusjõud. Seda lihaste ja kõõluste elastsusjõudu on võimalik tulemuslikult ära kasutada

amortisatsioonifaasile järgnevas tõukefaasis, kus lihased kontraheeruvad kontsentriilselt. Elastsusjõu efekt ilmneb kontsentriilise kontraktsiooni jõu ja võimsuse kasvus (Bosco jt., 1982). Järelikult suudavad 16-a. tüdrukud lihaste elastsusjõudu efektiivsemalt ära kasutada kui nooremad tütarlapsed. Peale selle sõltub paigalt üleshüppe kõrgus lisaks lihas- ja närvisüsteemis toimuvatele füsioloogilistele protsessidele ka lihasesisese koordineeritusest ning agonist- ja antagonistlihaste vahelisest koaktivatsioonist (Pääsuke jt., 2001a). Seevastu hüppe kõrgus kehamassi suhtes oli noorematel tütarlastel oluliselt suurem võrreldes vanemate tütarlastega, mis on seletatav nooremate tütarlaste oluliselt väiksema kehamassi ja kehamassi indeksiga. Uuringud on näidanud, et suurema kehamassi ja kehamassi indeksiga poisid ja tüdrukud omavad madalamat hüppevõimet (Malina, 1984; Raudsepp & Pääsuke, 1995, Malina jt., 2004). Noorematel tüdrukutel esines positiivne korrelatiivne seos paigalt üleshüppe kõrguse, pikkuse ja käelihaste isomeetrilise maksimaaljõu vahel. Vanematel tütarlastel antropomeetriliste näitajate, lihasjõu ning paigalt üleshüppe näitajate vahel statistiliselt olulisi korrelatiivseid seoseid ei esinenud. Viitasalo jt. (1981) on leidnud, et paigalt üleshüppe kõrgus ei korreleeru oluliselt alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu näitajatega, mis ühtib ka antud uurimistöö tulemustega. Seega toimub lihaste aktivatsioon maksimaalse ja kiire isomeetrilise pingutuse tingimustes mõnevõrra erinevalt kui dünaamilise (plahvatusliku jõu) iseloomuga pingutusel (Beunen & Martine, 2000).

Tulemused näitasid, et paigalt üleshüppe äratõukefaasis registreeritud võimsus oli 16-a. tütarlastel 50,7% suurem võrreldes 9-10-a. tütarlastega. Äratõuke võimsuses kehamassi suhtes statistiliselt olulist erinevust uuritud vanusegruppidel ei esinenud, kuid siiski oli 16-a. tütarlastel see näitaja 14,5% suurem kui noorematel. Antud uuringus ilmnes 16-a. tütarlastel positiivne korrelatiivne seos hüppe äratõukel arendatud võimsuse ning kehamassi indeksi ning negatiivne korrelatiivne seos hüppe äratõukel arendatud võimsuse ja alajäsemete sirutajalihaste suhtelise jõugradiendi (G_{25}) vahel. Samuti korreleerus kehamassi suhtes arvutatud võimsus negatiivselt alajäsemete sirutajalihaste suhtelise jõugradiendiga (G_{25}).

Kokkuvõtteks võib öelda, et kõik registreeritud tahtelise maksimaaljõu, samuti kiirusliku jõu näitajad olid 16-a. tütarlastel oluliselt suuremad kui 9-10-a. tütarlastel. Seega suureneb absoluutne jõud tütarlastel puberteediperioodil oluliselt nii käelihaste kui ka alajäsemete sirutajalihaste osas (De Ste Croix jt., 1999). Suhteline jõud saavutab alajäsemete sirutajalihaste osas aga kõrge arengutaseme juba

prepuberteediperioodil. Vanemate tütarlaste madalamad näitajad paigalt üleshüppe kõrguse osas arvatuna kehamassi suhtes on suurel määral tingitud olulisest kehamassi lisandumisest puberteediperioodil.

6. JÄRELDUSED

1. Avatud ja suletud silmadega seismisel nähtus 9-10-a. tüdrukutel oluliselt suurem vasaku kehapoole vertikaalsuunaline kõikumine kui 16-a. tüdrukutel.
2. Käelihaste isomeetriline maksimaal- ja suhteline jõud oli 16-a. tüdrukutel suurem kui 9-10-a. tüdrukutel.
3. Alajäsemete sirutajalihaste isomeetriline maksimaaljõud uni- ja bilateraalsel pingutusel ning bilateraalsel pingutusel määratud jõugradiendid, samuti bilateraalne jõudefitsiit olid 16-a. tüdrukutel suuremad kui 9-10-a. tüdrukutel. Alajäsemete sirutajalihaste suhteline jõud aga neil vanusegruppidel oluliselt ei erine nud.
4. Alajäsemete sirutajalihaste kiirel bilateraalsel pingutusel ja lõõgastusel registreeritud reaktsiooniaegades, samuti tahtelise lõõgastuse kestuses olulisi erinevusi uuritud vanusegruppidel ei täheldatud.
5. Paigalt üleshüppe kõrgus ning äratõukefaasis arendatud võimsus oli 16-a. tütarlastel suurem võrreldes 9-10-a. tüdrukutega. Paigalt üleshüppe kõrgus arvatuna kehamassi suhtes oli 9-10-a. tütarlastel suurem võrreldes 16-a. tütarlastega, äratõukefaasis arendatud võimsus arvatuna kehamassi suhtes neil vanusegruppidel oluliselt ei erinenud.
6. Üheksa kuni kümneaastastel tütarlastel ilmnemise olulised positiivsed korrelatiivsed seosed antropomeetriliste näitajate, käelihaste isomeetrilise maksimaal- ja suhtelise jõu ning paigalt üleshüppe kõrguse vahel. Kuueteistaastastel tütarlastel esinesid olulised korrelatiivsed seosed alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise maksimaal- ja suhtelise jõu, paigalt üleshüppe äratõukefaasis registreeritud võimsuse ning alajäsemete sirutajalihaste kiirel tahtelisel bilateraalsel pingutusel registreeritud jõugradientide vahel.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Alexander, J., Molnar, G.E.** Muscular strength in children: Preliminary report on objective standards. *Arch Phys Med Rehabil*, 1973, 54: 424-427
2. **Belanger, A. Y., McComas, A. J.** Contractile properties of human skeletal muscle in childhood and adolescence. *Eur J Appl Physiol*, 1989, 58: 563-567
3. **Beunen, G., Malina, R.** Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. *Exerc Sport Sci Rev*, 1988, 16: 503-540
4. **Beunen, G., Martine, T.** Muscular strength development in children and adolescents. *Ped Exerc Sci*, 2000, 12: 174-197
5. **Blimkie, C.J.R.** Age- and sex-associated variation in strength during childhood: Anthropometric, morphologic, neurologic, biomechanical, endocrinologic, genetic and physical activity correlates. In: C.V. Gisolfi & D.R. Lamb (Eds.) *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. Youth, Exercise and Sport*, vol. 2, 1989, pp. 99-163
6. **Blimkie, C.J.R.** Resistance training during pre- and early puberty: efficiency, trainability mechanisms and persistence. *Can J Sport Sci*, 1992, 17(4): 264-279
7. **Bosco, C, Ito, A., Komi, P.V., Luhtanen, P., Rahkila, P., Rusko, H., Viitasalo, J.** Neuromuscular function and mechanical efficiency of human leg extensor muscles during jumping exercises. *Acta Physiol Scand*, 1982, 114: 543-550
8. **Branta, C., Haubenstricker, J., Seefeldt, V.** Age changes in motor skills during childhood and adolescence. *Exerc Sport Sci Rev*, 1984, 12: 467
9. **Burton, W.A., Miller, D.E.** *Movement Skill Assessment*. Human Kinetics, Champaign, 1998
10. **Clark, J. E., Philips, S. J., Petersen, R.** Developmental stability in jumping. *Devel Psychol*, 1989, 25: 929-935
11. **Connely, K.J., Forssberg, H.** *Neurophysiology and Neuropsychology of Motor Development*. Mac Kieth Press, London, 1997
12. **Cratty, B.J.** *Perceptual and Motor Development in Infants and Children*. Prentice Hall, Engelwood Cliffs, New York, 1986

13. **Davies, P.L., Rose, J.D.** Motor skills of typically developing adolescents: awkwardness or improvement? *Phys Occup Ther Pediatr*, 2000, 20 (1): 19-24
14. **De Smet, L., Vercammen, A.** Grip strength in children. *J Pediatr Orthop B*, 2001, 10: 352-354
15. **De Ste Croix, M. B. A., Armstrong, N., Welsman, J. R.** Concentric isokinetic leg strength in pre-teen, teenage and adult males and females. *Biol Sport*, 1999, 16: 75-86
16. **Docherty, D.** *Measurement in Pediatric Exercise Science.* Human Kinetics, Champaign, 1996
17. **Docherty, D., Gaul, C.A.** Relationships of body size, physique, and composition to physical performance in young boys and girls. *Int J Sports Med*, 1991, 12, 525
18. **Enoka, R.M.** *Neuromechanical Basis of Kinesiology (2nd ed).* Human Kinetics, Champaign, 1994
19. **Fietzek, U.M., Heinen, F., Berweck, S., Maute, S., Hufschmidt, A., Schulte-Monting, J., Lucking, C.H., Korinthenberg, R.** Development of the corticospinal system and hand motor function: central conduction times and motor performance tests. *Dev Med Child Neurol*, 2000, 42: 220-227
20. **Gallahue, D.L., Ozmun, J.C.** *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults. (4th ed).* McGraw – Hill, New York, 1998
21. **Guidetti, L., Pulejo, C.** Balance ability of young female ballet dancers: posturographic analysis. *Coaching Sport Sci J*, 1996, 1: 25-29
22. **Gutnik, B.J., Mackie, H.W., Guo, W., Nicholson, J.** Lateral difference in reaction times to lateralized auditory stimuli. *Indian J Physiol Pharmacol*, 2001, 45: 63-70
23. **Halverson, L. E., Robertson, M. A., Langendorfer, S.** Development of the overarm throw: Movement and ball velocity changes by seventh grade. *Res Quart Exerc Sport*, 1982, 53: 198-204
24. **Harris, A. C.** *Child Development.* West Publishing Company, 1986
25. **Haywood, K.** *Life Span Motor Development. (2nd ed).* Human Kinetics Publishers, Champaign, 1993

26. **Henderson, R. C., Howes, C. L., Erickson, K. L., Heere, L. M., jt.** Knee flexor – extensor strenght in children. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1993, 18: 559-563
27. **Howard, J.D., Enoka R.M.** Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects. *J Appl Physiol*, 1991, 70: 306-316
28. **Izquierdo, M., Aguado, X., Gonzalez, R., Lopez, J.L., Häkkinen, K.** Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol*, 1999, 79: 260-267
29. **Jensen, J.L., Philips, S.J., Clark, J.E.** For young jumpers, differences are in the movement´s control, not it´s coordination. *Res Quart Exerc Sports*, 1994, 65: 258-268
30. **Kallas, E., Uibo, O., Talvik, T.** Lapse uurimise põhitõed I. Atlex, Tartu, 1999
31. **Kanehisa, H., Ikegawa, S., Tsunoda, N.** Strength and cross-sectional area of reciprocal muscle groups in the upper arm and thigh during adolescence. *Int J Sports Med*, 1995, 16: 54-60
32. **Klug, G.A., Botterman, B.R., Stull, J.T.** The effect of low frequency stimulation on myosin light chain phosphoryllation in skeletal muscles. *J Biol Chem*, 1982, 257: 4688-4690
33. **Koh, T.J., Grabinr, M.D., Clough, C.A.** Bilateral defitsit is larger for step than for ramp isometric contractions. *Eur J Appl Physiol*, 1993, 74: 1200-1205
34. **Larsson, L., Grimby, G., Karlsson, J.** Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *Eur J Appl Physiol*, 1979, 46: 451-456
35. **Lausvee, E.** Lapse anatoomia ja füsioloogia I. Valgus, Tallinn, 1990
36. **Lausvee, E.** Lapse anatoomia ja füsioloogia II. Valgus, Tallinn, 1991
37. **Lefevre, J., Beunen, G., Borms, J., Vrijens, J.** Sex differences in physical fitness in Flemish youth. In: J. Parizkova, A.P. Hills (Eds). *Medicine and Sport Science*, 1998, 43, pp. 54-67
38. **Loko, J.** Laste ja noorte spordiõpetus. Atlex, Tartu, 2002
39. **Loko, J., Aule, R., Sikkut, T., Ereline, J., Viru, A.** Differences in antropometric profile between young female athletes and non-athletes. *Acta Med Balt*, 1997, 4: 57-61

40. **Loko, J., Aule, R., Sikkut, T., Ereline, J., Viru, A.** Motor performance status in 10-17-year-old Estonian girls. *Scand J Med Sports*, 2000, 10 (2): 109-113
41. **Lord, S.R., Lloyd, D.G., Keung, L.S.** Sensori-motor function, gait patterns and falls in community-dwelling women. *Age Ageing*, 1996, 25:292-299
42. **Maiste, E., Matsin, T., Utso, V.** Tervise ja kehalise töövõime arendamine noorukieas. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, 1999, lk. 26-59
43. **Malina, R.M.** Physical growth and maturation. In: J. R. Thomas (Ed). *Motor Development During Childhood and Adolescence*. Minneapolis, Burgess, 1984, pp. 12-26
44. **Malina, R.M.** Genetics of motor development and performance. In: R.M. Malina, C. Bouchard (Eds). *Sport and Human Genetics*. Human Kinetics, Champaign, 1986a, pp. 23-58
45. **Malina, R.M.** Growth of muscle tissue and muscle mass. In: F. Faulkner and J.M. Tanner (Eds). *Human Growth. A Comprehensive Treatise: Postnatal Growth Neurobiology*, vol. 2. Plenum Press, New York, 1986b, pp. 77-99
46. **Malina, R.M., Bouchard, C.** *Growth, Maturation and Physical Activity*. Human Kinetics, Champaign, 1991
47. **Malina, R.M., Bouchard, C., Bar-Or, O.** *Growth, Maturation, and Physical Activity* (2nd ed). Human Kinetics, Champaign, 2004
48. **Marshall, W.A., Tanner, J.M.** Variations in the pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Childhood*. 1969, 44: 291-303
49. **Molnar, G.E., Alexander, J.** Development of quantitative standards for muscle strength in children. *Arch Phys Med Rehabil*, 1974, 55: 490-493
50. **Morris, A.M., Williams, J.M., Atwater, A.E., Wilmore, J.H.** Age and sex differences in motor performance of 3 through 6 year old children. *Res Quart Exerc Sport*, 1982, 53: 214-221
51. **Nardone, A., Tarantola, J., Giordano, A., Schieppati, M.** Fatigue effects on body balance. *Electroencephal Clin Neurophysiol*, 1997, 105: 309-320
52. **Nelson, J.K., Thomas, J. R., Nelson, K. R., Abraham, P. C.** Gender differences in children`s throwing performance biology and enviroment. *Res Quart Exerc Sport*, 1986, 57: 280-287

53. **Neu, C.M., Rauch, F., Rittweger, J., Manz, F., Schoenau, E.** Influence of puberty on muscle development at the forearm. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 2002, 283(1): E103-107
54. **Numminen, P., Välimäki, I.** Liikumine lapse- ja noorukieas. Liikumine ja meditsiin. *Medicina*, Tallinn, 1998
55. **Oda, S., Moritani, T.** Maximal isometric force and neural activity during bilateral and unilateral elbow flexion in humans. *Eur J Appl Physiol*, 1994, 69: 240-243
56. **Ohtsuki, T.** Decrease in grip strength induced by simultaneous bilateral exertion with reference to finger strength. *Ergonomics*, 1981, 24: 37-48
57. **Ohtsuki, T.** Decrease in human voluntary isometric arm strength induced by simultaneous bilateral exertion. *Behav Brain Res*, 1983, 7: 165-178
58. **Oja, L., Jürimäe, T.** Relationships between physical activity, motor ability, and anthropometric variables in 6-year-old Estonian children. In: J. Parizkova, A.P. Hills (Eds). *Medicine and Sport Science*, 1998, vol. 43, pp. 68-78
59. **Okk, A.** Motoorse võimekuse areng lastel. *Tln*, 1975
60. **Parizkova, J.** Growth, Fitness and Nutrition in Preschool Children. Charles University, Prague, 1984
61. **Pääsuke, M., Ereline, J., Gapeyeva, H.** Knee extensor muscle strength and vertical jumping performance characteristics in pre- and post-pubertal boys. *Ped Exerc Sci*, 2001a, 13: 60-69
62. **Pääsuke, M., Lauk, I., Ereline, J., Gapeyeva, H., Linkberg, R.** Motor performance of lower extremities in 5-year-old children. *Acta Kinesiol Univ, Tartu*, 2001b, 6: 121-130
63. **Phillips, S. J., Clark, J. E., Petersen, R. D.** Developmental differences in standing long jump takeoff parameters. *J Hum Mov Stud*, 1985, 11: 75-87
64. **Raudsepp, L.** Physical Activity, Somatic Characteristics, Fitness and Motor Skill Development in Prepubertal Children. Doctoral Thesis, Tartu, 1996
65. **Raudsepp, L., Pääsuke, M.** Gender differences in fundamental movement patterns, motor performance and strenght measurements of prepubertal children. *Ped Exerc Sci*, 1995, 7: 294-304
66. **Raudsepp, L., Viru, A.** Motoorne areng. *Atlex*, Tartu, 1996

67. **Robertson, M.A.** Changing Motor Patterns During Childhood. In: J.R. Thomas (Ed). Motor Development During Childhood and Adolescence. Burgess, Minneapolis, 1984, pp. 75-78
68. **Rowland, T. W.** Exercise and Children`s Health. Human Kinetics Book, Champaign, 1990
69. **Santrock, J. W.** Life-span Development. (4th ed.). Wm. C. Brown Publishers, 1992
70. **Seger, J.Y., Thorstensson, A.** Gender specific development of eccentric strength over puberty. Abstracts of XVIIth Congress of International Society of Biomechanics, Tokyo, 1999
71. **Silva, P.A., Birkbeck, J., Russell, D.G, Wilson, J.** Some biological, developmental and social correlates of gross and fine motor performance in Dunedin seven year olds. J Hum Mov Studies, 1984, 10: 35
72. **Simons, J., Ostyn, M., Beunen, G., Ruison, G., Van Gerven, D.** Factor analytic study of the motor ability of Belgian girls age 12 to 19. In: F. Landry and W.A. Orball (Eds). Biomechanics of Sports and Kinantropometry Symposia Specialists. Miami, 1978, p. 395
73. **Sirkel, S.** Motoorse võimekuse näitajad 20-50-a. võimlemisega tegelevatel naistel. Bakalaureuse töö, Tartu, 2000
74. **Tanner, J.M.** Growth and Adolescence (2nd ed). Blackwell Scientific, Oxford, 1962
75. **Thomas, J. R., Nelson, K. R., Nelson, J. K.** Longitudinal change in throwing performance: gender differences. Res Quart Exerc Sport, 1991, 62: 105-108
76. **Vandervoort, A.A., Sale, D.G., Moroz, J.R.** Comparison of motor unit activation during childhood and bilateral leg extension. J Appl Physiol, 1984, 56: 46-51
77. **Viitasalo, J.T., Häkkinen, K., Komi, P.V.** Isometric and dynamic force production and muscle performance in man. J Hum Movem Stud, 1981, 7: 199-209
78. **Violan, M.A., Small, E.W., Zetaruk, M.N., Micheli, L.J.** The effect of karate training on flexibility, muscle strength and balance in 8- to 13-year-old boys. Ped Exerc Sci, 1997, 9:55-64

79. **Viru, A., Loko, J., Volver, A., Laaneots, L., jt.** Alterations in foundations for motor development in children and adolescents. *Coaching Sport Sci J*, 1996, 1: 11-19
80. **Viru, A., Loko, J., Volver, A., Laaneots, L., jt.** Age periods of accelerated improvement of muscle strength, power, speed and endurance in the age intervals 6 to 18 years. *Biol Sport*, 1998, 15: 211
81. **Westcott, S. L., Pax – Lowes, L., Richardson, P. K.** Evaluation of postural stability in children: Current theories and assesment tools. *Phys Ther*, 1997, 77: 629-645
82. **Whipple, D.V.** Dynamics of development. *Euthenic Ped*, 1996: 536-562
83. **Wickström, R.L** *Fundamental Motor Patterns* (3rd ed). Lea and Febiger, Philadelphia, 1983
84. **Winter, D. A.** *Anatomy, Biomechanics and Control of Balance During Standing and Walking*. Waterloo Biomechanics, Waterloo, 1995

Standing Balance, Muscle Strength and Jumping Performance in 9-10-year- and 16-year-old Girls

Laivi Toots

SUMMARY

The aim of this study was to compare the motor performances characteristics in 9-10-year-old (n=15) and 16-year-old (n=15) girls. The study was carried out at the laboratory of Kinesiology and Biomechanics of the University of Tartu in the period of 2001-2005. Static standing balance and vertical jump from the standing position with preliminary counter-movement (CMJ) were tested on force platforms. Handgrip force was measured with Lafayette hand dynamometer. Bilateral (BL) and unilateral (UL) maximal isometric voluntary contraction (MVC) and relaxation characteristics of the knee extensor muscles were measured using specially designed dynamometric chair. The results indicated that 9-10-year-old girls demonstrated greater postural instability of the left side than 16-year-old girls. Maximal handgrip force and handgrip force relative to the body mass was greater in 16-year-old girls than in younger girls. Leg extensor muscles strength during BL and UL contractions and BL strength deficit were greater in 16-year-old girls compared to 9-10-year-old girls. No significant differences in BL strength relative to the body mass were observed between the measured groups. During fast bilateral MVC of the leg extensor muscles 16-year-old girls had greater absolute and relative rates of force development compared to 9-10-year-old girls. Reaction times during fast contraction and relaxation of leg extensor muscles did not differ in measured groups. Sixteen-year-old girls had greater height and power during CMJ than 9-10-year-old girls. However, jumping height relative to the body mass was greater in 9-10-year-old girls than 16-year-old girls. Jumping power relative to the body mass did not differ in measured groups. Nine to ten years old girls had significant positive correlation between anthropometrical characteristics, maximal and relative handgrip force and between CMJ. Sixteen years old girls had significant correlation between strength characteristics of leg extensor muscles and jumping power, also between absolute and relative rates of force development of the leg extensor muscles.

LISAD

Lapsevanema nõusolek laste motoorika uuringu läbiviimiseks

Töö teemaks on 9-10-a. ja 16-a. tütarlaste motoorsete võimete uurimine.

Informatsioon lapsevanemale:

Antud uurimustöös püstitati järgmised ülesanded:

1. Viia läbi antropomeetrilised mõõtmised.
2. Registreerida hüppevõime, keha tasakaalu ja lihasjõu näitajad.
3. Võrrelda 9-10-a. ja 16-a. tütarlaste tulemusi.

Uuring viiakse läbi Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika laboris (Ujula 4 204).

Töös püstitatud ülesannete lahendamiseks kasutatakse järgmisi meetodeid:

- Antropomeetriliste näitajate registreerimine (kehapikkus ja kehamass).
- Dünamomeetrilised testid käe- ja alajäsemete lihaste jõu määramiseks
- Hüppe- ja tasakaalutestid dünamograafilisel platvormil paigalt üleshüppe ja tasakaalu näitajate määramiseks.

Mind, _____, on informeeritud ülalmainitud uuringust ja ma olen teadlik läbiviidava uurimustöö eesmärgist, uuringu metoodikast ja kinnitan oma nõusolekut minu lapse osalemiseks selles uuringus oma allkirjaga.

Uuritava aadress ja telefon: _____

Tean, et uuringu läbiviimisega seotud küsimuste kohta saan mulle vajalikku täiendavat informatsiooni professor Mati Pääsukeselt Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika laboratooriumist, Tartu Ujula 4-204, tel 07 367 286 ja e-mail: mati.paasuke@ut.ee

(kuupäev, kuu, aasta)

(lapsevanema allkiri)

Vaatlusaluse nõusolek mootorika uuringu läbiviimiseks

Töö teemaks on 9-10-a. ja 16-a. tütarlaste mootorsete võimete uurimine.

Informatsioon lapsevanemale:

Antud uurimustöös püstitati järgmised ülesanded:

4. Viia läbi antropomeetrilised mõõtmised.
5. Registreerida hüppevõime, keha tasakaalu ja lihasjõu näitajad.
6. Võrrelda 9-10-a. ja 16-a. tütarlaste tulemusi.

Uuring viiakse läbi Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika laboris (Ujula 4 204).

Töös püstitatud ülesannete lahendamiseks kasutatakse järgmisi meetodeid:

- Antropomeetriliste näitajate registreerimine (kehapikkus ja kehamass).
- Dünamomeetrilised testid käe- ja alajäsemete lihaste jõu määramiseks
- Hüppe- ja tasakaalutestid dünamograafilisel platvormil paigalt üleshüppe ja tasakaalu näitajate määramiseks.

Mind, _____, on informeeritud ülalmainitud uuringust ja ma olen teadlik läbiviidava uurimustöö eesmärgist, uuringu metoodikast ja kinnitan oma nõusolekut osalemiseks selles uuringus oma allkirjaga.

Uuritava aadress ja telefon: _____

Tean, et uuringu läbiviimisega seotud küsimuste kohta saan mulle vajalikku täiendavat informatsiooni professor Mati Pääsukeselt Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika laboratooriumist, Tartu Ujula 4-204, tel 07 367 286 ja e-mail: mati.paasuke@ut.ee

(kuupäev, kuu, aasta)

(vaatlusaluse allkiri)